

국방경영 및 군수혁신



국방대학교
국가안전보장문제연구소

2020 안보연구시리즈 제6권 3호

국방경영 및 군수혁신

인 쇄 2020년 12월 31일

발 행 2020년 12월 31일

발행처 국가안전보장문제연구소

발행인 국가안전보장문제연구소장

주 소 33021 충청남도 논산시 양촌면 황산별로 1040

전 화 TEL : 041-831-6412 FAX : 02-748-7588

홈페이지 <http://www.kndu.ac.kr>

<http://www.kndu.ac.kr/rinsa>

디자인 및 인쇄 선우(주) TEL : 041-632-2363

© 국가안전보장문제연구소 2020

비매품

ISSN 2586-5323

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 본 연구보고서 내용은 연구진의 개인적인 견해이며 소속 기관의 공식적인 견해가 아닙니다.2. 본 연구보고서는 정책입안시 참고자료로만 활용하고 타기관에 불필요한 자료유출을 삼가주시기 바랍니다. |
|---|

올 한해는 코로나19 바이러스 발생 된 대규모 감염병으로 우리나라는 물론이고 지구촌 모두가 지금까지 경험하지 못했던 새로운 일상을 꾸려가고 있습니다. 미·중 간의 무역분쟁과 전략적 경쟁은 코로나 발생의 책임 공방까지 더해져 더욱 악화되었고, 이런 상황 속에서 대통령 선거에서 승리한 민주당 바이든 당선자는 기존 정책과는 확연하게 다른 변화를 추구할 것으로 보입니다. 아울러 북한 핵문제 해결을 위한 협상과 노력은 재개의 기미가 보이지 않고 한반도 평화 정착은 요원해 보이기까지 합니다. 이러한 예상치 못한 위협의 출현과 변화하는 안보 상황 등에 대해서는 많은 논평과 해설을 담은 글들은 많아지고 있습니다.

하지만, 시사적인 논평과 해설의 역할도 물론 중요하다라는 사실에 공감하면서도 사안의 본질을 정확하게 파악하기 위해서는 보다 깊이 있고 체계적인 연구가 필요하지 않는가라는 생각을 하게 됩니다. 이러한 문제의식으로 국방대학교 안보문제연구소에서는 매년 국방부, 합참, 각 군 본부의 의견수렴을 바탕으로, 보다 근본적이고 거시적인 분석이 필요한 주제를 선정하여, 관련분야의 저명한 학자 및 전문가들에게 연구를 의뢰하고 있습니다. 관측된 현상의 원인을 심층적으로 연구하여 근원적인 대답을 제공해주는 이론적 탐구로부터 실제 활용할 수 있는 정책적 대안까지 망라한 연구가 진행되었으며 그 결과를 종합하여 안보 연구시리즈로 발간하게 되었습니다. 올해는 특히 외교·안보와 북한, 국방정책 및 군사전략, 국방경영 및 군수혁신, 국방과학기술과 무기체계, 예비전력 미래혁신, 2020-21 RINSA 세계 안보정세분석과 전망 등 6개 대주제를 중심으로 29개의 세부 연구과제에 집중하였습니다.

아무쯁도 이러한 연구결과가 안보 관련 정책담당자분들과 연구자분께 정책을 개발하고 집행하는 데 있어서 필요한 유용한 아이디어를 제공하고, 참고자료로 활용 될 수 있기를 바랍니다. 끝으로 제한된 연구기간에도 불구하고 좋은 연구를 해주신 참여 연구자 여러분께 깊은 감사의 말씀을 전합니다.

2020년 12월 30일

국방대학교 총장 겸 국가안전보장문제연구소장 육군소장 **김 종 철**

1. 인구절벽 시대의 병사들의 적정 복무기간 산정	1
(국방대학교 이상목)	
I. 연구배경과 과제의 제기	6
II. 복무기간의 변천과 징병제도 국가와의 복무기간 비교	9
III. 한국 병역제도의 운용실태와 국민인식	12
IV. 거시병역환경과 정태적 군구조의 복무기간	20
V. 동태적 군구조와 복무기간 : 조정 가능성과 한계	23
VI. 미시숙련도 모델 : 병사의 숙련과 복무기간	39
VII. 요약 및 정책적 함의	42
2. 빅데이터 분석을 통한 고장함수 추정 및 예측 방안 구축	49
(국방대학교 윤봉규 / 국방대학교 문성암 / 국방대학교 최진우 / 국방대학교 조원영 / 국방대학교 남광식)	
I. 서론	51
II. 고장함수 추정 방법	53
III. 고장함수 추정 및 발전방안	63
IV. 결론	80
3. 국방물자정보시스템 의사결정지원 체계 구축 방안	97
(항공대학교 최동현 / 항공대학교 김현호 / 국방대학교 김현배)	
I. 연구개요	98
II. 국방물자시스템	99
III. 의사 결정 지원 기법	111
IV. 군시스템 의사 결정 시스템 적용 방안	142

4. 장교인력 확대방안 : 초급장교 지원인력 확대를 중심으로	147
(국방대학교 손승연 / 국방대학교 정원호)	
I. 서론	150
II. 이론적 배경 및 문헌분석	152
III. 단기 복무장교 지원 현황 및 전직지원 제도	164
IV. 단기 복무장교 지원인력 확대 방안	176
V. 결론	187
5. 4차 산업혁명 시대의 군에서의 디지털 트윈 적용과 발전방안	193
(덕성여대 남현정)	
I. 연구개요	193
II. 디지털 트윈의 이론적 배경	195
III. 디지털 트윈의 민간 활용 동향 분석	203
IV. 국방 분야에서의 디지털 트윈 적용방안	215
V. 결론	224

인구절벽 시대의 병사들의 적정 복무기간 산정

국방대학교 교수 이상목

- I. 연구배경과 과제의 제기
- II. 복무기간의 변천과 징병제도 국가와의 복무기간 비교
- III. 한국 병역제도의 운용실태와 국민인식
- IV. 거시병역환경과 정태적 군구조의 복무기간
- V. 동태적 군구조와 복무기간 : 조정 가능성과 한계
- VI. 미시숙련도 모델 : 병사의 숙련과 복무기간
- VII. 요약 및 정책적 함의

요 약

병사의 적정복무기간은 인구절벽으로 표현되는 남성 병력가용인력의 감소추세에서 한편으로는 인구동태적 추이의 사회적 측면, 다른 한편으로는 군사전략적 인력 소요와 숙련도의 안보적 측면, 그리고 복무당사자인 병사개인의 기회비용과 및 사회적 비용 등이 고려되어 결정되는 다층·복합적 고려 변수이다.

그에 따라 본고는 인구절벽시대의 병사의 적정 복무기간 산정이라는 과제를 풀어나가기 위해 6개의 장으로 구성되어 있다.

서론에 이어 제II장에서는 건국 이래 사병들의 복무기간 변천내역을 개관하고, 징병제도를 선택한 국가의 의무복무기간을 비교하였고, 제III장은 역대 정부의 국방개혁을 대상으로 한국 병력규모제도의 운영 실태를 인력운영과 소요예산의 관점에서 논의하되, 특히, 병역

부담의 형평성 유지를 위해 시행되고 있는 대체복무제도의 문제점을 지적하였다. 제IV장은 남성출생인구 급감이 야기하는 인력수급 불균형이 현재의 정태적 군구조를 어느 정도로 유지할 수 있을지 그 가능성을 분석하고 전망하였다. 제V장의 서두에는 우선 인구절벽의 병역환경에서 인력의 정예화와 무기체계 현대화에 대한 군사적, 경제적, 사회적 배경을 논의하였다. 그 논의에는 노동집약적 군구조의 문제점, 사회적 비용의 과다, 그리고 병역 부담의 형평성과 다양한 사회갈등의 관점을 집중적으로 제기하였다. 이어서 한편으로는 인력의 정예화와 무기체계 현대화로 표명되는 동태적 군구조 및 적적병력규모와 다른 한편에서는 방위력 개선에 필요한 국방예산과 복무기간 조정의 상호 연계성을 고찰하였다. 특히, 경제이론적 모델에 기초해 인력/무기체계의 대체가능성과 소요예산을 산출하고, 그에 따른 복무기간 조정 가능성을 논의하였다. 제VI장은 병사의 복무기간이 병사의 숙련 기간에 의해 결정되어야 한다는 미시적·실무적 관점을 논의하는 의미에서 숙련논리에 대한 검증작업과 더불어 어떠한 조건하에 복무기간 조정이 가능한지를 고찰하였고, 제VII장은 연구결과를 요약하고 정책적 함의를 도출하였다.

한국은 1955년 이후로 12차례에 걸쳐 병사들의 복무기간을 조정해 왔는데 징집병 부담 완화, 잉여자원해소, 국가인적자원의 효율적 활용 등이 기간단축의 주요 원인으로 작용하였다. 이러한 단축현상은 안보개념이 군사적 안보에서 포괄적 안보로 변함에 따라 국가 경쟁력을 제고하기 위한 인력정책의 의지가 반영된 것으로 보인다.

한편, 북한의 위협 및 잠재적 위협에 대한 동시다발적 대비를 근거로 2006년부터 시행된 노무현정부의 국방개혁은 이명박정부와 박근혜정부를 거치면서 약간의 수정이 가해졌고, 2018년 7월 27일에 최근의 개혁안이 발표되었다. 그 핵심내용은 병력수를 50만 명 수준으로 유지하기 위해 상비병력을 단계적으로 감축하되 전투병력위주로 현역을 정예화하고, 운용하는 것으로 요약될 수 있다. 그러나 병력감축과 정예화가 인건비성 국방예산의 절감으로 이어져 그 절감액이 전력투자비 증가로 이어질지는 매우 회의적인 것으로 나타났다. 병사인력이 더디게 감소하는 반면에 2012년에는 부사관 인력의 대폭적인 확대가 이루어졌고 2017년 계획에는 다시금 군무원 인력의 대폭확대를 제시하고 있어 저비용·고효율의 국방개혁이라기 보다는 오히려 인건비가 대폭 증가할 양상을 보이고 있다. 특히, 군무원 증가의 원인이 미래의 안보위협에 대비한 새로운 군사전략의 구상에 기초하고 있는지 아니면 감소하는 병사의 임무를 대체하기 위한 산술적 조치인지가 규명되어야 하고, 여기에는 병사의 수가 감소하더라도 이들이 수행한 임무가 실제로 전투력과 어느 정도로 직접적인 연관이 있었는지에 대한 직무분석과 함께 기존 인력의 노동생산성 증가로 인력증대를

억제할 수 있는 가능성이 발견되어야 할 것이다. 이러한 노력이 요구되는 이유는 인건비 증가가 한정된 예산에서 방위력 개선비를 침해하여 군사력을 개선하기 위한 개혁조치가 아니라 오히려 저해하는 조치가 될 수 있는 가능성이 높기 때문이다.

「2017년 국방개혁」에 의하면 2022년에는 총병력규모 50만 명 중에서 장교와 부사관을 19만7,000명, 병사를 30만3,000명으로 유지하는 것을 계획하고 있다. 병사의 각군별 복무기간을 고려하여 연간소요인력을 산출한 결과 연간소요인력이 19만9천여 명으로 추정됨에 따라 2022년에는 약 5만 명의 인력이 잉여인력으로 남으나 2년 뒤인 2024년에는 그 잉여인력규모가 2만 명으로 감소하고 이후에는 약간의 등락을 거쳐 2032년에는 1만7천 명으로 감소하고, 2035년에는 가용인력과 소요인력이 거의 같아진다. 문제는 이들 연간 소요인력의 계산에는 무관후생과 부사관 후보생이 포함되지 않았을 뿐만 아니라 현역성 전환복무인력과 대체복무인력이 고려되지 않아 가용인력 대비 소요인력 격차가 더욱 줄어들어 인력부족 압박이 심화될 전망이다. 이러한 전망은 한국의 병역제도 운영에서 잉여인력에 대한 복무형태의 다양성을 추구한다는 관점에서 운영해온 대체복무제도의 운영이 극히 제한적으로 가능하거나 전면 폐지가 불가피할 전망이고, 더 나아가서는 대한민국 국민에게 부과한 국방의 의무를 남성으로 제한한 병역법의 사회적 합의가 지속될 수 있을지에 대한 사회적 논의를 반복적으로 촉발할 가능성이 높다.

결국 병사소요인력이 한편으로는 인구감소에 따른 징집가용인력 감소와 다른 한편으로는 국민의 병역부담완화를 위한 복무기간단축 요구 등에 의해 결정되는 변수라는 점을 고려할 때 인력위주의 노동집약적 군구조에서 탈피하여 현대전에 적합한「과학기술기반 정예화 군구조」로 전환하는 노력은 불가피할 것으로 보인다.

인력의 정예화와 무기체계 현대화에 대한 요구는 군사적, 경제적, 사회적 배경에서 제시되고 있고, 그 논의의 핵심에는 아래에 제시된 노동집약적 군구조의 문제점과 사회적 비용의 과다, 그리고 병역부담의 형평성과 다양한 사회갈등이 자리잡고 있다.

첫째, 한국의 징병제도가 가지는 가장 큰 문제점은 안보생산요소(인력과 무기체계)의 상대가격을 왜곡시켜 인력의 효율적 투입에 대한 동인을 감소시키고 현대전에 부적합한 노동집약적 군구조를 고착화하여 유사시 인명손실에 대한 위험이 상대적으로 클 수밖에 없는 문제점이 있다. 이러한 노동집약적 군구조는 다른 선진국과 비교해 상대적으로 낮은 병력일인당 자본집약도로 표출되어 한국이 추구하는 미래 군사전략과 전술, 그리고 소요

예산의 뒷받침에 대한 깊은 고민을 요구하고 있다.

둘째, 징병제 하에서 군복무인력 각 개인이 국가안보를 위해 일정기간 봉사형태로 납세하는 현물세를 사회적비용으로 간주하면 그 비용은 연간 10조 원 이상이며, 특히 한국의 고학력선병에서 발생하는 사회적 비용은 무작위로 차출하는 형식으로 소요인력을 충원하는 방법과 비교해 볼 때 사회적 비용이 다소 높은 것으로 나타났다. 징병제의 사회적 비용을 산출하는 데에 있어 간과하지 말아야 할 사항은 병역의무의 형평성 유지를 위해 운영하고 있는 대체복무인력과 연계된 비용으로써 그 규모가 1조 원 이상으로 추정되었다.

셋째, 병역부담의 형평성을 둘러싸고 발생하는 사회갈등은 한편으로는 군필자 가산점 제도를 둘러싼 남성과 여성의 갈등을 비롯해서 다른 한편으로는 현역복무와 대체복무인력 사이에 복무 형태와 강도, 기간을 중심으로 형평성 논란이 야기되고 있다. 특히, 복무기간 과다는 현역기피사유의 대표적 기피 사유로 인식되고 있어 복무기간 조정에 대한 요구는 향후에도 지속될 전망이다.

상술한 바와 같은 군구조 변화에 대한 사회적 요구에 기초해 인력을 무기체계로 대체하는 경우에는 군사전략적으로 매우 구체적이고, 실전적 전장경험과 세부통계자료를 필요로 한다. 그러나 본고에서는 군사전략적 측면의 분석은 논외로 하고 경제이론적 모델에 기초해 인력감축시나리오별로 추가소요 방위력 개선비용과 복무기간 조정 가능성의 관계를 도출할 수 있었다.

분석 결과, 인력감축과 대체관계에 있는 무기체계의 구축요구는 누진적으로 증가하여 5만명 감소의 경우에는 1조3천억 원, 그리고 10만 명 감소의 경우에는 3조 원 이상이 소요되는 것으로 나타났다. 간부숫자를 불변으로 상정한 시나리오1의 경우, 순방위력개선 예산이 1조원 가까이 소요되는 반면에 시나리오2는 2천4백억 원이 소요되며 40만 명 수준으로의 대폭적인 인력감축(시나리오3)의 경우에는 6천8백억 원이 소요되는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 인력감축으로 수익체증감소 원리에 의한 방위력 개선비의 누진적 증가가 요구되지만 징집병사에 비해 인건비가 월등히 높은 간부의 비율을 전체병력에서 어떻게 설정하느냐에 따라 순방위력개선예산의 추가 부담이 지배적으로 결정되는 데에 기인한다. 한편, 미래의 병력자원 공급이 현재의 18개월 복무기간과 병사 30만3천 명(2022년 기준)을 유지하기 위한 연간소요인력(20만2천 명)을 충족시킨다는 전제하에 인력수급균형을 이루는 복무기간을 시나리오별로 산출한 결과, 시나리오1의 경우 복무기간이 15개월로 단축될 수 있고, 시나리오2는 16개월, 그리고 시나리오3의 경우에는 14개월로

단축이 가능할 수 있을 것으로 파악되었다.

결과적으로 시나리오1은 시나리오2에 비해 전체병력규모는 45만 명으로 동일하지만 병사의 축소규모가 상대적으로 큼에 따라 복무기간단축 가능성이 높지만 인력축소에 따른 방위력 개선비용의 부담이 큰 단점이 있다. 반대로 시나리오2는 동일한 총병력규모에서도 병사의 축소규모가 시나리오1에 비해 상대적으로 적어 복무기간 단축 가능성이 낮지만 간부인력의 감소로 방위력 개선비용이 절감되는 장점이 있다. 그에 따라 기간단축의 폭을 점진적으로 확대해 나가는 가운데 비용상승 폭을 억제하려는 정책을 추진하려는 의도를 가진 경우에는 시나리오2를 선호하는 것이 합리적 선택이라 판단된다. 한편, 시나리오3은 간부와 병사의 규모가 상대적으로 크게 감소하여 복무기간 조정이 훨씬 용이한 상황을 상정하고 있으나 방위력 개선비용의 증가는 시나리오1 보다는 적으나 시나리오2 보다는 큰 것으로 분석되었다.

한편, 상술한 거시적 관점 이외에 본고의 마지막 분석에서는 복무기간이 병사의 숙련도에 의해 결정되어야 한다는 미시적 관점을 논의하였다. 육·해·공군의 병과별 숙련기간을 비교하여 숙련기간이 유사한 병과를 집단별로 구분한 결과, 현재의 병사복무기간(18~21개월)이 모든 병과의 숙련에 소요되는 기간보다 긴 것으로 나타났다. 단지, 병사의 복무기간이 숙련에 필요한 기간과 더불어 이러한 숙련병이 조직 내에 상존해야 할 숙련병구성비에 의해 결정되어야 한다는 논리가 제기되고 있으나 조직내 숙련병 구성비는 합리적이고 계량적 근거에 의한 수치가 아니라 자의적 판단에 의한 예시로 제시되고 있어 영향변수로서의 유의미함이 매우 미흡한 것으로 나타났다. 특히, 복무기간 설정에 간과해서 안 될 사항은 숙련기간이 고정된 수치가 아니라 가변적이라는 점이다. 즉, 교육·훈련방법의 과학화와 훈련병의 동기부여 및 필요시설의 지원 등을 통해 숙련기간 단축이 가능하고 병사의 80% 이상이 대재·대졸 이상의 학력을 가지고 있다는 사실은 기간단축에도 불구하고 직무수행에 필요한 숙련도를 높일 수 있는 긍정적 요인으로 작용할 수 있다.

끝으로, 분석의 결과를 종합해 볼 때 다음과 같은 단기 및 중장기적인 정책적 함의를 도출할 수 있겠다. 인구절벽 현상이 매우 빠른 속도로 병력자원 수급불균형을 야기하여 인력부족 압박이 심화되고, 그 반작용으로 대체복무제도의 운영이 극히 제한되거나 전면 폐지가 불가피할 것이다. 또한, 국방의 의무를 남성으로 제한한 병역법의 유효성에 대한 사회적 논의를 촉발할 가능성이 높다. 뿐만 아니라 인력위주의 노동집약적 군구조에서 탈피하고 현대전에 적합한「과학기술기반 정예화 군구조」로 전환을 요구하는 의식이 범사회적으로 표출될 것으로 전망된다. 그리고 이러한 요구는 징병제가 갖는 사회적 비용의 과다함과 병역부담을 둘러싸고 야기되는 사회구성원들 사이의 복합적 갈등으로 더욱 거세질

뿐만 아니라 모병제 도입의 당위성이 사회전반에 확산될 것으로 여겨진다.

그러나 모병제 도입 전에 인구절벽으로 야기된 군정예화와 인력감축은 무기체계 구축 요구를 증가시키고 방위력 개선비의 추가 확보 현상으로 나타나겠지만 그 순방위력 개선 예산의 규모는 징집병사에 비해 인건비가 월등히 높은 간부의 규모를 어떻게 설정하느냐에 따라 달라 질 것이다. 그에 따라 병역기피 풍조를 예방하고 병역부담의 사회갈등을 완화하는 현실적 대안으로 복무기간단축의 폭을 점진적으로 확대해 나가는 가운데 직무분석 등을 통한 전체병력감축과 더불어 간부규모 또한 간부 대비 병사의 비율을 현재의 4 : 6으로 유지한다는 원칙 하에 일정부분 줄이는 정책을 추진할 가능성이 적지 않다. 왜냐하면 이러한 접근으로 방위력 개선비용의 상승 폭을 다소 억제하는 효과를 누릴 수 있기 때문이다. 그러나 군사력 유지와 건설을 위해서는 인력조정과 더불어 무엇보다 자본집약적 군구조에 상응하는 새로운 군사전략의 패러다임을 구상하고 개발하는 작업이 선행되어야 할 것이다.

I. 연구배경과 과제의 제기

병역에 관련된 사항이 우리사회에서 커다란 관심 중의 하나임이 최근의 복무기간 단축과 단축 중단, 그리고 재단축으로 이어지는 논쟁으로 다시 한번 입증되고 있다. 한국은 건군 이래로 병사들의 복무기간을 단축조정해 왔는데 그 변천내역을 보면 1955년 이후로 11차례에 걸쳐 복무기간을 조정하였으며, 금년 2020년부터 육군과 해병대는 18개월, 해군은 20개월, 그리고 공군은 2021년 12월부터 21개월로 단축될 예정이다.

한편, 한국의 합계출산율은 0.98명(2019년 기준)으로 출산율이 가파르게 감소하고 있고 유래를 찾아볼 수 없는 빠른 고령화로 인구감소에 대한 우려가 제기되고 상황이다. 이러한 인구감소현상은 혼인율 저하와 초혼연령상승 및 이혼율증가로 인해 단기간에 극복이 용이하지 않은 국가적 과제임으로 그에 따른 사회적 파장과 영향에 대한 광범위한 논쟁과 연구를 필요로 한다. 특히, 징병제도를 채택하고 있는 한국의 입장에서는 병역제도 변화와 전환을 비롯한 다양한 대비가 안보적 관점에서 필요한 시점이다.

이처럼 인구절벽으로 표현될 만큼 남성 병력가용인력이 감소되는 추세에서 징집병사에게 어느 정도의 복무기간이 적용되는 것이 바람직한가에 대한 질문은 안보적 관점 뿐만 아니라 다른 복잡한 사회·경제적 요소를 고려할 것을 요구함에 따라 적정 복무기간의 설정은

우리 사회를 뜨겁게 달구었던 논쟁만큼이나 복잡한 문제이다.

우선, 군사안보적 관점에서 기설정된 병사의 규모(소요인력)가 불변인 상황에서 다양한 사회경제적 영향요소에 의해 출생인구가 감소하는 경우, 병역자원의 불균형적 수급환경에 직면하게 된다. 특히, 남성으로 병역의무를 제한하고 있는 현행 병역법에서 급격한 출생인구(남성인구)의 감소는 병사의 복무기간 조정 가능성과 한계에 대한 논쟁을 촉발할 뿐만 아니라, 더 나아가 중·장기적으로 현재의 소요인력 규모와 군구조 전반에 변화와 개혁을 요구하는 외부충격변수로 작용한다. 특히, 대량징집에 의한 노동집약적 군대를 유지하고 있는 한국의 현실에서는 병력자원감소가 단순한 인력수급의 불균형 문제를 넘어 전력구조의 개선과 변화를 요구하고 있고, 이러한 요구는 현대전 양상의 변화로 더욱더 설득력을 얻고 있다.

뿐만 아니라 병사의 적정 복무기간 설정의 어려움은 복무기간이 앞서 지적한 인구동태적 충격과 군사전략적 소요의 관점만을 고려해서 결정되는 사안이 아니라 중장기적으로는 현역병으로 의무복무하는 개인의 기회비용과 그로 인한 사회적 비용 및 국가경쟁력 차원에서 충분히 검토되어야 할 복합변수라는 점이다. 다시 말해 복무기간 설정에는 병역의무 이행의 강도와 형태, 그리고 물질적 형평성에 민감한 병역의무 이행주체의 의식과 가치관이 고려되어야 병역의무기피를 예방할 수 있고, 이러한 고려요소에는 동기부여 고취 관점도 포함될 수 있을 것이다.

한편, 병사의 복무기간은 앞서 제시한 거시적 환경에 영향을 받을 뿐만 아니라 전투력 숙련에 필요한 기간과 이러한 숙련병이 조직 내에 상존해야 할 숙련병구성비에 의해서 결정된다는 주장도 제기 되고 있다. 그에 따라 복무기간 연구에 중요한 과제는 첫째, 병사의 각 병과별 숙련기간이 어느 정도이고, 이러한 숙련기간이 현재의 복무기간과 어느 정도로 합일치하고 있는지를 조명해볼 필요가 있고, 둘째, 부대조직 내 상존해야 할 숙련병의 적절한 구성비를 논의하고, 그 결과를 복무기간 산정에 고려해야 한다는 점이다.

상술한 내용을 종합해 볼 때, 병사의 적정복무기간은 인구동태적 추이의 사회적 측면과 군사전략적 인력소요와 숙련도의 안보적 측면, 그리고 복무당사자인 병사개인의 기회비용과 및 사회적 비용의 관점 등이 고려되어 결정되는 다층·복합적 고려 변수이다. 그에 따라 병사의 적정 복무기간은 단기 및 중장기적 관점의 다양한 시나리오별 분석에 의해 산정 될 필요가 있다.

본 보고서는 상술한 관점의 과제를 풀어나가기 위해 6개의 장으로 구성되어 있다.

서론에 이어 제II장에서는 건국 이래 사병들의 복무기간 변천내역을 개관하고, 징병제도를 선택한 국가의 의무복무기간을 비교한다.

제III장은 역대 정부의 국방개혁을 대상으로 한국 병력규모제도의 운영 실태를 인력운영과 소요예산의 관점에서 논의하되, 특히, 병역부담의 형평성 유지를 위해 시행되고 있는 대체 복무제도의 문제점을 지적한다.

제IV장은 남성출생인구 급감이 야기하는 인력수급 불균형이 현재의 정태적 군구조를 어느 정도로 유지할 수 있을지 그 가능성을 분석하고 전망한다.

제V장의 서두에는 우선 인구절벽의 병역환경에서 인력의 정예화와 무기체계 현대화에 대한 군사적, 경제적, 사회적 배경을 논의한다. 그 논의에는 노동집약적 군구조의 문제점과 현대전 양상, 사회적 비용의 과다, 그리고 병역부담의 형평성과 다양한 사회갈등의 관점이 집중적으로 제기된다. 이어서 한편으로는 인력의 정예화와 무기체계 현대화로 표명되는 동태적 군구조 및 적적병력규모와 다른 한편에서는 방위력 개선에 필요한 국방예산과 복무기간 조정의 상호 연계성을 고찰한다. 특히, 경제이론적 모델에 기초해 안보수준 유지에 수용가능한 인력/무기체계의 대체가능성과 소요예산을 산출하고, 그에 따른 복무기간 조정 가능성을 논의한다.

제VI장은 병사의 복무기간이 병사의 숙련기간에 의해 결정되어야 한다는 미시적·실무적 관점을 논의하는 의미에서 숙련논리에 대한 검증작업과 더불어 어떠한 조건하에 복무기간 조정이 가능한지를 고찰한다.

제VII장은 연구결과를 요약하고 정책적 함의를 도출한다.

II. 복무기간의 변천과 징병제도 국가와의 복무기간 비교

한국은 건군이래로 사병들의 복무기간을 단축조정 해왔는데 그 변천 내역을 보면 1955년 이후로 12차례에 걸쳐 복무기간을 조정해 왔다.¹⁾ 2000년 중반까지는 징집병 부담완화와 잉여자원해소가 복무기간 단축의 주된 이유였고, 해·공군의 경우에는 육군과 비교해 상대적으로 긴 복무기간으로 인해 인력획득의 어려움이 발생함에 따라 복무기간 격차를 줄이려는 노력이 기간 단축으로 이어졌다.

〈표 1〉 복무기간의 변천 현황

연 도	복무기간(월)			변 천 내 용
	육군	해군	공군	
1955	36	36	36	6·25 이후 3년 이상 복무자 전역조치
1959	33	36	36	징집병 부담완화
1962	30	36	36	징집병 부담완화
1968	36	39	39	1·21사태로 복무기간 연장
1977	33	36	36	잉여자원해소
1980	30	35	35	징집병부담 완화
1990	30	32	35	해군병 획득난 해소
1993	26	30	30	방위병제도 폐지
1994	26	28	30	해군병 획득난 해소
2003	24	26	28	징집병부담 완화
2004	24	26	27	공군의 징집병부담 완화
2011	21	23	24	징집병부담 완화 및 국가인적자원의 효율적 활용
2020	18	20	22	징집병부담 완화 및 국가인적자원의 효율적 활용

* 자료 : 병무청, 『병무행정사』(상,하), 각 년도

2000년 중반 이후에는 징집병 부담완화와 더불어 국가인적자원의 효율적 활용도 기간 단축의 주요 원인으로 작용하였는데 이러한 단축현상은 과거에는 국가안보가 국가인력 정책의 우선순위에서 가장 중요한 위치를 차지했으나 안보개념이 군사적 안보에서 포괄적

1) 현역병의 복무기간은 병역법 제18조(현역의 복무)에서 규정하고 있고, 동법 제19조에서는 현역복무기간을 전시, 사변 또는 이에 준하는 사태와 군배부의 증편, 창설 등 국방상 필요한 경우 국방부 장관이 국무회의 심의를 거쳐 대통령의 승인을 거쳐 1년 이내에서 연장토록 규정하고 있다.

안보로 변함에 따라 국가경쟁력을 제고하기 위한 정책의지가 반영된 것으로 보인다.

한편, 세계 각국은 개별국가가 처한 안보상황과 국민의 가치관, 역사적 경험 및 경제력 등에 기초해 징병제와 모병제를 채택하고 있다.

〈표 2〉 세계의 병역제도 분포 (2018년 기준)

지 역	징 병 제	모 병 제
서구/북미	그리스, 덴마크, 몰도바, 스위스, 키프로스, 터키, 핀란드	네덜란드, 룩셈부르크, 말타, 미국, 벨기에, 스페인, 아일랜드, 영국, 캐나다, 프랑스, 이탈리아, 포르투갈, 독일, 스웨덴, 노르웨이
동구	러시아, 아르메니아, 벨로루시, 에스토니아	아제르바이잔, 알바니아, 우크라이나, 루마니아, 리투아니아, 마케도니아, 불가리아, 유고슬라비아, 슬로바키아, 체코, 크로아티아, 폴란드, 헝가리, 그루지야, 라트비아
카리브해/ 중남미	멕시코, 베네수엘라, 볼리비아, 브라질, 엘살바도르, 쿠바, 과테말라, 파라과이,	니카라과, 도미니카, 바베이도스, 바하마, 벨리즈, 수리남, 아르헨티나, 우루과이, 온두라스, 자메이카, 트리니다드토바고, 페루, 에콰도르, 칠레
동아시아/ 대양주	한국, 라오스, 몽골, 베트남, 북한, 싱가포르, 태국,	뉴질랜드, 말레이시아, 미얀마, 브루나이, 일본, 오스트레일리아, 피지, 파푸아뉴기니아, 필리핀, 인도네시아, 중국, 대만
중앙/ 남아시아	우즈베키스탄, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 타지크스탄, 투르크메니스탄	네팔, 방글라데시, 스리랑카, 인도, 파키스탄
중동/ 북아프리카	모리타니, 시리아, 알제리, 이란, 이스라엘, 이집트, 쿠웨이트, 튀니지	바레인, 사우디아라비아, 아랍에미리트, 오만, 요르단, 카타르, 예멘,
사하라 이남 아프리카	기니, 기니비사우, 니제르, 세네갈, 모잠비크, 말리, 베냉, 수단, 차트, 에리트레아, 중앙아프리카, 코트디브아르	가나, 가봉, 나미비아, 나이지리아, 남아공화국, 르완다, 레소토, 말라위, 보츠와나, 부룬디, 부르키나파소, 서아프리카공화국, 시에라리온, 앙골라, 우간다, 잠비아, 적도기니, 지부티, 카메룬, 콩고, 콩고인민공화국, 케냐, 탄자니아, 마다가스카르, 토고
계	51개국	100개국

* 자료 : IISS(The international Institute for Strategic Studies)

2003년 기준으로 151개 조사 국가 중 징병제를 채택한 국가가 76개국, 모병제 채택 국가는 75개국으로 나타났다. 그러나 15년이 지난 2018년 기준으로는 징병제 국가가

51개국, 모병제 국가가 총 100개국으로 그동안 징병제에서 모병제로 전환하는 국가가 25개국인 것으로 조사되었다.

징병제를 채택한 국가의 복무기간을 보면 그 기간이 다양함을 발견할 수 있다. 서구와 동구지역 국가들의 의무복무기간이 아시아, 중동·북아프리카, 중남미 지역 국가들의 의무복무기간에 비해 상대적으로 다소 짧은 것으로 나타났다. 서구지역국가 중에는 그리스가 18~21개월, 동구에서는 아르메니아가 24개월로 그 지역에서 가장 긴 복무기간을 보이고 있다.

〈표 3〉 징병제도 국가의 의무복무기간

지역	국 가	의무복무기간	지역	국 가	의무복무기간
유럽	그 리 스	18-21개월	아시아	한 국	18-21개월
	덴 마 크	4-12개월		북 한	5-10년
	몰 도 바	12개월		베 트 남	18개월
	키 프 로 스	26개월		싱 가 폴	22-24개월
	터 키	6-12개월		태 국	24개월
	핀 란 드	6-12개월	중동/ 북아프리카	레 바논	12개월
	러 시 아	18-24개월		리 비 아	12-24개월
	벨 로 루 시	18개월		모리타니아	24개월
	아르메니아	24개월		모 로 코	18개월
	에스토니아	8-11개월		알 제 리	18개월
				이 란	18-24
				이스라엘	24(여)/36(남)
			이 집 트	18-36개월	
			중 남 미	멕 시 코	12개월
				베네스엘라	30개월
				브 라 질	12개월
				엘살바도르	12개월
				쿠 바	24개월
				파 라 과 이	12-24개월

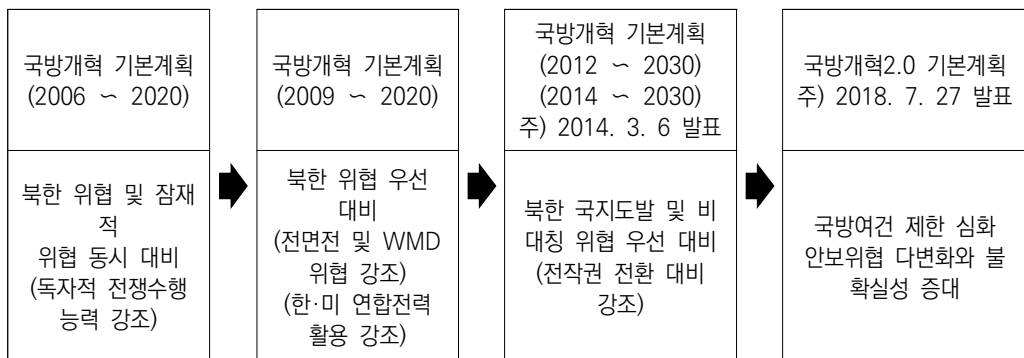
* 자료 : IISS(The international Institute for Strategic Studies)

아시아에서는 북한이 5~10년으로 세계에서 가장 길고, 한국이 18~21개월, 베트남이 18개월이며, 싱가포르가 22~24개월로 비교적 긴 의무복무기간을 부여하고 있다. 중동·북아프리카 지역에서는 이집트가, 중남미 지역에서는 베네수엘라가 각 30개월로 이 지역에서 가장 긴 의무복무기간을 보이고 있다. 특이사항으로는 인구 5,000만명 이상의 국가를 살펴보면 태국이 24개월, 베트남 18개월, 러시아 12개월, 멕시코 12개월, 이란 18~24개월, 이집트 18~36개월을 보임에 따라 한국은 이집트와 이란 보다는 짧으나 러시아와 멕시코 보다는 상대적으로 긴 복무기간을 보여 다소 중간에 위치에 있다.

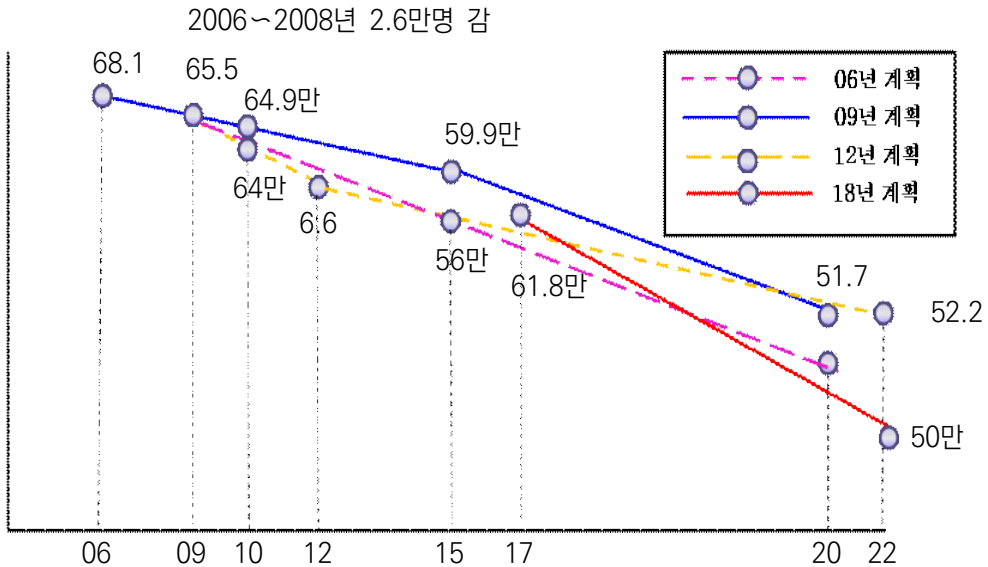
III. 한국 병역제도의 운용실태와 국민인식

국방개혁 2.0에 따르면 2022년도를 목표로 상비병력은 50만명 수준으로 감축하고 군무원 44,000명, 민간근로자는 11,000명 수준으로 개편할 예정이다. <표 4>는 국방개혁 기본계획의 변화과정을 보여주고 있다. 북한의 위협 및 잠재적 위협에 대한 동시다발적 대비에 근거해 2006년부터 시행된 노무현정부의 국방개혁은 이명박정부와 박근혜정부를 거치면서 약간의 수정이 가해졌고, 2018년 7월 27일에 최근의 개혁안이 발표되었다.

<표 4> 국방개혁안 변화과정



<그림 1>은 『국방개혁2022』에 위한 병력구조를 보여주고 있는데 그 핵심내용은 병력수를 50만명 수준으로 유지하기 위해 상비병력을 단계적으로 감축하되 전투병력위주로 현역을 정예화하고, 운용하는 것으로 요약될 수 있다.



〈그림 1〉 국방개혁안에 의한 병력규모변화

이러한 병력감축과 정예화가 인건비성 국방예산의 절감과 그 절감액의 전력투자비 증가로 이어질지는 <표 6>과 <표 7>에 제시된 장교와 부사관, 병사의 인력구성비를 보면 매우 회의적이다. <표 6>에 나타난 2012년 국방개혁안에 의하면 병사의 규모를 15만2,500명 감축하는 대신 부사관을 3만3,300명 증가시켜 총병력규모를 2012년 기준 63만6,300명에서 2022년에는 52만2,000명을 유지하는 것을 나타내고 있다. 이러한 계획의 실현여부를 중간 점검하는 차원에서 관찰한 결과, 2017년까지 5년동안 감소한 인원은 불과 1만8,000명에 불과하고, 감소한 인력도 병사를 2만8,500명 감소하는 대신 부사관을 1만7,000명 증가시켜 비용 면에서 볼 때 매우 값비싼 병력구조 변화를 추구하고 있는 실정이다. 이러한 값비싼 병력구조 변화는 2017년 계획에도 발견된다. 즉, 2012년에는 부사관 인력의 대폭적인 확대를 시행한 반면에 2017년 계획에는 추가로 2만3,000명에 달하는 군무원 인력의 대폭확대를 국방개혁안에 제시하고 있어 병역감축을 통한 국방개혁이라기 보다는 오히려 부사관과 군무원 인력의 확대로 인건비가 대폭 증가할 양상을 보이고 있다.²⁾

2) 군무원인력의 증원은 수정되어 2022년까지 4만4,000명으로 확대되고, 민간근로자도 2018년초 7,000명에서 11,000명으로 확대할 계획이다.

〈표 5〉 2012년 국방개혁안

(단위 : 천 명)

구 분	2012년 (A)	2022년 (B)	증 감 (B-A)
총병력	636.3	522.0	-114.3
· 장교	71.7	69.9	- 1.8
· 부사관	107.9	141.2	+ 33.3
· 전문하사	5.2	11.0	+ 5.8
· 병사	451.5	299.9	- 152.5
간부 비율	29.0%	42.5%	+13.6%p

〈표 6〉 2017년 국방개혁안

(단위 : 천 명)

구 분	2017년 (A)	2022년 (B)	증 감 (B-A)	
군 병 력	소 계	61.8	50	- 11.8
	장 교	7.1	7.0	- 0.1
	부 사 관	12.4	12.7	+ 0.3
	병 사	42.3	30.3	- 12.0
간부 비율	31.5%	39.4 %	+7.9%	
민간인력	3.2	5.5	+ 2.3	
총 병력	65	55.5	- 10.5	

이러한 우려를 구체화하기 위해 장교, 부사관 및 병사의 유지비용을 도출해 보았다. 〈표 7〉에서 인식할 수 있듯이 7만5,000명에 달하는 장교의 평균인건비는 건강보험부담금, 급식/피복 및 국가가 부담해야할 연금기여금을 포함하지 않더라도 2020년 기준으로 5천891만원에 달한다. 13만명에 달하는 부사관의 평균인건비는 4천349만원이며 급식/피복비를 제외한 병사의 봉급은 575만원이다. 그에 따라 부사관 한명의 인건비는 병사 7명의 인건비와 같고, 부사관 1만7,000명의 증대는 약 12만명에 달하는 병사의 인건비와 유사하다. 결국 〈표 5〉와 〈표 6〉에서 제시된 바와 같이 2017년 기준으로 병사의 실제 감축규모는 2012년에 비해 2만8,500명에 불과한 반면에 부사관의 증가규모는 1만7,000명에 달해 국방개혁과정에서 오히려 인건비가 증가하는 양상을 보이고 있다. 특히, 군무원 보수와 기타비용 및 연금보험금 국가부담금은 장교와 거의 유사해 2만3,000명의 군무원 증가는 21만명의 병사인건비와 동일함으로 국방개혁 이후의 인건비 증가는 개혁전의

인건비 보다 훨씬 늘어날 전망이다. 따라서 저비용 - 고효율을 목표로 하는 국방개혁의 취지에 역행하는 인건비 증액에 대해서 보다 면밀한 검토가 요구된다. 특히, 군무원 증가의 원인이 미래의 안보위협에 대비한 새로운 군사전략의 구상에 기초하고 있는지 아니면 감소하는 병사의 임무를 대체하기 위한 산술적 조치인지가 규명되어야 하고, 여기에는 병사의 수가 감소하더라도 이들이 수행한 임무가 실제로 전투력과 어느 정도로 직접적인 연관이 있었는지에 대한 직무분석이 이루어져야 하고, 나아가 기존 인력의 노동생산성 증가로 인력증대를 억제할 수 있는 가능성도 발견하여야 할 것이다. 이러한 노력이 요구되는 이유는 인건비 증가가 한정된 예산에서 방위력 개선비를 침해하여 군사력을 개선하기 위한 개혁조치가 아니라 오히려 저해하는 조치가 될 수 있는 가능성이 높기 때문이다.

〈표 7〉 병력의 계급별 유지비용 (2020년기준)

구 분	인건비	
	연간 평균 계급별 인건비(만원)	소 계(억원)
장교	5,891	4,435
부사관	4,349	57,178
병사	575	20,964
소계	-	-
군무원	5,363	19,432

* 주 : 1) 연간 평균 계급별 인건비는 계급별 인건비 총액을 무관후보생, 부사관후보생, 상근예비역을 포함한 계급별 인원수로 나눈 금액임. 2) 급식, 피복 및 건강보험부담금은 고려하지 않았음.

* 자료 : 2020년도 국방예산(일반회계) 세부 사업별 설명자료(국방부 계획예산관실), 자체계산

2022년 30만3,000명으로 조정되는 병사규모를 유지하기 위해 필요한 연간소요인력을 산출해 보았다. 병사의 각군별 복무기간을 고려하여 산출한 결과 연간소요인력은 19만 9,439명으로 추정되며 이 수치에는 의무경찰이나 의무소방원, 해양경찰, 교도대원과 같은 현역성 대체복무인력이나 무관 및 부사관 후보생은 포함되지 않았다. 그에 따라 국방개혁에 의해 추구되는 30만3,000명의 병사규모를 유지하기 위해서는 연간 남성출생인구가 최소 20만 이상이 되어야 하고 이들 모두가 전면징집제에 의해 복무를 해야 한다는 전제가 따른다.

〈표 8〉 각군별 병사규모와 연간소요인력(2020년 국방개혁안)

(단위 : 명)

병 사	총원 대상	인원	복무기간	연간 병사 소요인력
육군	현역	-	18개월	161,822
해군·해병대 (해병대)	현역	-	18-20개월	26,093 (17,450)
공군	현역	-	21개월	11,524
계		303,000		199,439

* 주 : 1) 각 군별 소요인력은 2020년 해·공군 및 해병대의 연간소요인력을 불변으로 두고 축소대상을 육군으로 한정하여 계산한 수치임.

* 자료 : 병무청, 『병무연보』, 2020, 자체계산

한편, 징병제도를 채택하고 있는 한국은 상술한 현역병의 운영 이외에도 대체복무제도를 운영하고 있다. 한국은 국가방위를 위해 헌법 제39조 제1항과 병역법 제3조의 규정에 의거 국민개병주의 원칙에 입각한 전면징병제를 채택하고 있으나 실제운영은 부분징집제에 기초하여 대체복무제도를 운영되고 있다. 현행 병역제도에서 시행하고 있는 대체복무제도는 국민개병제 하에서 군의 병력수급상 발생하는 잉여병역자원을 해소하고, 국가인적자원의 효율적 활용과 병역의 형평성 제고를 위해 일정한 자격을 갖춘 병역의무자에게 국가발전을 위한 과학기술의 진흥과 학문의 연구기회를 부여하고, 예산확보가 곤란한 국가기관 및 지방자치단체, 공공단체 및 사회복지시설의 공익목적³⁾과 국제협력, 예술·체육의 육성을 위해 인적자원을 지원하는데 목적을 두고 있다. 따라서 이 제도는 현역복무 이외의 분야에서 일정기간 근무함으로써 병역의무를 필한 것으로 인정하는 제도로써 근본적으로 군소요 충원에 지장이 없는 범위 내에서 운영하는 것을 원칙으로 하고 있다. 그러나 이 제도는 그 규모의 방만함과 현역복무자와의 형평성 측면에서 많은 문제점을 야기하고 있다.⁴⁾

3) 이 제도는 오래전 독일과 프랑스에서 경찰임무, 후진국의 기술지원, 평화봉사단, 시민안전단, 산림감시, 장애자 시설 등 사회복지시설 근무 등 다양한 형태로 운영되어 왔다. 우리나라에는 1969년 2월 22일 최초로 현역복무의 대체복무로 방위소집제도를 시행하였으며, 1973년 3월 3일 「병역의무의 특례규제에 관한 법률」이 공포·시행되면서 특례보충역이 생겨났다. 여기에는 한국과학기술원생과 군수업체 및 연구기관에 종사하는 연구원 등이 대체복무대상이 되었다. 이후 잉여병역자원의 효율적 활용을 위해 대체복무제도는 산업기능요원, 공익근무요원 등으로 확대되었다. 이중 공익근무요원 제도는 방위소집제도 폐지에 따른 국민개병주의 원칙에 입각해 신설당시에는 국가기관 및 지방자치단체 등 공익목적에 띠는 기관에만 활용할 수 있도록 하였으나 보충역자원의 적체가 집중하고 있는 가운데 각 지방자치단체의 재원 부족 및 활용처의 미개발 등으로 보충역자원의 잉여를 해소하는데 상당한 어려움을 겪게 되었다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 공익근무요원의 복무분야를 사회복지시설 및 국가기관시설에 관련된 공익성격의 기관, 공공재를 생산하는 기관 등으로 확대하였다.

4) 병역형평을 달성한다는 목표 하에 일부 연구기관에서는 현역복무자와 기타 특례보충역(연구요원, 기능요원, 공중보건의)으로 근무하는 자 사이에서 발생하는 보수의 격차를 줄여야 한다는 주장이 있다. 즉, 현역복무자는 군복무라는 현물세를 지급하고 낮은 보수를 받을 뿐만 아니라 규제된 병역생활을 하는 반면에,

우선 대체복무제도 운영의 당위성 면에서 이 제도는 국가방위 목적으로 남성인력에게 병역의무를 강제하고 있는데 여기서 국가방위는 한 경제주체의 소비로 다른 경제주체의 소비가능성을 제한하고(경합성) 대가를 지불한 특정인에게만 소비권리를 부여(배제성)하는 민간사유재와는 달리 비경합성과 비배제성의 특징을 가지는 공익목적의 공공재를 의미한다.⁵⁾ 그에 따라 공공재에 관련된 중요한 과제는 적절한 공공재의 크기와 투입영역을 어떻게 정할 것인지에 대한 기준을 정하는 일이다. 국방을 전적으로 군사력만에 의한 협의의 개념으로 정의한다면 국가는 현역병사로서의 징집 이외에 다른 목적으로 인력을 강제소집할 수 없다. 그러나 국방을 광의로 해석하여 군사력을 포함한 모든 수단과 방법을 동원하여 전쟁을 방지하고 다른 나라의 도전을 억제하는 것으로 정의한다면 소집인력의 규모와 투입영역 및 기간은 가변적으로 훨씬 확대된다. 이러한 국방에 대한 광의의 해석은 대체복무제도의 운영을 정당화시키는 논리적 근거로서 작용한다.

〈표 8〉은 현재 운영되고 있는 대체복무인력을 제시하고 있다. 사회복무요원과 산업기능요원, 전문연구요원 등으로 분류되는 대체복무인력의 규모는 약 십만 명이며, 사회복무요원이 절대다수를 이루고 있고, 그 다음으로 산업기능요원 순으로 구성되어 있다. 사회복무요원은 과거에 공익근무요원으로 분류되어 그 대부분이 일반행정지원과 차량제도 분야에 투입됨에 따라 인력투입의 당위성과 효율성을 발견하기가 쉽지 않았던 경험을 가지고 있다. 즉, 헌법과 병역법에 의해 강제소집된 인력을 활용함에 있어 단순 업무처리와 관련된 행정지원이 현물세지급이라는 병역의무수행자 개인의 기회비용⁶⁾과 그에 따른 막대한 비가시적 사회적 비용에 상응할 만큼 긴요한 사회적 수요라고 확신하기 어렵다. 이들 인력의 투입이 사회적 효용을 기준으로 그 수요가 요구되는 분야에 투입되는 추이를 보이나 지속적인 개선이 요구되는 상황이다.

특례보충역으로 근무하는자는 정상적인 사회생활과 더불어 높은 보수를 받는다. 따라서 이들 특례보충역으로 근무하는 자의 보수를 병역형평 차원에서 현역복무자들의 복지시설로 전환해야 한다는 주장이 있으나 이 주장은 군역 복무자와 면제자 사이의 형평문제를 해결하지는 못하는 한계가 있다.

- 5) 즉, 공공재는 재화의 불가분성(indivisibility) 또는 집단성(collectivity)에 기초해 한 경제주체의 소비로 다른 경제주체의 소비가능성이 제한되지 않고(비경합성), 소득계층별 조세부담액의 높고 낮음과는 무관하게 모든 경제주체가 소비할 권리, 즉 국가방위에 의한 안전보장을 누릴 수 있는 특징을 갖고 있다(비배제성). 이러한 비경합성과 비배제성이라는 국가방위의 특수성으로 인해 국가방위에 필요한 현물봉사(병역의무수행)를 하지 않는 사회구성원을 안전보장에서 제외시킬 수 없고, 그에 따라 징집대상자는 국가방위에 필요한 병역의무와 부담을 배분하는 데에 있어서 자신의 이익을 위한 전략적 행위를 고려하게 되고, 그러한 행위의 결과는 현물세 회피의 병역기피현상으로 나타난다. 공공재와 민수재의 분류기준의 합당성에 대한 논의는 이현재, 『재정경제학』, 박영사 1986, PP. 79 참조.
- 6) 기회비용에는 현물세지급의 소득손실외에도 이면적 기회비용(hidden opportunity costs)으로서 학교 교육과 직업교육의 중단으로 인한 비용, 병역의무 수행 전에 취득한 기술의 부분적 진부화로 추가교육에 소요되는 비용, 교육과 결혼시기, 직장선택 등에 대한 불안정성, 취업면접에서 병역의무 면제자 또는 이수자와의 경쟁에서 직업활동의 불연속에 기인한 고용회피현상 등의 다양한 형태로 나타난다.

〈표 9〉 대체복무인력 (2020년 기준)

(단위 : 명)

대체복무형태	복무기간	연간소요인력	인력
사회복무요원	21개월	34,684	60,698
산업기능요원	23개월	13,748	26,351
전문연구요원	36개월	2,788	8,364
승선근무예비역	36개월	1,011	3,035
공중보건의	37개월	742	2,287
계		52,973	100,674

* 주 : 1) 공중보건의는 2020년의 신임공중보건의 742명과 복무기간을 고려하여 추정된 수치임
 2) 그 이외에 소수 인원으로 예술체육요원, 병역판정검사전담의, 공익법무관, 공중방역수사 등이 대체복무형태로 운영되고 있음.
 * 자료 : 병무청, 『병무연보』, 2020, 자체계산

그러나 인력투입의 당위성 면에서 커다란 문제점을 내포하고 있는 대체복무인력은 산업기능요원과 전문연구요원이다.⁷⁾ 민간업체가 산업기능요원을 채용하기 위해서는 분야별 추천권자의 추천을 받아 병무청장으로부터 지정업체로 선정 받아야 하고, 이공계 고급인력의 육성과 청소년들의 이공계 진출에 긍정적 역할을 한다는 취지에서 비롯된 전문연구요원 제도의 운영에 있어서도 연구요원의 대부분이 대기업 및 중소기업의 부설 연구기관에 투입되고 있다.⁸⁾ 이러한 인력정책의 난제는 특정 사기업에 대한 인위적 인력배분이 국가 인력정책의 규범에 위배된다는 점이다. 정부가 중소기업의 인력난 해소를 위해 노력한다는 점은 이해될 수 있으나 산업기능요원의 인력배분이 그 당위성을 얻기 위해서는 공공재 공급의 일환으로 비경쟁원칙과 비배제원칙에 의해 모든 기업에 동일한 혜택이 주어진다. 전제조건이 충족되어야 한다. 그러나 일부 기업들만이 각 산업별 해당추천권자 또는 기관의 추천에 의해 산업기능요원을 배분받는 현행정책은 기업의 인력난 해소라는 지역적인 긍정적 효과에도 불구하고 병역지정업체에 배정받기를 원하는 병역의무자 개인에게는 병무비리의

7) 산업기능요원은 지정업체별 요청인원 범위내에서 추천권자의 평가등급, 전공 및 면허취득자, 수출실적 등을 고려하여 배정된다. 또한 해운·수산업분야와 방위산업분야는 별도 배정되고, 후계농어업인은 시·군·구별 요청인원 범위내에서 전공자 위주로 별도로 배정된다. 전문연구요원(현역입영대상자)은 대학원 석사이상 학위취득 예정인원을 고려, 추천권자의 평가등급에 따라 연구기관별로 배정되고, 10년 이상 장기 지정업체 중에서 정부정책수행연구기관, 연구실적 우수연구기관, 방위산업체 부설연구기관으로서 평가등급이 우수한 업체는 별도 배정된다. 세부 관리규범에 대해서는 병무청, 『전문연구요원 및 산업기능요원 복무관리규제』 참조
 8) 산업기능요원이 투입되는 각 산업분야의 추천권자를 보면 다음과 같다. ①공업·광업·에너지산업분야 : 중소기업부장관, ②통신기기업·정보처리분야 : 정보통신부장관, ③게임기기제작업: 문화관광부장관, ④의약품·의료용구·식품 제조업 : 보건복지부장관, ⑤농산물가공업·동물의약품제조업: 농림부장관, ⑥수산물가공업·해운업분야·수산업분야 : 해양수산부장관, ⑦임산물가공업: 산림청장, ⑧건설업분야 : 건설교통부장관, ⑨방위산업분야: 한국방위산업진흥회장 등임

한 단초가 될 뿐만 아니라 국가적으로는 각 산업분야에 부당경쟁과 시장교란을 야기하여 시장중립성을 저해하는 결과를 초래할 수 있다.⁹⁾

이러한 문제점을 고려하여 이미 오래전부터 실시되어 왔던 대체복무제도를 개편하기 위해서는 개편에 따른 편익이 현상유지에 따른 편익보다 크다는 점을 인식하고 개편에 대한 사회적 합의가 전제되어야 한다.¹⁰⁾ 따라서 현행제도의 평가에는 앞서 제시한 바와 같은 시장질서 교란 또는 시장 중립성 훼손과 같은 인력투입의 역기능 또는 부작용이 다른 영역에서 발생하고 있지는 않은지에 대한 면밀한 검토가 이루어져야 할 뿐만 아니라 국가방위의 목표에 상응하는 투입영역과 해당기관에 인력의 효율적 투입이 진행되고 있는지에 대한 검토도 요구된다. 이러한 검토의 배경에는 인위적으로 낮게 책정된 소집 인력의 임금이 소집인력의 비효율적 투입과 국가인적자원의 비효율적 활용을 야기하는 동인이 된다는 우려에 기인한다. 이는 민간기업들이 노동시장의 가격 메카니즘에 의해 채용된 인력을 각 개인의 능력(생산성)에 기초해 적소에 투입·배치하는 것과는 달리 대체복무인력을 배정받은 기관은 그러한 동기가 상대적으로 적기 때문이다. 이러한 동기결여는 병역의무를 수행하는 당사자들에게도 나타나는데 이러한 현상은 자신의 역량을 최대한 발휘하여 임무를 수행할 어떠한 유인책이 없는 데에 기인한다.¹¹⁾ 그에 따라 제도개편을 위한 사회적 합의를 도출하는 준거로서 대체복무제도의 참여자와 수혜자가 개인의 성취감이나 만족도 및 사회적 효용의 측면에서 현재의 대체복무제도를 어떻게 평가하고 있으며 제도개편의 방향을 어떻게 인식하고 표출하고 있는지에 대한 분석이 뒤따라야 한다.

9) 이러한 점에서 독일의 대체복무제도는 시장중립성을 매우 철저히 이행하는 국가로 평가된다. 민사복무자로 일컬어지는 독일의 대체복무자는 연방민사복무청에 의해 민사복무자 고용기관(이하 민사복무기관)으로 인정된 기관에서만 민사복무를 수행할 수 있다. 여기서 괄목할 만한 사실은 민사복무기관은 이윤추구를 우선으로 하지 않는 공익목적의 사회봉사 또는 환경보호의 임무를 수행하는 기관으로 제한되며, 공익목적의 기관임을 증명하기 위해 해당기관의 법적 형태(공익재단 및 법인, 단체)에 대한 증빙서류나 또는 법인세법과 영업세법에 의한 국세청의 증빙서류를 제출하여야 한다는 점이다. 민사복무인력의 투입원칙은 민사복무자가 민사복무기관의 상용직 근로자를 대체하는 것이 아니라 그들을 보조하는 역할을 수행하고 기존의 일자리를 위협하거나 새로운 일자리의 창출을 방해해서는 안 된다는 점이다. 독일의 대체복무제도 운영에 대해서는 이상목(2007), 시장중립성과 사회적 효용의 제고를 위한 잉여병역자원의 활용에 대한 소고, 『규제연구』, 제16권 제2호 참조.

10) 과거 제도의 축소·폐지 등에 대한 국민의 여론을 알아보기 위하여 총 1,000명(병무청 직원 300명, 징병 검사대상자 500명, 민원인 200명)을 대상으로 실시한 여론조사결과, 축소·우선순위 면에서 산업기능요원, 공익근무요원(행정관서), 전문연구요원, 전투경찰대원의 순으로 나타났다. 한국병역정책연구소, 「병역자원부족과 21세기 병역정책방향」, 2002, P. 64

11) 동기결핍에 대한 반론으로써 책임감과 애국심 등이 경제적 동기부여를 대체할 수 있다는 소위 「내재적 유인책」에 대한 주장이 제기되기도 한다. 병역의무자의 자기선택권한과 책임을 강조하고 자아실현 기회를 제공함에 따라 병역의무수행에 대한 동기부여를 이끌어내는 내재적 유인책에 대해서는 이정표, 「자율적 병역의무이행과 자기진작을 위한 병역의무 이행자 우대방안」, 병역정책포럼(2005.10.) 참조.

IV. 거시병역환경과 정태적 군구조의 복무기간

6·25전쟁 이후 군인 수와 복무기간, 재래식 무기 규모를 군사력의 척도로 인식해온 관념에서 한국의 징병제도 운영에 대한 관심은 징병 검사기준과 대체복무인력의 조정을 통해 병역자원 수급의 불균형 문제를 해결하려는데 집중되었다. 그러나 현행 징병제에서 나타나는 형평성 문제는 여성과 남성 사이에서 뿐만 아니라 복무형태에 따른 병역부담의 차이로 가사화되고 있고, 복무기간 단축 요구로 표출되고 있다. 이러한 사회적 요구는 징집병역자원의 급감 현상에 비추어 그 실현 가능성이 제한될 수 밖에 없어 현재의 정태적 군구조와 인구절벽 사이에서 어느 정도의 복무기간 조정이 가능한지에 대한 면밀한 분석과 전망이 요구된다.

〈표 10〉는 남성출생인구와 남성사망률 및 불용자원을 고려하여 징집가용인력을 제시하고 있다. 우선, 각 연도별 출생인구에 성별출생비를 고려하여 남성인구를 산정한 후 출생 후부터 징집대상연령이 되는 만 19세까지의 평균사망률(0.6%)을 참조하여 징집대상인구를 추정하였다. 그러나 불용자원,¹²⁾ 즉 신분결함과 신체결함으로 인해 평시에는 소집되지 않으나 전시에는 소집되는 제2국민역과 병역면제자의 규모가 과거 경험에 의하면 평균 징집대상인구의 약 2.5%에 해당됨으로 징집가용인력은 징집대상인구보다 적다. 도출 결과를 보면, 가용남성인력은 1980년대 초반부터 예년에 비해 급격히 감소하여 1988년에는 출생인구가 80년대 출생인구 중 가장 낮은 338,605명을 기록하고 있어 징집가용인력이 328,159명에 달했다. 1992년에 출생인구의 증가로 징집가용인력이 최고 38만명에 달했으나 그 이후부터 지속적으로 감소하여 2018년도에 입영하는 1999년생의 경우 가용인력은 31만 명에 달하고 있다. 인구감소에 의한 징집가용인력의 감소는 그 이후에도 지속하여 2016년생이 입영하는 2035년도에는 가용인력이 겨우 20만 명 수준이다.

12) 불용자원이란 징병검사에서 5급(신분결함과 신체결함의 제2국민역)과 병역면제의 처분을 받은자와 생계 곤란으로 면제를 받은 자, 또 징병검사 이후 질병으로 병역처분 변경원을 내어 면제를 받은자, 그리고 군에 입영하여 입영 전 신검에서 면제를 받은 자 등이며 기타 저학력, 수행, 고아 등으로 면제 받은 자도 포함된다.

〈표 10〉 인구변화와 남성 징집 가용인력 추이

(단위 : 명)

입영연도	출생연도	출생인구	성별구성비 (여자=100)	남성인구	남성사망률 (%) ¹⁾	징집 대상인구	가용인력 ²⁾
2003	1984	682,217	108.3	354,700	0.6	352,572	343,758
2004	1985	662,510	109.4	346,125	0.6	344,048	335,447
2005	1986	641,644	111.7	338,553	0.6	336,522	328,108
2006	1987	629,432	108.8	327,980	0.6	326,012	317,862
2007	1988	637,462	113.3	338,605	0.6	336,573	328,159
2008	1989	646,197	111.7	340,955	0.6	338,909	330,437
2009	1990	658,552	116.5	354,371	0.6	352,245	343,439
2010	1991	718,279	112.4	380,106	0.6	377,826	368,380
2011	1992	739,291	113.6	393,181	0.6	390,822	381,051
2012	1993	723,934	115.3	387,690	0.6	385,364	375,729
2013	1994	728,515	115.2	389,986	0.6	387,646	377,955
2014	1995	721,074	113.2	382,859	0.6	380,562	371,048
2015	1996	695,825	111.6	366,985	0.6	364,783	355,664
2016	1997	678,402	108.2	352,561	0.6	350,445	341,684
2017	1998	642,972	110.1	336,941	0.6	334,919	326,546
2018	1999	616,322	109.6	322,275	0.6	320,342	312,333
2019	2000	636,780	110.2	333,840	0.6	331,837	323,541
2020	2001	557,200	109.0	290,597	0.6	288,854	281,632
2021	2002	494,600	110.0	259,076	0.6	257,522	251,084
2022	2003	493,500	108.7	257,036	0.6	255,494	249,107
2023	2004	472,761	108.2	245,690	0.6	244,216	238,111
2024	2005	435,031	107.8	225,680	0.6	224,326	218,718
2025	2006	448,153	107.5	232,176	0.6	230,783	225,013
2026	2007	493,189	106.2	254,009	0.6	252,485	246,173
2027	2008	465,892	106.4	240,169	0.6	238,728	232,760
2028	2009	444,849	106.4	229,321	0.6	227,945	222,247
2029	2010	470,171	106.9	242,925	0.6	241,468	235,431
2030	2011	471,265	105.7	242,162	0.6	240,709	234,691
2031	2012	484,550	105.7	248,989	0.6	247,495	241,307
2032	2013	436,455	105.3	223,861	0.6	222,518	216,955
2033	2014	435,435	105.3	223,338	0.6	221,998	216,448
2034	2015	438,420	105.3	224,869	0.6	223,520	217,932
2035	2016	406,243	105.0	208,076	0.6	206,827	201,657

* 주 : 1) 연령별 남자사망률은 0.6%로 설정하였는데, 이는 2001년 말 기준으로 0-19세의 평균사망률(0-9세 : 0.8%, 10-19세 : 0.4%)의 평균치를 적용하였음. 2) 징집대상인구의 약 2.5%에 해당되는 가용인력 대비 불용자원(신분결함과 신체결함의 제2국민역과 병역면제) 비율을 일괄 적용하였음.

* 자료 : 통계청「인구동태통계연보」, 국가통계포털 <http://kosis.kr/> 인구동향조사, 병무청「병무연보」, 자체계산

한편, 이미 앞장의 <표 8>에서 제시한 바와 같이 「2017년 국방개혁2020」에 의하면 2022년에는 총병력규모 50만명 중에서 장교와 부사관을 19만7,000명, 병사를 30만 3,000명으로 유지하는 것을 계획하고 있다. 병사 30만3,000명을 유지하기 위해서 병사의 각군별 복무기간을 고려하여 연간소요인력을 산출한 결과 연간소요인력은 19만 9,439명으로 추정되었다. 그에 따라 2022년에는 약 5만명의 인력이 잉여인력으로 남으나 2년 뒤인 2024년에는 그 잉여인력규모가 2만명으로 감소하고 이후에는 약간의 등락을 거쳐 2032년에는 1만7000명으로 감소하고, 2035년에는 가용인력과 소요인력이 거의 같아진다.

<표 11> 징집 가용인력과 연간 소요인력 추이

(단위 : 명)

입영연도	출생연도	출생인구	남성인구	징집대상인구	가용인력 ¹⁾	연간소요인력 ²⁾
2022	2003	493,500	257,036	255,494	249,107	199,439
2023	2004	472,761	245,690	244,216	238,111	199,439
2024	2005	435,031	225,680	224,326	218,718	199,439
2025	2006	448,153	232,176	230,783	225,013	199,439
2026	2007	493,189	254,009	252,485	246,173	199,439
2027	2008	465,892	240,169	238,728	232,760	199,439
2028	2009	444,849	229,321	227,945	222,247	199,439
2029	2010	470,171	242,925	241,468	235,431	199,439
2030	2011	471,265	242,162	240,709	234,691	199,439
2031	2012	484,550	248,989	247,495	241,307	199,439
2032	2013	436,455	223,861	222,518	216,955	199,439
2033	2014	435,435	223,338	221,998	216,448	199,439
2034	2015	438,420	224,869	223,520	217,932	199,439
2035	2016	406,243	208,076	206,827	201,657	199,439

주 : 1) 징집대상인구의 약 2.5%에 해당되는 가용인력 대비 불용자원(신분결함과 신체결함의 제2국민역과 병역면제) 비율을 일괄 적용하였음, 2) 무관후생과 부사관 후보생, 전환복무 인력 및 대체복무인력이 고려되지 않은 수치임

문제는 이들 연간소요인력의 계산에는 무관후생과 부사관 후보생이 포함되지 않았을 뿐만 아니라 의무경찰이나 의무소방원, 해양경찰, 교도대원과 같은 전환복무과 대체복무 인력(사회복무요원, 산업기능요원, 전문연구요원 등)이 고려되지 않았다는 점이다. 그에 따라 무관후보생과 부사관 후보생이 추가로 고려되는 경우, 가용인력 대비 소요인력의 격차는 더욱 줄어들어 인력부족 압박이 더욱 심화될 전망이다. 이러한 전망은 한국의 병역 제도 운영에서 잉여인력에 대한 복무형태의 다양성을 추구한다는 관점에서 운영해온 대체

복무제도(사회복무요원, 산업기능요원, 전문연구요원 등)의 운영은 극히 제한적으로 가능하거나 전면 폐지가 불가피할 전망이다. 더 나아가서는 대한민국 국민에게 부과한 국방의 의무(헌법 제39조)를 남성으로 제한한 병역법(제3조 1항)¹³⁾의 사회적 합의가 그 유효성과 지속성을 가질 수 있는지에 대한 사회적 논의를 반복적으로 촉발할 가능성이 높다.

결국 병사소요인력이 한편으로는 인구감소에 따른 징집가용인력 감소와 다른 한편으로는 국민의 병역부담완화를 위한 복무기간단축 요구 등에 의해 결정되는 변수라는 점을 고려할 때 인력위주의 노동집약적 군구조에서 탈피하여 현대전에 적합한 「과학기술기반 정예화 군구조」로 전환하는 노력은 불가피하다. 이 노력은 강한 군대를 만들기 위한 군내부의 필요성에서 뿐만 아니라 인구동태적 변화와 병역부담 축소라는 사회적 요구에 의해 지속될 수밖에 없는 국가적 과제이다.

V. 동태적 군구조와 복무기간 : 조정 가능성과 한계

인구절벽이라는 인구동태적 병역환경 변화와 더불어 일각에서는 현재의 노동집약적 군구조에서 탈피하여 군사전략의 혁신과 자본집약적 군구조로의 전환을 요구하는 주장도 거세게 일고 있다. 이러한 인력의 정예화와 무기체계 현대화로 표명되는 동태적 군구조는 현대전의 양상과 국가 인적자원의 효율적 활용 관점에서도 추구해야 할 커다란 목표이기도 하다.

따라서 본 장에서는 우선 군구조변화에 대한 군사적, 경제적, 사회적 요구의 배경을 논의한다. 이어서 한편으로는 인력의 정예화와 무기체계 현대화로 표명되는 동태적 군구조 및 적적병력규모, 다른 한편에서는 방위력 개선에 필요한 국방예산과 복무기간 조정의 상호 연계성을 논의한다. 여기서 동태분석의 핵심쟁점인 전력구조 적합성과 적정병력규모에 대한 논의는 군사전략적으로 매우 구체적이고, 실전적 전장경험과 세부통계자료를 기초로 도출될 수 있다. 본 연구에서는 경제이론적 모델에 기초해 안보수준 유지에 수용가능한 인력/무기체계의 대체가능성과 소요예산을 산출하고, 그에 따른 복무기간 조정 가능성을 논의하는 것으로 제한한다.

13) 병역법 제3조 1항 : 대한민국 국민인 남성은 대한민국 헌법과 이 법에서 정하는 바에 따라 병역의무를 성실히 수행하여야 한다. 여성은 지원에 의하여 현역 및 예비역으로만 복무할 수 있다. 병역법 제8조(병역준비역 편입) : 대한민국 국민인 남성은 18세부터 병역준비역에 편입된다.

1. 군구조변화의 요구배경에 대한 논의

(1) 노동집약적 군구조

한국의 징병제도가 가지는 가장 큰 문제점은 안보생산요소(인력과 무기체계)의 상대가격을 왜곡시켜 인력의 효율적 투입에 대한 동인을 감소시키고 현대전에 부적합한 노동집약적 군구조를 고착화하는 한편, 인력의 과잉현상(military overmanning)을 야기한다는 점이다. 이러한 현대전에 부적합한 전투력 측면의 부정적 영향 이외에도 노동집약적인 군구조가 형성되면, 유사시 인명손실에 대한 위험이¹⁴⁾ 상대적으로 클 수밖에 없는 문제점도 지적되고 있다.

〈표 12〉는 현재 병력수에 대한 군인의 인식을 보여주고 있다. 2012년 이후부터 병력수가 많거나 적다는 의견이 혼재하는 양상을 보여주고 있는데 2012-2013년에는 많다는 의견이 적다는 의견보다 많았으나 2014-2017년 사이에는 적다는 의견이 많다는 의견보다 많았다. 그러나 2018년과 2019년에는 많다는 의견이 적다는 의견보다 상대적으로 높은 추이를 보여주고 있다. 2019년 조사결과의 특이사항으로 간부응답자의 27.6%가 아주 많거나 많은 편이라고 응답한 반면에 부족하거나 아주 부족하다고 응답한 간부는 26.4%였고, 병사는 31.3%가 아주 많거나 많은 편이라고 응답하고, 부족하거나 아주 부족하다고 응답한 병사는 18.4%였다. 그에 따라 간부는 인력 부족을, 그러나 병사는 인력이 많다는 의견을 보였다.

〈표 12〉 연도별 현재 병력수에 대한 인식

(단위 : %)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
아주 많다	6.5	3.8	5.9	4.5	6.8	5.7	6.5	7.1
많은 편이다	23.0	22.4	23.5	16.9	18.2	18.9	23.1	20.5
보통이다	50.5	50.1	48.5	47.7	49.5	47.8	48.5	46.0
부족한 편이다	17.4	19.7	19.1	27.5	22.8	23.8	18.8	23.8

14) 노동집약적인 군과 자본집약적인 군의 인명손실 사례로 과거 징병제도 하에서 치른 베트남전쟁과 모병제 도입 후 하이테크 전쟁으로 일컬어지는 걸프전(1991)이나 유고슬라비아 공습(1999)에 의한 인명손실이 비교 제시되기도 한다. Koenig Michel, Die gesamtwirtschaftliche Effizienz der Wehrpflicht, Cuvillier Verlag Goettingen 2000, p. 59

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
아주 부족한 편이다	2.3	3.1	2.9	3.3	2.6	3.6	2.8	2.6
무응답	0.3	0.9	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	-
많 음	29.5	26.2	29.4	21.4	25.0	24.6	29.7	27.6
부 족	19.7	22.8	22.0	30.8	25.4	27.4	21.7	26.4

* 주 : 1) 전체응답자 1,575명중 간부는 901명(영관 242명, 위관 318명, 부사관 341명), 병사 674명 임.

* 자료 : 2019년 범국민안보의식조사(군인), 국방대학교 안보문제연구소

그러나 간부 중에서도 영관급장교는 38.9%가 병력수를 아주 많거나 많은 편으로 평가하고, 부족하거나 아주 부족하다고 응답한 영관급 장교는 19.9%에 불과해 대조를 이루고 있어, 영관급 장교와 병사는 전체추세를 반영하는 인력수가 많다는 의견을 보이는 반면에 위관급 장교와 부사관은 상대적으로 인력이 부족하다는 의견을 보이고 있다.

상술한 내용을 종합해 볼 때, 현대전에 대비하는 인력 정예화와 군현대화가 병역자원 감소로 불가피한 상황에서 어느 정도의 병력과 추가 국방예산이 필요한지는 한국의 안보 상황과 전망을 기초로 한국이 추구하는 미래 군사전략과 전술에 대한 깊은 고민에서 도출할 수 있다. 그 고민에는 군사전략과 전술을 현실화시키기 위한 인력과 무기체계의 규모와 종류가 제시되어야 할 것이고, 전략과 무기체계를 습득하기 위한 지속적인 교육·훈련이 동반되어야 할 것이다. 이러한 관점에서 필요 군사 전략과 전술을 개발하기 위해 그동안 얼마나 노력해 왔는지, 육·해·공군 합동전략에 기초한 무기체계 개발과 구입보다는 무기 시장에 새롭게 등장한 무기의 각 군별 구입에만 관심을 가지지는 않았는지에 대한 자기 성찰이 요구된다. 뿐만 아니라 교육·훈련의 중요성을 표방하면서도 평시에 실질적이고 효과적인 교육·훈련이 수행되었는지, 그 수행여부를 간접적으로 평가할 수 있는 해당 예산이 전체 국방예산에서 적절히 편성되었는지, 그리고 교육·훈련의 개념과 중요성에 대한 인식이 부족하지는 않았는지에 대한 고민을 필요로 한다.

(2) 사회적 비용의 과다¹⁵⁾

<표 13>은 징병제 하에서 군복무인력 각 개인이 국가안보를 위해 일정기간 봉사형태로 납세하는 현물세를 사회적비용¹⁶⁾으로 간주하여 한국 징집사병인력의 현물세를 보여주고

15) 사회적 비용에 관한 실증연구는 이상목(2017), 국방예산과 사회적 비용에 대한 모병제전환의 파급효과에 대한 소고 : 모델이론과 실증분석, 『규제연구』 (제26권 제1호)에서 발췌한 내용으로 세부 이론 및 실증 분석에 대한 논의는 상기 논문 참조.

있다. 현역병사의 연령계층을 20~24세로 상정하고, 현역사병의 수와 학력별 연간급여 (월급여와 연간특별급여)를 고려하여 연간현물세와 전체복무기간의 현물세를 추정하였다.

〈표 13〉 현역복무자의 현물세와 사회적 비용

(단위 : 원)

학력	평균 연령	근속 연수	급여구분		연간급여 총액 (연간 현물세)	전체복무 기간동안 병사 일인당 현물세	병사 학력 비율	연간 사회적비용	연간 비가시적 사회적 비용
			월급여	연간 특별급여					
고등학교	23.2	1.5	1,730,984	1,169,792	21,941,600	38,397,800	0.212	2조 328억 원	7조 6,911억 원
대재·전문대졸	23.1	1.0	1,842,275	1,291,254	23,398,554	40,947,469	0.717	7조 3,314억 원	
대졸 이상	23.6	0.8	1,950,586	484,270	23,891,302	41,809,778	0.071	7,413억 원	
계								10조 1,055억 원	

* 주 : 1) 급여(월급여 = 정액급여 + 초과급여)는 2015년 기준 5인상 규모의 전직종 사업체의 남성 근로자 (20~24세)를 기준으로 한 통계치임. 2) 현역사병(2016년 기준)의 학력별 실태비율을 고졸, 대재·전문대졸, 대졸이상으로 구분하여 산출하였음. 3) 연간 비가시적 사회적 비용은 사회적 비용(현물세)에서 예산상에 드러나는 병사의 유지비(가시적 사회적 비용)를 차감한 개념임.

* 자료 : 고용노동통계(<http://kosis.kr>), 자체계산

그 결과, 징집 현역복무 인력에 의한 연간 사회적 비용은 10조 원 이상이며, 이 연간 사회적 비용에 징병인력 개인의 연간인력유지비(보수와 급식 및 피복)를 차감하면 징병제의 연간 비가시적 사회적 비용은 약 7조 원에 근접한다.¹⁷⁾ 그에 따라 징병제가 인위적으로 낮은 병사의 보수로 국방예산을 절감할 수 있다는 논리는 비가시적 사회적 비용을 고려하면 그 설득력을 상실케 된다.

한편, 한국의 고학력선병에서 발생하는 사회적 비용은 무작위로 추출하는 형식으로 소요 인력을 충원하는 방법과 비교해 볼 때 사회적 비용이 다소 높은 것으로 나타났다. 즉, 2015년 말 기준으로 고용노동통계상에 나타나는 20~24세 근로인구의 학력을 무작위

16) 개인의 기회비용과 사회적 비용에는 직접적 소득 측면의 기회비용 이외에도 학업중단, 교육과 결혼 시기, 직장선택 등에 대한 불안정성 등으로 발생하는 비용이 고려되어야 하지만 이러한 관점은 본 논문의 분석에서 논외로 한다.

17) 연간 비가시적 사회적 비용은 앞장 이론적 분석의 틀에서 제시한 바와 같이 사회적 비용(현물세)에서 예산상에 드러나는 병사의 유지비(가시적 사회적 비용)를 차감한 개념으로 순사회적 비용을 의미함. 사회적 비용과 비가시적 순사회적 비용의 격차가 최근들어 감소하는 추세를 보이는데 이는 병사의 보수가 시회 여론에 힘입어 개선되는 데에 기인한다.

차출의 기준으로 설정하고¹⁸⁾ 사회적 비용을 산출한 결과, 9조8천여억 원으로 나타났으며, 그에 따라 현행 고학력선병이 무작위차출 선병보다 상대적으로 많은 사회적 비용을 요구하고 있는 것으로 나타났다.

징병제의 사회적 비용을 산출하는 데에 있어 간과하지 말아야 할 사항은 병역의무의 형평성 유지를 위해 운영하고 있는 대체복무인력과 연계된 비용이다. <표 14>는 6만 여명에 달하는 전환복무인력과 그 이외의 다양한 대체복무인력의 학력과 규모 등을 고려하여 도출된 사회적 비용을 나타내고 있다.

<표 14> 징집 대체복무인력의 연간 (순)사회적 비용(2015년 말 기준)

형 태	신 분	인 원(명)	복무기간 (개월)	연간 사회적 비용	연간 비가시적 사회적 비용
전환복무	의무경찰	-	21	3,673억 원	9,477억 원
	해양의무경찰		23		
	해양소방위		23		
대체복무	사회복무요원	27,000	24	5,923억 원	
	산업기능요원	15,000	34	3,510억 원	
	전문연구요원·공중보건의	5,455	36		
계		-		1조 3,106억 원	

* 주 : 1) 전환복무자의 학력은 병사의 학력과 동일한 것으로 간주하고 사회복무요원은 고졸학력, 나머지 대체복무인력은 전문대졸 이상으로 상정하였음. 2) 대체복무인력의 비가시적 사회적 비용은 개인의 연간기회비용에 전환복무인력의 일인당 연간인력유지비와 산업기능요원의 연간최저임금(10,371천원: 주당 40시간 동안 시급 6,030원에 근소한 것으로 가정)을 차감하여 도출하였음. 3) 사회복무요원은 현역상병 월보수에 교통비와 식비를 포함하여 연간 4,431천원을 수령하는 것으로 가정하였음. 4) 공중보건의 및 전문연구요원의 보수는 직업의 특성상 25~29세 연령의 대졸이상 근로자의 평균보수를 적용하였고, 노동시장보수와 차이가 없음을 전제하였음

* 자료 : 고용노동통계(<http://kosis.kr>), 병무청 병무통계연보, 자체계산

또한 이러한 대체복무인력의 사회적 비용에 신분별로 다양한 대체복무인력의 일인당 연간유지비를 차감한 결과 대체복무인력의 비가시적 사회적 비용은 약 1조 원으로 추정되었다.

이상의 내용을 종합하면, 한국의 징병제도에서 50만 여명의 현역병사 및 대체복무인력에 의해 발생하는 연간 사회적 비용은 11조 원이상이고 이들 인력에게 예산상으로 지급되는 일인당 연간유지비를 차감하면 한국 징병제의 연간 비가시적 사회적 비용은 약 8조 6천억 원에 달하는 것으로 추정되었다.

18) 고용노동통계상에 나타난 20~24세 노동인구의 학력을 비교해 보면 중학교졸이 2.4%, 고등학교졸 59.8%, 전문대졸 23%, 대졸이상이 14.8%로 나타났다. 세부 통계는 고용노동통계(<http://kosis.kr>) 참조

(3) 병역부담의 형평성과 사회갈등

징병제도는¹⁹⁾ 국가공동체를 집단으로 방어한다는 민주주의 책임의식(또는 국가관: national identity)의 합법적 산물(the legitimate child of democracy)로써 프랑스 혁명과 프로이센 군구조 개혁에 그 뿌리를 두고 있으며, 풍부한 병력자원에 기초해 소요인력을 위협상황에 따라 신속히 충원할 수 있고,²⁰⁾ 국가의 강권력에 의해 징집되는 인력에 대해 인위적으로 낮은 보수를 지급함에 따라 국방인력비용을 절감시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 징병제도의 보다 근본적인 문제는 강권력에 의한 징집 그 자체가 이미 사회구성원들의 갈등을 전제하고 있을 뿐만 아니라 소요인력이 병역대상인구보다 적은 부분징집제에서는 유휴인력에 대한 대체복무제도의 도입여부와 그 형태, 강도 및 기간에 따라 병역의 형평성 문제가 야기된다.²¹⁾ 특히, 유휴병력을 병역과 무관한 분야에 투입하는 경우, 강제징집의 법적 정당성에 대한 의문을 제기하고 국가인적 자원의 효율적 활용 측면에서도 문제점을 노정시킨다. 또한 사회적 합의를 통해 병역대상인구에서 여성이 제외되더라도 그러한 사회적 합의에 대한 남성의 동의가 어느 정도로 지속되는가에 따라 병역제도를 둘러싼 남성과 여성의 갈등은 사회적 갈등으로 잠재되어 있다.²²⁾

가. 군필자가산점제도를 둘러싼 남성과 여성의 갈등

원래 군필자 가산점제도는 제대군인에 대하여 채용필기시험의 각 과목별 득점에 각 과목별 만점의 5% 또는 3%를 가산하는 제도로서 군복무자가 당초 군복무기간 동안 학업이나 취업준비를 할 수 없어 군면제자 보다 불리한 입장이라는 점을 고려하여 시행된

19) 순수징병제는 군 구성원 모두가 의무적으로 소집되는 제도를 의미하지만 직업의 일환으로 군복무를 하는 간부(부사관과 장교)를 고려하면 징모혼합제도와 정의해야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 병사를 대상으로 징병제와 모병제를 구분한다.

20) 징병제의 어원은 1793년 8월 23일 프랑스 혁명군에 의해 단행된 대량징집(levee-en-masse)에 그 뿌리를 두고 있다. 프랑스는 1차 연합군과의 전쟁에 대비하여 18~25세 사이의 모든 미혼남성을 대상으로 징집령을 내렸으며 인구 2,500만 명 중 이 조치로 100만 명의 인력이 징집될 수 있었고, 이 징집령은 전쟁승리의 주요 요인으로 작용하였다. 프랑스의 이러한 대량징집조치는 무엇보다 1814년에 단행된 프로이센 군개혁에 중요한 영향을 미쳤다. 역사적 배경은 Kernic, Franz, "Freiwilligenheer oder Wehrpflicht," in: Wehrpflicht und Militazende einer Epoche?, Militaer und Sozialwissenschaften 25(1999), p. 31 참조

21) 징집대상인구 중 보다 많은 인력이 현역으로 복무함에 따라 유휴 병력규모가 줄어들고 병역의 형평성이 유지될 수 있다. 그러한 관점에서 과거 독일연방정부의 군구조위원회는 독일연방공화국의 병역형평성(Die Wehrgerechtigkeit in der Bundesrepublik Deutschland)이라는 보고서를 발간하면서 복무기간을 16개월로 단축하는 조치를 권고했다. 여기서 팔목할 내용은 한국사회에서 복무기간단축 논의에서 중요 결정요인으로 언급되는 병사의 숙련기간이 1970년 초 당시의 독일사회에서는 복무기간 단축의 반대논리로 지적되거나 언급되지 않았다는 점이다. 세부 논리에 대해서는 Wehrstruktur-Kommission der Bundesregierung, Die Wehrgerechtigkeit in der Bundesrepublik Deutschland (1971), pp. 26

22) 군필자가산점제도에 대한 논쟁과 정책대안에 대해서는 이상목 '병역의무부담의 형평성과 군필자 가산점 제도: 쟁점과 정책제언', 『제도와 경제』, 통권 제5권2호(2011. 08), 한국제도경제학회 참조

제도이고, 병역의무이행을 장려하고 군 복무자의 사기를 진작하는데 그 목적이 있었다. 이러한 목적의 군필자 가산점제도는 1961년 7월에 국가에 의해 처음 시행된 이래 세 차례의 법개정을 거쳤다. 1961년에는 군사원호대상자고용법이라는 이름아래 상이군인과 그 가족에게 5퍼센트의 의무고용 할당을 명시했다. 1969년에는 군사원호대상자고용법에 취업시험 특전에 관한 조문을 신설하였고, 1984년에는 군사원호대상자고용법을 포함한 관련법안들을 통합하여 국가유공자에우등에관한법률을 새롭게 제정하고 여기에 가산점 부여제도를 포함시켰다. 1998년에는 국가유공자에우등에관한법률 중에서 제대군인에 관한 내용을 다시 분리하여 제대군인지원에관한법률을 새롭게 제정하고 지금까지 권고사항이었던 종업원수 20인 이상의 민간기업에 대해 그 적용을 의무화하여 군가산점제도를 한층 강화시켰다.²³⁾

그러나 7급과 9급 공무원시험을 준비중이었던 여학생과 신체장애가 있는 남학생이 1998년 10월 19일에 헌법재판소에 헌법소원 심판을 청구하였는데, 이들은 제대군인에 대한 군가산점제의 적용이 헌법상의 평등권, 공무담임권, 직업선택의 자유를 침해한다고 주장하였고, 헌법재판소는 1999년 12월 군가산점제가 청구인들의 평등권과 공무담임권을 침해하므로 헌법에 위반된다는 결정을 내렸다.

이러한 결정이 내려진 배경에는 국가가 군가산점제도를 처음 시행했을 때 제대군인집단의 형평을 고려할 대상집단으로 여성을 염두에 두지 않은 것이 크게 작용한 것으로 보인다. 이는 7, 9급 공무원 시험은 1991년에 공무원임용시행령이 개정될 때까지 남녀 분리채용시험으로 실시되었고 여성공무원의 채용비율이 전체공무원의 10% 이내로 제한되었기 때문이다. 그러나 남녀분리채용시험이 폐지된 1991년부터 남녀간에 직접 경쟁이 시작되면서 여성공무원수가 급격하게 증가하기 시작했다. 7급과 9급의 여성공무원 비율은 1989년에 각각 5.6%, 10.9%이던 것이 1992년에는 14.0%, 23.5%로, 그리고 헌법재판소에 의해 위헌판결이 나기 직전인 1997년에는 각각 18.3%, 39.9%로 증가하였다. 이것은 민간부문의 여성취업이 거의 차단된 상태에서 연간 5~6만 명의 여성이 공무원 시험에 몰렸기 때문이다.

한편, 군 가산점제도에 대한 미련은 여론조사 결과에서도 엿볼 수 있다. 국방대학교 안보문제연구소가 실시한 「국민안보의식여론조사」에서「군복무자의 사회진출시(취직시험 등) 군복무자에 대한 가산점 부여제도를 어떻게 생각하느냐?」에 대한 설문에서 매우찬성 또는 찬성한다는 응답이 73.6%, 매우반대 또는 반대한다는 응답이 8.7%로 나타났다.²⁴⁾

23) 제대군인 가산점제도의 세부 연혁에 대해서는 조규범, 군경력 가산점제 제도입 논의의 쟁점, 현안보고서 제11호(2008. 12. 10), 국회입법조사처 참조.

24) 『2019년 범국민안보의식조사』(국방대학교, 안보문제연구소)는 제주도를 제외한 전국 15개 시/도에서 19세 이상 성인남녀 1,264명을 대상으로 성/연령/지역별 인구비례할당과 다단계 층화 무작위 추출법을 이용해

성별로는 남성의 찬성 비율이 77.0%인데 반해 여성은 68.0%였고, 연령별로는 연령이 높을수록 군복무자에 대한 가산점 부여제도를 지지하는 정도가 높은 것으로 나타났다. 즉, 50대 이상의 연령층은 76.9%가 매우찬성 또는 찬성한다는 의사를 표명하였으나 20대 연령층은 69.8%만이 찬성한다는 의사를 밝혀 연령별로 7% 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다.²⁵⁾

〈표 15〉 군필자 가산점 부여제도에 대한 의견

(단위 : %)

군복무자 가산점 부여제도		매우찬성	찬성	보통	반대	매우반대	계	
일반 국민	전체	29.8	43.8	17.8	7.2	1.5	100.0	
	성별	남	36.2	41.0	15.3	6.5	1.0	100.0
		여	20.2	47.8	21.6	8.1	2.3	100.0
	연령 별	20~29세	32.8	37.0	20.8	7.2	2.3	100.0
		30~39세	29.4	44.0	17.5	6.8	2.3	100.0
		40~49세	30.0	43.1	18.5	7.4	1.0	100.0
		50세이상	27.4	49.5	15.2	7.3	0.6	100.0

* 자료 : 2010년 범국민안보의식조사(일반국민)», 국방대학교 안보문제연구소, 2010

그러나 가산점부여제도의 지지이론에도 불구하고 가산점제도를 통한 군필자에 대한 보상은 위험판결로 인해 그 실현가능성이 순탄하지 않을 것으로 생각된다. 이는 비록 군필자 가산점제도가 위험이라고 하지만 우리사회가 군필자의 학업중단과 자기계발 지연으로 인한 희생 및 경제적 손실을 인정하지 않겠다는 것이 아니라 그 희생은 인정하나 보상의 방법에 이견이 있다는 것으로 해석되기 때문이다. 다시 말해서, 군필자라는 특정집단에 대한 보상이 병역의무대상에 속하지 않은 집단에게 병역의 영역과 무관한 취업시험이라는 공개경쟁에서 경쟁의 취지를 훼손하거나 불이익을 주는 방향으로 설정되어서는 안된다는 지적이다.

면접원의 직접방문 의한 응답자 자기기입식 방법에 의해 (주)코리아리서치연구소에 의해 2019년 9월에 조사된 내용임.

25) 이러한 군필자가산점제도에 대한 지지입장은 다른 여론조사 결과에서도 발견되고 있다. 여론조사기관인 리얼미터는 2010년 10월 6일 전국 19세 이상 남녀 700명을 대상으로 전화설문조사를 한 결과, 찬성한다는 의견이(49.7%)이 반대한다는 의견(24.5%)과 모름/무응답(25.8%) 보다 상대적으로 높게 나타났다고 보도했다(http://www.dailian.co.kr/news/news_print.htm?id=221832). 또한 병무청이 2009년 11-12월 여론조사기관인 갤럽에 의뢰해 전국 성인남녀 1500명을 대상으로 실시한 ‘군 가산점제도 부활에 대한 여론조사’ 결과에 따르면 전체 응답자의 83.0%가 ‘찬성한다’고 답했고, 성별로는 남성의 87.1%, 여성의 78.7%가 찬성한다고 응답했으며, 반대한다는 입장은 남성 12.9%, 여성 21.3%로 나타났다. (http://www.dailian.co.kr/news/news_print.htm?id=219274).

이처럼 보상책에 대한 갈등이 제기되는 가운데 일각에서는 제대군인 가산점제도에 대한 헌법재판소의 위헌판결이 재고될 필요가 있고 기존의 제도가 부활되어야 한다는 의견이 제기되기도 하였다.²⁶⁾ 특히, 국회 국방위원회는 군필자가산점제도 부활을 골자로 하는 병역법개정안을 표결 끝에 의결, 법사위로 넘기기도 했는데, 그 골자는 여군을 포함해 군복무를 마친사람이 취업채용시험에서 과목별 득점의 2.5% 범위안에서 가산점을 받도록 하되, 가산점을 부여받아 합격하는 사람의 비율이 전체합격자의 20%를 넘지 않도록 하고, 응시회수도 제한한다는 내용이다. 이 개정안은 1999년도에 위헌으로 판결난 기존의 군가산점제도가 과목별 만점의 3%(2년 이하 복무) 또는 5%(2년 이상 복무)를 가산점으로 주고, 회수의 제한이 없었던 것에 비하면 많이 완화된 가산점제도라 할 수 있다.

그러나 이러한 완화된 개정안에도 불구하고 1999년 가산점제도에 대한 위헌판결의 요지가 가산점제도 자체에 평등권 및 공무담임권의 침해가 있어 위헌판결이 난 것인지 아니면 가산점자체는 합헌이지만 가산의 정도가 지나친 점이 위헌인지가 불분명하고, 그에 따라 재도입안이 입법화될 경우,²⁷⁾ 새로이 위헌심판청구가 이루어질 가능성을 배제할 수 없는 상황이다. 한편, 군필자가산점제도의 대안으로서 제대군인에 대해 국민연금이나 의료건강보험에서의 혜택, 제대지원금지불, 군복무자에 대한 장학금지불 등이 제기되고 있으나 군필자가산점제도의 재도입을 둘러싸고 남성과 여성, 병역 이행자와 미필자의 대결 구도가 형성되면서 사회적 갈등이 심화되고 있고, 광범위하게는 모병제로의 전환 가능성에 대한 논의로 확대되고 있어²⁸⁾ 병역의무를 둘러싼 남녀 갈등을 해소하고 형평을 담보할

26) 김문현, 「군필자 가산점제의 위헌여부」, 『고시연구』, 서울:고시연구사, 2000 ; 김용태, 제대군인 가산점제도에 대한 헌법학적 재조명, 2003.

27) 군필자 가산점 제도의 재도입시 채용경쟁에서의 실제 수혜자 규모를 파악하는 직접적인 방법은 공무원의 경우 수혜로 인해 채용된 '6급 이하 모든 직급의 공무원 및 기능직 공무원'과 '국가유공자 등 예우 및 지원에 관한 법률'에 포함된 취업보호실시기관의 연간채용을 연간제대군인과 직접비교하는 방법이다. 한국의 취업인구(비임금근로자 및 임금근로자)를 약 2,500만명, 공무원 수를 95만명으로 상정하는 한편, 이 취업인구·공무원 수 구조가 시간이 지나도 크게 변하지 않고, 합격자의 20%만을 군필자가산점제도 수혜인구라 상정하면 실제수혜인구는 대략 0.8%에 불과하다. 따라서 제대 후 수혜의 가능성이 직종선택에 따라 달라지기 보다는 직종과 무관하게 병역의무이행자 모두에게 복무기간동안 발생한 개인의 기회비용을 보상받을 수 있는 새로운 제도적 여건이 요구된다 하겠다. 물론, 군필자 가산점 제도가 군필자에 대한 상징적 의미의 사회적 배려를 부여함에 따라 병역기피현상을 예방하는 효과가 있다는 점에서는 이론의 여지가 없겠으나 현실적인 혜택 또는 보상의 관점에서는 매우 미흡한 제도라 사료된다. 조세제도를 통한 제대군인에 대한 혜택에 대해서는 이상목 '병역의무부담의 형평성과 군필자 가산점제도: 쟁점과 정책제언', 『제도와 경제』, 통권 제5권2호(2011. 08), 한국제도경제학회 참조

28) 모병제 도입에 대한 찬성 추이는 국방대학교 안보문제연구소가 2019년에 실시한 안보의식조사에서 일반 국민과 군인들 사이에 큰 것으로 나타났다. 일반국민은 2019년 기준으로 76.3%가 국민개병제를 지지하고 23.7%만이 모병제 도입에 찬성을 표시하였다. 그러나 군인은 응답자의 47.4%가 점진적 또는 전면적으로 모병제를 도입해야 한다는 의견을 보였고, 국민개병제 원칙을 보완하거나 그 원칙이 지켜져야 한다는 의견은 52.6%로 나타났다. 그에 따라 군인의 경우, 두 제도에 대한 의견의 차이가 일반국민과 비교해 크지 않은 것으로 나타났는데 이러한 현상은 2013년 까지 70%에 근접한 국민개병제 원칙 고수의 의견이 지속적이고 점진적으로 감소하여 2018년에는 56%, 그리고 2019년에는 52% 수준으로 하락한 결과이다. 세부 내용에

수 있는 정책의 개발이 시급한 실정이다.

나. 복무형태별 병역부담의 차이와 형평성 논란

현역복무와 현역성 전환복무인력에게는 복무기간 동안 기회비용이 발생하는데 이들 해당 인력은 국가봉사의 개념에서 현물세를 납부하고 있다. <표 16>은 복무형태별 소득 격차를 제시하고 있는데 공익근무요원은 복무기간의 측면에서 보면 현역복무와 비교해 상대적으로 약 3개월 긴 복무기간을 거침으로 현물세액의 납부가 다소 많다. 전문연구요원과 산업기능요원은 근로자의 신분으로서 일반근로자와 동일한 처우를 받는 것을 원칙으로 하며, 임금·근로시간·산업재해에 대한 보상 등에 있어서 최저임금법과 근로기준법 등 노동관계법률의 규정에 의하여 보장을 받게 된다. 병역미필자원(제2국민역, 소집면제자, 병역면제자) 및 기피자는 자유로운 경제활동을 통해 근로소득을 취하고 있다. 또한 여성 인력은 병역법에서 병역의무를 남성으로 제한한다는 조항에 따라 병역미필자원 또는 기피자와 마찬가지로 자유로운 경제활동을 하고 있다. 따라서 이러한 복무형태별 기회비용(현물세) 및 소득 격차는 자연스럽게 병역 또는 조세의 형평성 문제에 관심과 갈등을 야기하게 된다.

<표 16> 병역의무의 복무형태별 기회비용(현물세)과 소득격차

남성인력										여성인력
현역복무	현역성 전환복무	대체복무				병역미필자원			기피자	
		공익근무요원	산업기능요원	전문연구요원	특별보충역	제2국민역	소집면제자	병역면제자		
현물세 납부	현물세 납부	현물세 납부	소득 발생	소득 발생	소득 발생	소득 발생	소득 발생	소득 발생	소득 발생	소득발생

* 주 : 1) 현역성 전환복무인력은 전투경찰대원, 의무경찰대원, 교정시설경비대원, 의무소방, 해양경찰을 의미함.
 2) 특별보충역에는 공중보건의, 국제협력의사, 징병전담의사, 공익수의사, 공익법무관이 포함됨.

한편, <표 17>은 병사의 계급별 병영문화 개선방안을 보여주고 있다. 병영문화 개선을 위한 다양한 방안 가운데, 특히 현역복무에 따른 보상과 혜택에 대한 요구가 두드러지게 높은 50% 이상을 보여 현역복무에 대한 피해의식을 상대적으로 크게 느끼는 것으로 해석할 수 있다. 그에 따라 이러한 병사의 심리상태를 고려해 병역부담을 균등화시키는 다양

대해서는『2019년 범국민안보의식조사(일반국민, 군인)』, 국방대학교 안보문제연구소 참조

한 정책제언이 요구된다.²⁹⁾

〈표 17〉 병사의 계급별 병영문화 개선요구

(단위 : %)

병사 계급	사 례 수 (명)	복무에 따른 보상과 혜택의 증대	병사복지 및 문화활동 여건개선	개인학습 시간 보장	바른 인성 및 기본자세 함양	병사 자기계발 여건 확대	가족· 친구와의 소통여건 보장	개인생활 보장 확대	기타
이병	116	46.6	19.0	8.6	5.2	3.4	6.9	10.3	0.0
일병	219	52.5	18.77	5.5	5.9	5.9	1.4	6.4	3.7
상병	188	61.7	14.9	4.8	4.3	3.7	1.6	8.0	1.1
병장	151	50.3	19.2	2.6	4.6	4.0	0.7	11.9	6.6
계	674	53.6	17.8	5.2	5.0	4.5	2.2	8.8	3.0

* 자료 : 범국민안보의식조사(2019), 국방대학교 안보문제연구소

다. 병역기피와 복무기간단축 요구

징집대상자가 현역 군복무에 대해 가지는 심리상태는 국가안보를 위해 군복무를 해야만 하는 당위성과 개인의 병역부담 및 기회비용이라는 두 관점에서 갈등양상을 보이는 것으로 나타났다. 우선, 국가안보를 위한 군복무의 당위성에 대한 설문조사에서는 군복무를 보람된 시기로 보는 병사가 64%로 절대 다수가 군복무에 대한 당위성을 인식하고 있으나 현역복무자 3명 중 1명인 34%가 군복무를 인생의 공백기로 여기고 있어 군복무에 대한 인식의 전환을 위해 다양한 정책과 홍보가 필요함을 시사하고 있다.³⁰⁾

29) 그 방안으로 군역형평조세의 도입을 상정해 볼 수 있다. 병역의무수행의 형태에 따라 기회비용(현물세) 규모에 차이가 있고, 이러한 차등조세는 조세갈등을 야기함으로써 현역복무와 현역성 전환복무인력 및 공익 근무요원이 납부하는 현물세액 만큼 병역미필자원 또는 기피자에게 경제활동을 하는 일정기간 동안 군역형평조세를 과세하고, 조세부담의 보편성 실현과 국가봉사의 개념에서 의무대상자를 여성으로 확대한다면 군역형평조세는 여성에게도 적용되어야 할 것이다. 두 번째 제언으로는 병역의무 이행자가 복무기간동안 지불한 현물세를 조세혜택의 방법으로 되돌려 주는 방식으로 이 방법은 제대 후 교육기간이 길어 비교적 많은 나이에 경제활동을 시작하는 사람에게도 병역의무 이행에 따른 경제적 손실을 보전할 수 있는 장점이 있다. 그리고 세수부족에 대한 부담을 줄이는 측면에서 군역형평조세와 조세혜택의 정책융합방식을 도입하는 방안도 상정해 볼 수 있다. 그러나 앞서 제언한 제도도입의 성공여부는 무엇보다도 군역형평조세 도입 및 세제혜택에 대한 이익제기를 완화하고 어느 정도로 국민적 공감대를 형성할 수 있느냐에 달려있다 하겠다.

30) 1999년 이후에 실시된 『군복무에 대한 병사의 심리상태에 대한 조사 결과』를 발견할 수 없어 과거에 조사된 내용을 인용할 수밖에 없었다.

〈표 18〉 군복무에 임하는 자세

(단위 : %)

항 목		훈련병	이병	일병	상병	병장	전체
군 생활 평가	인생의 보람된 시기	82.5	64.1	61.1	61.9	70.1	66.0
	인생의 공백기	17.5	35.9	38.9	38.1	29.9	34.0
계		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* 주 : 현역병사 1887명을 대상으로 구조화된 설문지에 의해 1999년 12월에 실시한 면접조사 임.

* 자료 : 홍두승 외, 『군복무주기상 병사심리분석』, 서울대학교 사회과학연구원, 1999. 12.

병역기피사유에 대한 설문조사결과, 응답자의 43.4%가 자기발전(학업, 생업)의 지장우 이유로 들었고, 그 다음으로 통제된 생활이 24.2%, 고생, 고된 훈련은 16.7%, 복무기간과다가 9.3% 순으로 나타났다.

〈표 19〉 현역복무를 기피하는 이유

구 분	응답자수(명)	백분율(%)
고생, 고된 훈련	194	16.7
통제된 생활	281	24.2
복무기간 과다	108	9.3
자기발전(학업, 생업) 지장	504	43.4
사고발생 위험	43	3.7
기 타	32	2.8
계	1,162	100

* 자료 : 연세대학교 사회과학연구소, 「범국민안보의식조사」, 2001

그러나 설문문항 중 「통제된 생활」과 「자기발전(학업, 생업) 지장」은 복무기간의 장단기 유무에 관련된 문항임으로 이들 사유를 복무기간과다로 인한 병역기피사유로 보면 응답자의 약 80%가 복무기간과다로 인해 병역을 기피하고 있어 병역기간의 조정은 절실하고 향후에도 지속적으로 요구될 수밖에 없는 사안이다.

2. 적정 병력규모와 복무기간 및 방위력 개선예산의 상호 연계성

앞 절에서는 군구조변화를 요구하는 배경을 군사적으로는 노동집약적 군구조의 문제점에 기초해 논의하였고, 이어서 경제적으로는 징병제를 둘러싼 사회적 비용의 과다함을,

그리고 사회적으로는 병역부담의 형평성에 기초한 각 사회구성원의 사회갈등과 병역기피의 문제점을 제시하였다. 본 절에서는 그러한 요구를 중심으로 병력규모는 어느 정도가 적정하고 그에 동반되는 방위력 개선예산은 어느 정도이며, 나아가 그에 따른 복무기간의 조정 가능성과 한계를 논의해 본다.

〈표 20〉은 각국의 다양한 요인에 의해 징병제를 채택한 주요국가의 병력규모와 경제력을 보여주고 있다. 징병제 국가인 한국의 병력규모는 약 63만명으로³¹⁾ 인구대비 병력비율이 1.24%로 이스라엘(2.15%)보다는 적으나 다른 국가에 비해 매우 높고, GDP 대비 국방비의 비율은 이스라엘과 러시아에 비해 상대적으로 낮다. 그에 따라 한국을 인력의 규모에 비해 상대적으로 낮은 국방예산을 지출하는 국가로 분류될 수 있으나, 이는 반대로 징집인력 개인에게는 복무기간 동안의 기회비용이 매우 높다는 것을 반영하고 있다. 당해 연도의 병력일인당 자본집약도(무기체계 집약도)를 나타내는 병력일인당 국방비는 한국이 약 5만 3천 US달러로서 이스라엘 보다는 적으나 다른 징병제 국가보다는 상대적으로 약간 높은 실태를 보이고 있다. 그러나 모병제를 채택하고 있는 관찰대상 선진국의 경우(미국, 일본, 영국, 프랑스, 독일, 호주, 캐나다), 병력일인당 국방예산은 해당 징병제국가의 6.4배인 29만 US달러에 달해 매우 높은 무기체계 자본집약도를 보이고 있다. 특히, 미국은 모병제 국가 중 상대적으로 높은 인구대비 병력비율에도 불구하고 비교국가 중 가장 높은 GDP 대비 국방비 비율로 인해 병력일인당 국방비가 45만 US달러에 달하는 것으로 파악된다.³²⁾

31) 육·해·공군의 세부통계는 국가재정통계(2016) (<http://stat.nabo.go.kr/fn03-48.JSP>) 참조.

32) 모병제 채택 국가의 병력규모와 경제력 및 병력일인당 국방비

국 가	GDP (10억 달러)	국방비 (억 달러)	1인당 GDP (달러)	인 구 (천 명)	병 력 (천 명)	비 율 (병력/인구)	비율 (국방비/ GDP)	병력일인당 국방비 (US달러)
미국	18,600	6,040	57,294	323,990	1,347	0.42	3.25	448,304
일본	4,730	473	37,304	12,6700	247	0.19	1.0	191,381
영국	2,650	525	40,412	64,430	152	0.24	1.98	344,600
프랑스	2,490	472	38,537	66,836	203	0.3	1.9	232,569
독일	3,490	383	42,326	80,722	177	0.22	1.1	216,628
호주	1,260	242	51,593	22,990	58	0.25	1.92	418,685
캐나다	1,530	132	42,319	35,360	63	0.18	0.86	209,523

* 자료 : IISS(The International Institute for Strategic Studies), 「The Military Balance 2017」, 자체 계산. 구체적 통계는 이상목(2017), p. 202 참조.

〈표 20〉 주요 징병제 국가의 병력/인구 비율과 무기체계 집약도

국 가	GDP (10억 달러)	국방비 (억달러)	1인당 GDP (달러)	인 구 (천 명)	병 력 (천 명)	비 율 (병력/ 인구)	비율 (국방비/ GDP)	병력 일인당 국방비 (US달러)
한국	1,400	338	27,633	50,920	630	1.24	2.41	53,650
러시아	1,270	466	8,838	142,350	831	0.58	3.7	31,275
이스라엘	312	159	36,557	8,177	176	2.15	5.1	90,084
중국	7,505	1,450	8,261	1,381,306	2,183	0.16	1.93	10,352
대만	517	98.2	22,044	23,460	215	0.92	1.9	45,674

* 자료 : IISS(The International Institute for Strategic Studies), 「The Military Balance 2017」, 자체계산

한편, 무기체계에 의한 인력의 대체 가능성은 군사전략적으로 매우 구체적이고, 실전적 전장경험과 세부통계자료를 기초로 도출될 수 있을 것이다. 그러나 본고에서는 군사전략적 측면의 분석은 논외로 하고 경제이론적 모델에 기초해 추가소요 무기체계 규모를 도출하고, 그 의미를 고찰해 보고자 한다.

우선 한 국가는 필요한 무기체계(K)와 병력(L)을 투입하여 국가안보(S)를 유지한다고 상정하자. 또한 무기체계와 인력은 상호 대체관계에 있으며 안보 투입요소의 투입량에 비례해서 국가안보수준이 증가하는 한편, 국가안보는 기술발전(T)에 의해서도 영향을 받는다.

$$S(t) = K(t)^\beta \{ T(t)^\theta L(t) \}^\alpha, \text{ 단 } \alpha + \beta = 1, 0 < \theta < 1 \dots\dots\dots(\text{식1})$$

상기 식에서 α 와 β 는 국가안보에 대한 무기체계와 병력의 탄력치, 그리고 θ 는 기술 발전에 의한 탄력치를 나타내고 있다. (식1)은 또한 규모에 대한 수익의 체증(increasing returns to scale)을 나타내는데, 이러한 현상은 (식1)을 무기체계로 전미분하고,³³⁾ 병력에 대한 무기체계의 투입관계(무기체계집약도: weapon intensity)로 도출된다.

$$\frac{dK(t)}{dL(t)} = - \frac{\alpha}{\beta + \alpha\theta} \frac{K(t)}{L(t)} \dots\dots\dots(\text{식2})$$

33) 등안보곡선의 도출을 (식1)을 무기체계와 병력에 대해 전미분하면 다음과 같다.
 $dS(t) = (\beta + \alpha\theta)K(t)^{\beta + \alpha\theta - 1}L(t)^\alpha dK(t) + \alpha K(t)^{\beta + \alpha\theta}L(t)^{\alpha - 1}dL(t) = 0$

인력과 무기체계의 대체관계와 방위력 개선비용의 관계를 규명하는 1단계 작업으로 <표 21>은 시나리오별 인력조정에 따른 인건비 변화를 제시하고 있다. 간부(장교 및 부사관)의 연간유지비용은 순수직접비(급여, 급식 및 피복)에 기초한 비용이며, 건강보험부담금, 연금보험금 국가부담금 등의 기타비용은 고려하지 않았다. 또한, 국방예산에 포함된 국방부 및 병무청 공무원, 군무원 및 예비전력 공무원 등의 인건비는 제외하였고, 간부의 평균인건비는 장교와 부사관의 가중평균치이다. 2019년 기준 간부와 병사의 총인건비는 12조5천억 여원으로 병력을 45만 명 수준으로 유지하더라도 인건비는 시나리오1의 경우는 3,979억 원 감소하는 반면에 시나리오2의 경우에는 1조1,353억 원 감소할 만큼 그 차액이 큰데 이러한 결과는 간부의 총인력이 동일하더라도 시나리오2의 경우에는 간부의 감소가 1만7천 명이 이루어졌기 때문이다. 또한, 간부와 병사의 규모를 40만 명으로 줄이면서 그 구성비를 4 : 6으로 설정하는 시나리오3의 경우에는 인건비절감액이 2조4천억 여원에 달하는 것으로 파악되었다. 그에 따라 인건비는 전체 병력규모의 조정과 더불어 간부와 병사의 구성비를 어떻게 조정·설정하느냐에 따라 많은 차이를 보인다.

<표 21> 인력조정과 인건비 변화 (2019 기준)

		국방개혁2022		(시나리오1)		(시나리오2)		(시나리오3)	
		인원 (천명)	연간병력 유지비용 (억원)	인원 (천명)	연간병력 유지비용 (억원)	인원 (천명)	연간병력 유지비용 (억원)	인원 (천명)	연간병력 유지비용 (억원)
간부 대비 병사 구조	간부	197	101,126	197	101,126	180	92,399	160	82,140
	병사	303	24,112	253	20,133	270	21,486	240	19,099
	총인원	500	125,238	450	121,259	450	113,885	400	101,239

한편, <표 22>는 상기 (식2)에 기초하여 2019년 국방예산에서 방위력개선비와 전력 유지비가 차지하는 비중을 무기체계 탄력치와 병력탄력치로 각각 상정하여 인력감소에 의한 추가 방위력 개선비를 도출하고, 인건비 절감액을 고려하여 순(純)방위력개선예산을 도출하였다. 산출과정에서 무기체계 구축규모의 수익체증을 야기하는 기술발전효과는 단기적으로 나타나지 않는 것으로 상정하였다($\theta = 0$). 또한 2019년 방위력 개선비 중 방위사업청, 국방기술품질원, 국방과학연구소의 인건비 및 기관 운영비 등과 같이 방위력 개선과 간접적인 관계에 있지만 직접적 영향을 미치지 못한다고 판단되는 예산은 방위력 개선비에서 제외하였다. 인력과 무기체계의 상호 대체관계를 파악해 군사력 저하를 방지하기 위한 방위력 개선비의 증액규모를 분석하는 것이 목적임으로 전력유지비는 대체관계의 산출 과정에 반영하지 않았다. 상술한 조건을 상정하는 경우, 2019년 국방예산은 총 27조

581억 원(100%)으로 방위력 개선비 14조 5,343억 원(53,71%), 인건비 12조5,238억 원(46,29%)으로 구성되어 있다. 그에 따라 인력감축과 그 대체관계에 있는 무기체계의 구축 요구는 누진적으로 증가하여 5만 명 감소의 경우에는 1조3천억 원, 그리고 10만 명 감소의 경우에는 3조 원 이상이 소요되는 것으로 나타났다. 구체적으로 간부숫자를 불변으로 상정한 시나리오1의 경우, 순방위력개선예산이 1조 원 가까이 소요되는 반면에 시나리오 2는 2천4백억 원이 소요되며 40만 명 수준으로의 대폭적인 인력감축(시나리오3)의 경우에는 6천8백억 원이 소요되는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 수익체증감소로 방위력 개선비의 누진적 증가가 인력감축으로 요구되나 한편으로는 인력감축 규모, 다른 한편으로는 병사에 비해 인건비가 월등히 높은 간부의 규모를 어떻게 설정하느냐에 따라 순방위력 개선예산의 추가 부담이 지배적으로 결정되는 데에 기인한다.

〈표 22〉 병력규모 변화와 추가 방위력 개선비 (2019년 기준)

(단위 : 억 원)

	시나리오1	시나리오2	시나리오3
	인원 : 45만 명	인원 : 45만 명	인원 : 40만 명
인력 감소에 의한 추가 방위력 개선비 (1)	13,807	13,807	30,812
인건비 절감액 (2)	3,979	11,353	23,999
순(純)방위력개선예산 (3)=(1)-(2)	9,828	2,454	6,813
방위력 개선비 총액 (4)	159,150	159,150	176,155

* 주 : (4) = 2019년 발채 방위력 개선비(14조 5,343억 원) + (3)

끝으로, 앞 절에서 상세히 제시한 바와 같이 인구절벽과 경제적 요인, 그리고 병역기피와 같은 여러 사회적 요인에 의해 병력감축이 이루어질 경우, 그에 따른 복무기간 조정 가능성을 도출해 보았다. 〈표 23〉은 시나리오별로 병력규모와 복무기간 조정 가능성, 시나리오별로 그리고 순방위력개선예산의 관계를 제시하고 있다. 현재의 병사규모를 2022년을 기준으로 30만3천 명으로 상정하고 연간소요인력을 18개월 기준으로 도출하는 한편, 동일한 연간소요인력을 필요로 하는 복무기간을 시나리오별로 산출한 결과, 시나리오 1의 경우 복무기간이 15개월로 단축될 수 있고, 시나리오2는 16개월, 그리고 시나리오 3의 경우에는 14개월로 단축이 가능할 수 있을 것으로 파악되었다.

〈표 23〉 병력규모 변화와 복무기간, 순방위력 개선예산

	시나리오1		시나리오2		시나리오3	
	45만 명		45만 명		40만 명	
	간부 197천 명	병사 253천 명	간부 18만 명	병사 27만 명	간부 16만 명	병사 24만 명
복무기간 조정 가능성	15개월		16개월		14개월	
순(純)방위력개선 예산	9,828억 원		2,454억 원		6,813억 원	

시나리오1은 시나리오2에 비해 전체병력규모는 45만 명으로 동일하지만 병사의 축소 규모가 상대적으로 큼에 따라 복무기간단축 가능성이 높지만 인력축소에 따른 방위력 개선비용의 부담이 큰 단점이 있다. 반대로 시나리오2는 동일한 총병력규모에서도 병사의 축소규모가 시나리오1에 비해 상대적으로 적어 복무기간 단축 가능성이 낮지만 간부인력의 감소로 방위력 개선비용이 절감되는 장점이 있다. 그에 따라 기간단축의 폭을 점진적으로 확대해 나가는 가운데 비용상승 폭을 억제하려는 정책을 추진하는 경우에는 시나리오2를 선호하는 것이 합리적 선택이라 판단된다. 한편, 시나리오3은 간부와 병사의 규모가 상대적으로 크게 감소하여 복무기간 조정이 훨씬 용이한 상황을 상정하고 있으나 방위력 개선비용의 증가는 시나리오1 보다는 적으나 시나리오2 보다는 크다.

Ⅵ. 미시숙련도 모델 : 병사의 숙련과 복무기간

앞의 두 장에서는 인구동태적 환경과 정태적 군구조에서의 복무기간조정 가능성을 제시하였고, 이어서 군구조변화에 대한 군사적, 경제적, 사회적 요구배경을 논의한 후 인력의 정예화와 무기체계 현대화로 표명되는 동태적 군구조와 국방예산의 추가부담과 복무기간 조정의 상호 연계성을 고찰하였다. 본 장에서는 이러한 거시적 요인 뿐만 아니라 복무기간은 병사의 숙련도에 의해 결정되어야 한다는 미시적 관점을 논의하고자 한다. 특히, 복무기간단축은 병사의 숙련도에 부정적인 영향을 미치므로 복무기간단축이 제한되어야 한다는 주장은 병과별 숙련기간을 중심으로 검증이 요구되는 사안이다. 숙련기간과 더불어 복무기간 설정에 중요한 또 다른 미시적 변수는 전체구성원 중 단위조직내에 상존해야 할 숙련병의 비율(숙련병 구성비)의 역할이다. 따라서 본 장에서는 이러한 숙련논리에 대한 검증작업과 더불어 어떠한 조건하에 복무기간 조정이 가능한지를 논의해 보고자 한다.

우선, <표 24>는 선행연구를 집계한 자료로서 육군 병사의 병과별 숙련기간과 부대 조직 내의 숙련병 구성비(50%)를 고려하여 산출한 적정복무기간을 나타내고 있다.³⁴⁾ 예를 들어 보병의 숙련기간은 9개월인데 숙련병의 필요구성비가 50%이므로 적정복무기간은 18개월이 되고, 기갑의 경우 숙련기간이 보병보다 다소 긴 15개월이므로 숙련병 구성비를 고려할 때 30개월의 복무기간이 적절하다는 설명이다.

<표 24> 육군병사의 병과별 숙련소요기간과 복무기간

구 분	보병	포병	기갑	통신	정비
개인별 숙련소요기간	9개월	11개월	15개월	12개월	15개월
조직내 필요 숙련병 구성비	50%	50%	50%	50%	50%
병과별 적정복무기간	18개월	22개월	30개월	24개월	30개월

* 자료 : 정주성 외, 『참여정부의 병역정책』, 한국국방연구원, 병역정책 심포지엄, 2003 ; 자체계산

한편, <표 25>는 간부의 실무경험에 기초한 한국군 병사 전체의 숙련기간을 보여주고 있는데 육·해·공군의 병과별 숙련기간을 비교하여 숙련기간이 유사한 병과를 집단별로 구분하고 있다.³⁵⁾ 육군의 보병과 유사한 숙련기간을 필요로 하는 병과의 집단(A병과 집단)은 육군병사의 41.3%, 해군과 해병대는 각각 71.6%와 48%, 공군은 26.3%에 달한다. 다른 군에 비해 해군의 경우, 수병을 비롯한 비교적 짧은 숙련기간(9개월)을 요구하는 병사의 구성비가 전체해군병사의 71.6%를 차지하고 있고, 해병대의 경우에도 보병을 비롯해 적정복무기간이 18개월을 나타내는 A병과 집단의 구성비가 48.0%를 차지하고 있다. 반대로 공군의 경우에는 보급과 항공무기정비에 및 시설, 정보통신에 대한 병사의 비중이 높은 것이 특징이며 그에 따라 타군에 비해 많은 비중의 병사들이 상대적으로 숙련기간이 긴 병과에 포진되어 있다.

34) 정주성은 개인별 숙련소요기간이 계량적 근거가 아닌 간부 및 병사에 대한 설문조사결과에 기초한다고 밝히고 있다. 정주성 외, 『참여정부의 병역정책』, 한국국방연구원, 병역정책 심포지엄, 2003

35) 병과별 병사의 숙련소요기간은 국방대학교 석사학위과정의 대위소령급장교의 실무경험을 바탕으로 산출한 수치임.

〈표 25〉 각군의 병과별 숙련소요기간

(단위 : %)

유사숙련 기간의 병과집단		A병과 집단 (9개월)	B병과 집단 (11개월)	C병과 집단 (12개월)	D병과 집단 (15개월)	
국군	육군	병과	보병, 정보 부관, 헌병 경리, 정훈 의무, 군종	포병 수송 항공 방공 화학	통신 공병 법무	기갑 병참 병기
		비율 (소계)	41.3	24.4	15.5	12.2
	해군	병과	수병 군악 운전 의무	시설 전공	통신 통기	기관 전탐
		비율 (소계)	71.6	3.8	9.6	10.3
	해병	병과	보병 군악 헌병	포병 차량	공병 통신	기갑 상갑 병기 보급
		비율 (소계)	48.0	24.1	15.8	12.1
	공군	병과	관리, 총무 군악, 정보 헌병, 의무	항공통제 방공 포병	기상 정보통신 시설	항공무기정비 보급수송
		비율 (소계)	26.3	10.6	21.2	37.3
	평 균		41.6	22.9	15.7	13.7

* 주 : 1) 비율은 육·해·공군의 해당 병과별 병사의 비중을 합한 수치임

숙련기간이 11개월이 소요되는 B병과 집단은 육군병사의 24.4%, 해군과 해병은 3.8%와 24.1%, 그리고 공군은 10.6%이다. 한편, 12개월의 숙련기간이 필요로하는 C병과집단과 15개월을 필요로 하는 D병과 집단의 육·해·공군 평균병력규모는 15.7%와 13.7%에 달한다. 그에 따라 현행 18개월 ~ 21개월의 복무기간을 감안할 때 현재의 병사복무기간은 숙련에 소요되는 기간보다 길다. 그에 따라 복무기간단축으로 숙련에 지장이 초래된다는 주장은 그 설득력이 극히 제한적이다.³⁶⁾

36) 또한 불가피하게 오랜 숙련기간이 소요되는 병과에 대해서는 기간제 유급지원병 제도를 도입함에 따라 복무기간단축에 대한 제한 요소가 제거될 수 있다. 이상목(2009), 「국방개혁 2020과 국방인력 운영비용: 소요재원의 추정과 정책적 함의」, 『교수논총』, 제17권2호, 국방대학교 참조

단지, 병사의 복무기간이 숙련에 필요한 기간과 더불어 이러한 숙련병이 조직 내에 상존해야 할 숙련병구성비에 의해 결정되어야 한다는 논리가 제기되고 있으나 조직내 숙련병 구성비는 합리적이고 계량적 근거에 의한 수치가 아니라 자의적 판단에 의한 예시로 제시되고 있어 설득력이 매우 미흡하다. 예를 들어 숙련기간이 9개월인 보병의 경우, 조직내 숙련병 구성비가 50%인 경우, 복무기간이 18개월이 되어야 하고, 그 구성비가 80%인 경우에는 45개월이 되어야 한다. 반대로 숙련병 구성비가 25%을 요구하는 경우에는 적정 복무기간은 12개월이 된다. 이처럼 적정 복무기간의 허용치가 숙련병 구성비의 자의적 판단에 의해 매우 유동적이고 크에 따라 복무기간 결정변수로서의 적합성이 떨어진다.

따라서 현행 병사의 복무기간이 숙련기간이 부족할 정도로 짧지 않음으로 복무기간은 앞서 제IV장과 제V장에서 분석한 인구동태추이와 군구조 변화 가능성 및 방위력 개선 예산의 확대유무에 관련된 변수로 판단된다. 특히, 복무기간 설정에 간과해서 안 될 사항은 숙련기간이 고정된 수치가 아니라 가변적이라는 점이다. 즉, 교육·훈련방법의 과학화와 훈련병의 동기부여 및 필요시설의 지원 등을 통해 숙련기간 단축이 가능하고 병사의 80% 이상이 대재·대졸 이상의 학력을 가지고 있다는 사실은 기간단축에도 불구하고 직 무수행에 필요한 숙련도를 높일 수 있는 긍정적 요인으로 작용할 수 있다.

VII. 요약 및 정책적 함의

인구절벽으로 표현되는 남성 병력가용인력의 감소추세에서 병사의 적정복무기간은 한편으로는 인구동태적 추이의 사회적 측면, 다른 한편으로는 군사전략적 인력 소요와 숙련도의 안보적 측면, 그리고 복무당사자인 병사개인의 기회비용과 및 사회적 비용 등이 고려되어 결정되는 다층·복합적 고려 변수이다. 그에 따라 본고에서는 한국의 복무기간 변천과 병역 제도 운영실태를 살펴본 후, 출생인구 감소로 징집 조건이 변화되는 가운데 병사의 복무 기간 조정 가능성을 정태적 군구조와 동태적 군구조의 거시적 상황으로 구분하여 논의 하였다. 이어서 논의의 틀을 병사의 복무기간이 병사의 숙련기간에 의해 결정되어져야 한다는 미시적·실무적 관점으로 확장하여 숙련논리를 검증하였다.

한국은 1955년 이후로 12차례에 걸쳐 병사들의 복무기간을 조정해 왔는데 징집병 부담 완화, 잉여자원해소, 국가인적자원의 효율적 활용 등이 기간단축의 주요 원인으로 작용

하였다. 이러한 단축현상은 안보개념이 군사적 안보에서 포괄적 안보로 변함에 따라 국가 경쟁력을 제고하기 위한 인력정책의 의지가 반영된 것으로 보인다.

한편, 북한의 위협 및 잠재적 위협에 대한 동시다발적 대비를 근거로 2006년부터 시행된 노무현정부의 국방개혁은 이명박정부와 박근혜정부를 거치면서 약간의 수정이 가해졌고, 2018년 7월 27일에 최근의 개혁안이 발표되었다. 그 핵심내용은 병력수를 50만 명 수준으로 유지하기 위해 상비병력을 단계적으로 감축하되 전투병력위주로 현역을 정예화하고, 운용하는 것으로 요약될 수 있다. 그러나 병력감축과 정예화가 인건비성 국방예산의 절감으로 이어져 그 절감액이 전력투자비 증가로 이어질지는 매우 회의적인 것으로 나타났다. 병사인력이 더디게 감소하는 반면에 2012년에는 부사관 인력의 대폭적인 확대가 이루어졌고 2017년 계획에는 다시금 군무원 인력의 대폭확대를 제시하고 있어 저비용·고효율의 국방개혁이라기 보다는 오히려 인건비가 대폭 증가할 양상을 보이고 있다. 특히, 군무원 증가의 원인이 미래의 안보위협에 대비한 새로운 군사전략의 구상에 기초하고 있는지 아니면 감소하는 병사의 임무를 대체하기 위한 산술적 조치인지가 규명되어야 하고, 여기에는 병사의 수가 감소하더라도 이들이 수행한 임무가 실제로 전투력과 어느 정도로 직접적인 연관이 있었는지에 대한 직무분석과 함께 기존 인력의 노동생산성 증가로 인력증대를 억제할 수 있는 가능성이 발견되어야 할 것이다. 이러한 노력이 요구되는 이유는 인건비 증가가 한정된 예산에서 방위력 개선비를 침해하여 군사력을 개선하기 위한 개혁조치가 아니라 오히려 저해하는 조치가 될 수 있는 가능성이 높기 때문이다.

「2017년 국방개혁」에 의하면 2022년에는 총병력규모 50만 명 중에서 장교와 부사관을 19만7,000명, 병사를 30만3,000명으로 유지하는 것을 계획하고 있다. 병사의 각군별 복무기간을 고려하여 연간소요인력을 산출한 결과 연간소요인력이 19만9천여 명으로 추정됨에 따라 2022년에는 약 5만 명의 인력이 잉여인력으로 남으나 2년 뒤인 2024년에는 그 잉여인력규모가 2만 명으로 감소하고 이후에는 약간의 등락을 거쳐 2032년에는 1만 7천 명으로 감소하고, 2035년에는 가용인력과 소요인력이 거의 같아진다. 문제는 이들 연간소요인력의 계산에는 무관후생과 부사관 후보생이 포함되지 않았을 뿐만 아니라 현역성 전환복무인력과 대체복무인력이 고려되지 않아 가용인력 대비 소요인력 격차가 더욱 줄어들어 인력부족 압박이 심화될 전망이다. 이러한 전망은 한국의 병역제도 운영에서 잉여인력에 대한 복무형태의 다양성을 추구한다는 관점에서 운영해온 대체복무제도의 운영이 극히 제한적으로 가능하거나 전면 폐지가 불가피할 전망이고, 더 나아가서는 대한민국 국민에게 부과한 국방의 의무를 남성으로 제한한 병역법의 사회적 합의가 지속될 수 있을

지에 대한 사회적 논의를 반복적으로 촉발할 가능성이 높다.

결국 병사소요인력이 한편으로는 인구감소에 따른 징집가용인력 감소와 다른 한편으로는 국민의 병역부담완화를 위한 복무기간단축 요구 등에 의해 결정되는 변수라는 점을 고려할 때 인력위주의 노동집약적 군구조에서 탈피하여 현대전에 적합한「과학기술기반 정예화 군구조」로 전환하는 노력은 불가피할 것으로 보인다.

인력의 정예화와 무기체계 현대화에 대한 요구는 군사적, 경제적, 사회적 배경에 서 제시되고 있고, 그 논의의 핵심에는 아래에 제시된 노동집약적 군구조의 문제점과 사회적 비용의 과다, 그리고 병역부담의 형평성과 다양한 사회갈등이 자리잡고 있다.

첫째, 한국의 징병제도가 가지는 가장 큰 문제점은 안보생산요소(인력과 무기체계)의 상대가격을 왜곡시켜 인력의 효율적 투입에 대한 동인을 감소시키고 현대전에 부적합한 노동집약적 군구조를 고착화하여 유사시 인명손실에 대한 위험이 상대적으로 클 수밖에 없는 문제점이 있다. 이러한 노동집약적 군구조는 다른 선진국과 비교해 상대적으로 낮은 병력일인당 자본집약도로 표출되어 한국이 추구하는 미래 군사전략과 전술, 그리고 소요 예산의 뒷받침에 대한 깊은 고민을 요구하고 있다.

둘째, 징병제 하에서 군복무인력 각 개인이 국가안보를 위해 일정기간 봉사형태로 납세하는 현물세를 사회적비용으로 간주하면 그 비용은 연간 10조 원 이상이며, 특히 한국의 고학력선병에서 발생하는 사회적 비용은 무작위로 차출하는 형식으로 소요인력을 충원하는 방법과 비교해 볼 때 사회적 비용이 다소 높은 것으로 나타났다. 징병제의 사회적 비용을 산출하는 데에 있어 간과하지 말아야 할 사항은 병역의무의 형평성 유지를 위해 운영하고 있는 대체복무인력과 연계된 비용으로써 그 규모가 1조 원 이상으로 추정되었다.

셋째, 병역부담의 형평성을 둘러싸고 발생하는 사회갈등은 한편으로는 군필자 가산점 제도를 둘러싼 남성과 여성의 갈등을 비롯해서 다른 한편으로는 현역복무와 대체복무인력 사이에 복무 형태와 강도, 기간을 중심으로 형평성 논란이 야기되고 있다. 특히, 복무기간 과다는 현역기피사유의 대표적 기피 사유로 인식되고 있어 복무기간 조정에 대한 요구는 향후에도 지속될 전망이다.

상술한 바와 같은 군구조 변화에 대한 사회적 요구에 기초해 인력을 무기체계에 대체

하는 경우에는 군사전략적으로 매우 구체적이고, 실전적 전장경험과 세부통계자료를 필요로 한다. 그러나 본고에서는 군사전략적 측면의 분석은 논외로 하고 경제이론적 모델에 기초해 인력감축시나리오별로 추가소요 방위력 개선비용과 복무기간 조정 가능성의 관계를 도출할 수 있었다.

분석 결과, 인력감축과 대체관계에 있는 무기체계의 구축요구는 누진적으로 증가하여 5만명 감소의 경우에는 1조3천억 원, 그리고 10만 명 감소의 경우에는 3조 원 이상이 소요되는 것으로 나타났다. 간부숫자를 불변으로 상정한 시나리오1의 경우, 순방위력개선 예산이 1조원 가까이 소요되는 반면에 시나리오2는 2천4백억 원이 소요되며 40만 명 수준으로의 대폭적인 인력감축(시나리오3)의 경우에는 6천8백억 원이 소요되는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 인력감축으로 수익체증감소 원리에 의한 방위력 개선비의 누진적 증가가 요구되지만 징집병사에 비해 인건비가 월등히 높은 간부의 비율을 전체병력에서 어떻게 설정하느냐에 따라 순방위력개선예산의 추가 부담이 지배적으로 결정되는 데에 기인한다. 한편, 미래의 병력자원 공급이 현재의 18개월 복무기간과 병사 30만3천 명(2022년 기준)을 유지하기 위한 연간소요인력(20만2천 명)을 충족시킨다는 전제하에 인력수급균형을 이루는 복무기간을 시나리오별로 산출한 결과, 시나리오1의 경우 복무기간이 15개월로 단축될 수 있고, 시나리오2는 16개월, 그리고 시나리오3의 경우에는 14개월로 단축이 가능할 수 있을 것으로 파악되었다.

결과적으로 시나리오1은 시나리오2에 비해 전체병력규모는 45만 명으로 동일하지만 병사의 축소규모가 상대적으로 큼에 따라 복무기간단축 가능성이 높지만 인력축소에 따른 방위력 개선비용의 부담이 큰 단점이 있다. 반대로 시나리오2는 동일한 총병력규모에서도 병사의 축소규모가 시나리오1에 비해 상대적으로 적어 복무기간 단축 가능성이 낮지만 간부인력의 감소로 방위력 개선비용이 절감되는 장점이 있다. 그에 따라 기간단축의 폭을 점진적으로 확대해 나가는 가운데 비용상승 폭을 억제하려는 정책을 추진하려는 의도를 가진 경우에는 시나리오2를 선호하는 것이 합리적 선택이라 판단된다. 한편, 시나리오3은 간부와 병사의 규모가 상대적으로 크게 감소하여 복무기간 조정이 훨씬 용이한 상황을 상정하고 있으나 방위력 개선비용의 증가는 시나리오1 보다는 적으나 시나리오2 보다는 큰 것으로 분석되었다.

한편, 상술한 거시적 관점 이외에 본고의 마지막 분석에서는 복무기간이 병사의 숙련도에 의해 결정되어야 한다는 미시적 관점을 논의하였다. 육·해·공군의 병과별 숙련기간을 비교하여 숙련기간이 유사한 병과를 집단별로 구분한 결과, 현재의 병사복무기간(18~21개월)이 모든 병과의 숙련에 소요되는 기간보다 긴 것으로 나타났다. 단지, 병사의 복무기간이 숙련에 필요한 기간과 더불어 이러한 숙련병이 조직 내에 상존해야 할 숙련병구성비에

의해 결정되어야 한다는 논리가 제기되고 있으나 조직내 숙련병 구성비는 합리적이고 계량적 근거에 의한 수치가 아니라 자의적 판단에 의한 예시로 제시되고 있어 영향변수로서의 유의미함이 매우 미흡한 것으로 나타났다. 특히, 복무기간 설정에 간과해서 안 될 사항은 숙련기간이 고정된 수치가 아니라 가변적이라는 점이다. 즉, 교육·훈련방법의 과학화와 훈련병의 동기부여 및 필요시설의 지원 등을 통해 숙련기간 단축이 가능하고 병사의 80% 이상이 대재·대졸 이상의 학력을 가지고 있다는 사실은 기간단축에도 불구하고 직무수행에 필요한 숙련도를 높일 수 있는 긍정적 요인으로 작용할 수 있다.

끝으로, 분석의 결과를 종합해 볼 때 다음과 같은 단기 및 중장기적인 정책적 함의를 도출할 수 있겠다. 인구절벽 현상이 매우 빠른 속도로 병력자원 수급불균형을 야기하여 인력부족 압박이 심화되고, 그 반작용으로 대체복무제도의 운영이 극히 제한되거나 전면 폐지가 불가피할 것이다. 또한, 국방의 의무를 남성으로 제한한 병역법의 유효성에 대한 사회적 논의를 촉발할 가능성이 높다. 뿐만 아니라 인력위주의 노동집약적 군구조에서 탈피하고 현대전에 적합한「과학기술기반 정예화 군구조」로 전환을 요구하는 의식이 범사회적으로 표출될 것으로 전망된다. 그리고 이러한 요구는 징병제가 갖는 사회적 비용의 과다함과 병역부담을 둘러싸고 야기되는 사회구성원들 사이의 복합적 갈등으로 더욱 거세 질 뿐만 아니라 모병제 도입의 당위성이 사회전반에 확산될 것으로 여겨진다.

그러나 모병제 도입 전에 인구절벽으로 야기된 군정예화와 인력감축은 무기체계 구축 요구를 증가시키고 방위력 개선비의 추가 확보 현상으로 나타나겠지만 그 순방위력 개선 예산의 규모는 징집병사에 비해 인건비가 월등히 높은 간부의 규모를 어떻게 설정하느냐에 따라 달라 질 것이다. 그에 따라 병역기피 풍조를 예방하고 병역부담의 사회갈등을 완화하는 현실적 대안으로 복무기간단축의 폭을 점진적으로 확대해 나가는 가운데 직무분석 등을 통한 전체병력감축과 더불어 간부규모 또한 간부 대비 병사의 비율을 현재의 4 : 6으로 유지한다는 원칙 하에 일정부분 줄이는 정책을 추진할 가능성이 적지 않다. 왜냐하면 이러한 접근으로 방위력 개선비용의 상승 폭을 다소 억제하는 효과를 누릴 수 있기 때문이다. 그러나 군사력 유지와 건설을 위해서는 인력조정과 더불어 무엇보다 자본집약적 군구조에 상응하는 새로운 군사전략의 패러다임을 구상하고 개발하는 작업이 선행되어야 할 것이다.

〈참고 문헌〉

1. 국내문헌

- 고용노동부, 『임금구조 기본통계 조사보고서』 (각년도)
- 고용노동부, 『고용노동통계』(http://kosis.kr) (각년도)
- 국방대학교 안보문제연구소, 『범국민안보의식조사 (군인)』
- 국방대학교 안보문제연구소, 『범국민안보 의식조사 (일반국민)』
- 국방부, 『국방통계연보』 (각년도)
- 기획재정부, 『국가재정통계』 (http://stat.nabo.go.kr/fn03-48.JSP)
- 김문현, 「군필자 가산점제의 위헌여부」, 『고시연구』, 서울:고시연구사, 2000
- 김용태, 제대군인 가산점제도에 대한 헌법학적 재조명, 2003.
- 병무청, 『병무통계연보』 (각년도)
- 연세대학교 사회과학연구소, 『범국민안보의식조사』, (2001)
- 이상목, “징병제와 모병제: 경제적 관점에서의 비교분석”, 『국방연구』, 제42권 제2호(2002), 국방대학교 안보문제연구소
- , “병역제도의 운용실태와 사회적 비용 : 쟁점과 개선방안”, 『국방연구』, 제43권2호(2003)
- , “병역자원수급전망과 복무기간조정에 대한 정책적 함의”, 『규제연구』 제12권 제1호 (2003), 한국규제학회·한국경제연구원
- , “시장중립성과 사회적 효용의 제고를 위한 잉여병역자원의 활용에 대한 소고”, 『규제연구』, 제16권 제2호(2007)
- , 「국방개혁 2020과 국방인력 운영비용 : 소요재원의 추정과 정책적 함의」, 『교수논총』, 제17권2호(2009), 국방대학교
- , 「병역의무부담의 형평성과 군필자 가산점제도 : 쟁점과 정책제언」, 『제도와 경제』, 통권 제5권2호(2011. 08), 한국제도경제학회
- , 「국방예산과 사회적 비용에 대한 모병제 전환의 파급효과에 대한 소고 : 모델이론과 실증분석」, 『규제연구』, 제26권 제1호(2017년 6월)
- 이정표, 「자율적 병역의무이행과 사기진작을 위한 병역의무 이행자 우대방안」, 병역정책포럼 (2005.10.)
- 한국병역정책연구소, 「병역자원부족과 21세기 병역정책방향」, 2002
- 정주성 외, 『참여정부의 병역정책』, 한국국방연구원, 병역정책 심포지엄, 2003
- 홍두승 외, 『군복무주기상 병사심리분석』, 서울대학교 사회과학연구원(1999)

2. 국외문헌

- Gates-Commission, "The Report of the President's Commission on an All-Volunteer Force", U.S. Government Printing Office, 1970, Washington D.C.
- Haltiner, Karl W., Westeuropas Massenherre am Ende? in : Wehrpflicht und Militzende einer Epoche?, Militaer und Sozialwissenschaften 25(1999)
- Hansen, Lee W. and Weisbrod Burton A., "Economics of the Military Draft", in : Quarterly Journal of Economics(1967), pp.395-421
- IISS(The international Institute for Strategic Studies)
- Huber, Reiner K., Gedanken zur Wehrpflicht aus wirtschaftlicher Sicht, Stichworte zu einer Diskussion, 2001, <https://www.unibw.de/inf4/professuren/entpflichtete.../prof-huber/.../wehrpflicht.pdf>
- Kernic, Franz, "Freiwilligenheer oder Wehrpflicht," in: Wehrpflicht und Militzende einer Epoche?, Militaer und Sozialwissenschaften 25(1999)
- Koenig Michel, Die gesamtwirtschaftliche Effizienz der Wehrpflicht, Cuvillier Verlag Goettingen 2000,
- Krelle, Wilhelm, "Oekonomische Gesichtspunkte bei der Wahl zwischen Wehrpflicht und Freiwilligenarmee," in : keine Zukunft fuer die allgemeine Wehrpflicht, Katholischen Akademie Hamburg, Band 13(1994)
- Straubhaar, Thomas and /Schleicher Michael, "Wehrpflicht oder Berufsarmee?" in : Wehrpflicht oder Berufsarmee?, Soziooekonomische Forschungen(1996), Band 37
- Oi, W.Y., "The Economic Cost of the Draft", The American Economic Review, Proc., May(1967)
- John O. ONeal, Bugetary Savings from conscription and burden sharing in NATO, in: Defense Economics, Vol. 2, 1992
- Wehrstruktur-Kommission der Bunesregierung, Die Wehrgerechtigkeit in der Bundesrepublik Deutschland (1971)

빅데이터 분석을 통한 고장함수 추정 및 예측 방안 구축

국방대학교 교수 **윤 봉 규**
국방대학교 교수 **문 성 압**
국방대학교 학위과정 **최 진 우**
국방대학교 학위과정 **조 원 영**
국방대학교 학위과정 **남 광 식**

- I. 서론
- II. 고장함수 추정 방법
- III. 고장함수 추정 및 발전방안
- IV. 결론

요 약

2020년 국방부 주요 추진 과제에는 '총 수명주기 개념을 적용한 국방획득 및 운영관리 강화'가 포함되며, 여기에는 '전 무기체계, 주요장비 수명주기 간 효율적 운영관리개념 장착', '수리부속 수요예측 정확도 향상 및 재고자산 감축을 포함하고 있다. 군의 장비정비 정보체계에서는 총 8가지(산술 평균법, 이동평균법 등) 수리부속 예측기법을 제공한다. 이들은 적은 양의 데이터로 예측이 가능하다는 장점이 있으나, 정확도가 낮다는 단점도 있다. 필요로 하는 데이터의 양이 적다는 것은 빅데이터 기술을 활용할 수 없음을 의미한다. 다시 말하면, 군의 예측 기법으로는 2020 국방부 주요추진 과제를 달성하기에는 한계가 있으며, 최신화된 기술 도입에 대한 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 2020 국방부 주요추진 과제 중 수리부속 예측과 장비의 수명주기 간 효율적 관리의 기초가 될 수 있는 고장함수를 추정할 수 있는 방안을 살펴보았다.

고장함수란 군의 데이터를 분석하여 추정한 총수명주기장 장비의 고장 발생확률에 관한 함수이다. 우리 군은 데이터를 장기간 축적하지 않으므로, 고장함수 추정에 과거의 연구 모델이나 상용화된 기술을 사용하기에는 한계가 있었다. 그러나, 계층형 베이지안 모델은 현재 군이 보유한 적은 양의 데이터로도 비교적 높은 정확도를 확보할 수 있는 예측 모델로, 모수를 확률분포로 가정하며 사용자의 이해가 쉽고 분석이 편리하다. 계층형 베이지안 모델 추정에 사용된 통계언어인 Stan은 많은 계산을 동반하는 모수 적합속도를 비약적으로 향상시켜 복잡한 모델도 비교적 빠르게 추정할 수 있다는 장점이 있다.

단계형 분포는 과거의 이력에 상관없이 현재상태에 의해서 미래가 결정되는 성질을 가진 마코프체인을 기초로 하는 확률모형이다. 과거의 연구에서 확률분포를 추정하기 위해서 특정 분포를 가정하였던 것과 달리, 단계형 분포에서는 특정 분포를 가정하지 않아도 실제와 가까운 확률분포를 추정할 수 있다. 또한, 단계형 분포 추정 과정에는 EM 알고리즘, Moment Matching 등 여러 방법론이 존재하여 다양한 적합을 시도해 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 계층형 베이지안 고장함수 외에 단계형 분포 고장함수를 추가적으로 연구하고, 향후 활용방안을 모색하였다.

본 연구에 활용된 데이터는 해군의 장비정비정보체계에서 확보한 98척에 해당하는 10년(2009~2019년) 분량의 고장 관련 데이터 28,013건이다. 이들 데이터로부터 함정의 총수명은 약 31년임을 추정하였고, 함정별로 수명에 따라 정리한 데이터로부터 해군 함정의 고장 데이터는 함정별, 타입별로 수량이 다르고 분포도 다른, 비균일한 특징이 있음을 확인할 수 있었다. 해군 함정의 구조적인 특징에 따라 3개의 계층으로 구분하고 수명 연차별 고장 데이터의 분포를 확인한 결과, 수명 초반과 말기에 고장이 많고 수명 중반에 고장이 적은 개략적인 육조모양의 형태가 도출되었다. 데이터를 바탕으로 계층형 베이지안 모델을 구성하여 고장함수를 도출하였고, 과거에 성능이 입증된 자기회귀누적이동평균법(Autoregressive Integrated Moving Average, 이하 'ARIMA') 및 프로핏(Prophet) 알고리즘과 성능을 비교하여 군에 사용하기에 적합함을 입증하였다.

단계형 분포의 고장함수 추정과정은 2단계로 이루어졌다. 먼저, 수명 연차별 고장건수에 대한 확률분포를 추정하였으며, 추정된 확률분포를 바탕으로 수명 연차별 고장건수 기댓값을 산출하였다. 1단계 수명 연차별 고장건수 확률분포를 추정하는 과정에서 주어진 데이터에 가장 적합한 단계형 분포 추정 방법을 비교 분석하여 데이터의 성격에 따라 사용하는 방법론을 제시하였다. 2단계에서는 수명 연차별 고장건수 기댓값을 반영하여 총수명주기장 고장함수를 추정하는 방법을 제시한다.

연구결과, 계층형 베이지안 모델은 계층 간 정보공유를 통해 군 데이터의 비균일성을 보완하여 비교적 높은 정확도를 보였다. 군의 보안 정책으로 인해 향후 지속될 것으로

판단되는 군 데이터의 비균일성 문제는 계층형 베이지안 모델로 극복할 수 있다고 판단된다. 단계형 분포는 실제와 유사한 확률분포를 도출할 수 있다는 장점을 확인했다. 이에, 계층형 베이지안 모델로 거시적인 관점에서 총 수명간 고장의 형태를 파악하고, 단계형 분포로 미시적인 관점에서 확률분포를 도출한다면 고장함수의 정확도가 증대될 것으로 판단된다.

4차 산업혁명의 기본은 데이터에서 시작한다. 통계 기술이 발달하여 좋은 모델을 적합할 수 있더라도, 데이터가 없다면 큰 한계에 봉착할 수밖에 없다. 일반적인 통계 모델과 같이 본 연구의 고장함수 모델도 데이터가 많을수록 더 나은 모델을 추정할 수 있다. 이는 고장함수에만 국한되지 않으며 모든 통계분석의 공통적인 사항이다. 그러므로 군은 4차 산업혁명에 적합한 과학적인 분석과 운영을 위해 데이터를 체계적으로 관리하고 축적해야 한다. 군은 이러한 기능을 전담하기 위한 데이터웨어하우스(Data Warehouse) 구축을 고려해야 한다. 본 연구에서는 활용도 높은 데이터웨어하우스 구축을 위해 반영해야 할 내용을 제시했다.

I. 서론

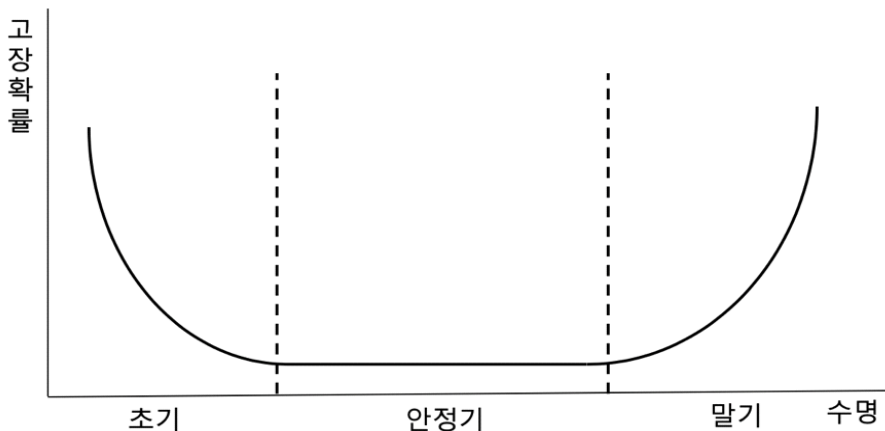
1. 연구배경, 필요성 및 기대효과

2020년 국방부 주요추진 과제 핵심목표 중 하나는 ‘스마트 국방 혁신 강군’이다. 세부 목표에는 4차 산업혁명 기술 적용이 목표로 포함되었다. 상기 목표의 세부 전략 3가지 중 하나로 ‘총 수명주기 개념을 적용한 국방획득 및 운영관리 강화’가 포함되며, 이는 ‘전 무기체계, 주요장비 수명주기 간 효율적 운영관리개념 정착’, ‘수리부속 수요예측 정확도 향상 및 재고자산 감축(머신러닝, 딥러닝 기법 활용, 소요산정 방법 등 개발 및 적용)’을 주요내용으로 다루고 있다. 수명주기 효율적 운영관리와 수요예측 정확도 향상을 위해서는 장비의 특성(고장 특성)을 파악하는 것이 중요하다.

한편, 군은 장비정비정보체계를 이용하여 수리부속의 수량을 예측하고 있다. 장비정비정보체계에서 사용할 수 있는 수리부속 예측 방법은 총 8가지(산술평균법, 이동평균법 등)가 있다. 이 방법들은 적은 양의 데이터로 예측이 가능하다는 장점이 있으나 정확도가 낮다는 단점이 있다. 필요로 하는 데이터의 양이 적다는 것은 4차 산업혁명의 빅데이터 기술을 활용할 수 없음을 의미한다.

민간기업들과 학계에서는 컴퓨팅 능력의 향상에 따라 빅데이터를 활용하고 있다. 관련

논문들이 많이 쏟아져 나오고 있으며, 빅데이터를 활용한 고장 예측방법도 다양하게 개발되고 있다. 이런 방식으로 예측한 고장 특성을 민간기업에서는 실무에 활용하여 비용을 절감하고 운영 효율성을 높이고 있다. 예를 들어, 휴대폰은 제작 후 바로 고객에게 판매되지 않는다. 제작 초반에 발생하는 다량의 고장들을 정비한 후에 고장이 감소하는 안정화 상태에 돌입하면 고객에게 판매된다. 고객이 구매한 휴대폰은 고장이 거의 없이 몇 년간 사용된 후 고장이 잦아진다. 학계에서는 일반적으로 총수명주기간 고장확률의 분포는 <그림 1>과 같은 육조형태를 따른다고 알려져 있다. 휴대폰이 고객에게 판매되는 시점은 초기와 안정기의 구분지점이 된다. 휴대폰의 수명이 다하여 고장이 잦아지는 곳은 말기에 해당한다. 초기와 말기에는 고장이 많으므로 정비를 위한 수리부속을 많이 준비해야 한다. 그러나 현재 군의 예측방법들은 이와 같은 수명주기에 따른 고장확률의 변화를 고려하지 않는다. 따라서, 군에서 고장 특성을 고려한 고장함수를 개발하여 실무에 적용한다면 국방개혁의 주 목표인 국방 운영 효율성을 제고할 수 있을 것이다.



<그림 1> 육조형태의 고장확률분포

고장함수 활용의 구체적 효과를 살펴보면 다음과 같다. 정확도 높은 고장함수가 군의 장비에 적용되면 매년 발생 가능한 고장의 횟수를 예측할 수 있다. 그리고 장비의 정비 정책 결정과 정비 예산의 감축에 활용할 수 있다. 고장 확률이 적은 장비를 실전에 우선 배치하는 전략을 세우는 등의 작전 운용 정책 결정에도 활용할 수 있다. 또한, 고장 횟수를 통해 수리부속의 필요량을 도출할 수 있다. 현재 군에서 적정량의 수리부속을 구매하는 예산이 연 평균 1.21조원인 것을 고려하면, 예산 절감에 큰 효과가 있을 것으로 기대된다. 고장함수를 이용하여 예측정확도를 1% 향상시키면 약 121억원의 수리부속 구매예산이 절감된다고 추정할 수 있다.

2. 연구목표에 따른 연구범위와 방법

앞 절에서 설명한 연구 목적 달성을 위해 본 연구의 연구목표와 연구방법을 살펴보면 다음과 같다.

가. 고장함수 도출을 위한 빅데이터 수집 및 관리방안 제시

본 연구에서는 해군 장비정비정보체계에서 수집한 함정들의 추진용 엔진 고장 데이터들을 분석하였다. 이 과정에서 군사자료는 오래 보관되지 않고 고장함수 추정에 필요한 정보가 충분하지 못함을 파악했다. 또한 현재 군에는 민간 수준의 빅데이터 수집체계가 구축되어 있지 않음을 확인하였다. 이에, 향후 고장함수 추정의 정확도를 향상시키기 위한 군 데이터 활용방안을 제시한다.

나. 국내·외 민간에서 활용하고 있는 예측기법 활용 동향 분석 및 군

적용 방법론 제시

고장함수와 관련된 연구 문헌을 조사하고 현재 사용 중인 예측 기법의 분석을 통해 우리 군 적용 가능성을 판단한다. 본 연구에서는 최근에 작성된 논문들을 중심으로 예측 기법을 조사하고, 군의 데이터 특성을 고려하여 군에 적용 가능 여부를 판단한다. 이를 토대로 군의 고장함수 추정/예측에 적합한 방법론을 제시한다.

다. 실무 활용이 가능한 고장예측 방안 제시(분석 알고리즘 세부 라이브러리와 코드 제시)

수집된 빅데이터를 활용하여 실제 군에 적용할 수 있는 모델을 프로그래밍하는 과정과 함께 소스코드를 제공하여, 향후 군에 실제 적용 시 참고할 수 있는 예시를 제공한다.

II. 고장함수 추정 방법

군에서 활용중인 예측기법은 총 8가지(산술평균법, 이동평균법, 가중이동평균법, 최소자승법, 단순지수평활법, 이중지수평활법, 홀트지수평활법, 윈터지수평활법)이다. 8가지 예측기법은 다양해보이지만, 큰 범주에서 구분하면 산술평균, 이동평균, 지수평활법으로 구분된다. 이들 기법은 적은 양의 데이터를 활용할 때 사용되는 기법이므로 빅데이터 시대에

발전한 컴퓨팅 파워와 분석 기법에 비해 분석결과의 수준이나 적용 분야의 범위 측면에서 상대적으로 한계가 있다. 또한, 과거에는 보안상의 문제로 기초자료의 수집이 어려워 정확도가 낮은 예측 모델을 유지할 수 밖에 없었다. 본 연구에서는 이런 문제를 개선하기 위해 과거에 군에서 사용했던 기법과 더불어 빅데이터 분석기법의 하나인 베이지안 통계와 단계형 분포를 활용하는 방법을 살펴본다.

빅데이터 이전의 전통적인 통계학의 예측기법은 ARIMA, 지수평활(Exponential Smoothing), 주기 및 추세 분할(Seasonal, Trend Decomposition) 등 여러가지 형태로 개발되어 왔다(Hyndan & Athanasopoulo, 2018). 전통적인 통계학에서는 확률분포의 모수를 단일의 상수로 단정지어 생각해왔다. 반면, 베이지안 통계는 모수 자체를 하나의 확률분포로 두며, 사용자의 직관과 같은 추가정보를 활용하여 데이터가 불충분한 경우에도 현실 적합성이 높은 분석이 가능한 방법을 제공한다. 그리고 단계형 분포는 복잡한 현실을 그대로 표현할 수 있는 장점이 있다. 두 방법은 컴퓨팅 파워의 향상으로 비교적 최근에 예측 모델 개발에 많이 활용되고 있는 방법이며 전통적인 예측/분석 기법을 보완할 수 있다.

1. 고장함수 추정 관련 기존 연구 및 사례

일반적으로 고장함수는 앞서 제시한 <그림 1>과 같은 육조모양 형태를 가진다고 알려져 있다. Sherbrooke(2006)은 육조모양 고장 분포 추정을 위해 포아송 확률분포(Poisson Distribution)를 이용한 통계적 분석의 알고리즘으로 컨스트럭티브 알고리즘(Constructive Algorithm)을 제안하였다. 이 알고리즘은 파레토 최적화(Pareto Optimality)를 기반으로 하였으나, 알고리즘의 모수를 추정하는 과정이 복잡하고 까다로워 실무에서 활용가능한 수준으로 일반화하기에는 한계가 있다. Zammori et al.(2020)는 Sherbrooke(2006)의 모수추정 문제를 시간의 흐름에 따라 변하는 와이블 확률분포(Weibull Distribution)의 모수 추정을 통해 해결하고자 하였다. 그러나 컨스트럭티브 알고리즘과 같이 모수 추정의 어려움으로 일반화에 한계가 있음을 스스로 밝힌 바 있다. 군 데이터는 굉장히 많은 종류가 있기 때문에, 일반화가 어려운 모델에 적용하면 데이터 수집/관리가 복잡하여 활용에 한계가 있다.

Wang & Yin(2019)은 와이블 확률분포를 이용하여 육조모양의 형태를 가지는 고장함수의 초기, 안정기, 말기를 구분짓는 지점을 추정하여 각 구간에 해당하는 와이블 확률분포의 모수를 추정하였다. 도출된 와이블 분포를 추세요소로 설정하고, 실제 데이터를

바탕으로 확률적 요소를 ARIMA 기법으로 예측하였다. 두 추정값을 종합하여 총수명주기 고장합수를 도출하였다.

이 외에도 수명주기 고장의 분포를 파악하기 위한 연구가 많이 이루어졌다. Dikis & Lazakis(2019)는 장비의 고장센서의 신호들을 측정하고 각각의 신호들이 실제 고장으로 연결될 확률을 베이지안 네트워크를 활용하여 시계열 예측을 하였다. 이 방법을 활용하기 위해서는 우선적으로 센서의 신호를 전달할 수 있는 장비와 시설이 필요하지만, 설치 비용이 상당하다. 그러나 이는 미래에 우리 군이 나아갈 방향이 될 수 있다. 세부적인 센서 데이터는 고장의 원인을 보다 정확하게 파악할 수 있게 해준다. 이는 머신러닝, 딥러닝으로 이어지는 과정이 되며, 미래에 AI를 활용한 군 장비관리의 기초가 될 수 있다.

Yoo et al.(2019)는 해군함정의 디젤엔진 정비경향 연구시 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 활용하여 고장의 형태와 유사성을 분석하였다. AHP와 코사인 유사도(Cosine Similarity) 분석결과, 해군함정의 디젤엔진은 엔진 사용시간보다 엔진의 도입년도가 유사할수록 정비경향이 유사하다는 것이 입증되었다.

Taylor & Letham(2018)이 개발한 세계적인 SNS기업 Facebook의 프로핏 알고리즘은 시계열 푸리에 분할(Fourier Decomposition) 방법으로 데이터에서 연간, 월간, 주간 등 시계열 주기를 도출한다. 이 주기 요소들을 베이지안 가법(Bayesian Generalized Additive Model)으로 다시 합함으로써 예측을 수행하며, 높은 수준의 정확도를 보인다. 프로핏을 이용한 고장 예측의 사례는 아직 찾아보기 힘들지만 향후 활용 가능성은 높을 것으로 판단된다.

2. 상용화된 예측 기법 민간 활용 사례

국내 대기업들은 기업 나름의 예측 기법을 사용하는 것으로 알려져 있으나 내용과 기법은 기업 비밀사항으로, 확인하는데 한계가 있다. 또한, 알고리즘을 확인한다고 하여도 각 기업별 특화된 알고리즘(기업 특화 파라미터 적용)이어서 완전한 해석에 어려움이 있다. 이에, 군에서 기업의 알고리즘만을 구매하여 활용하는 방식은 한계가 있을 것으로 추정된다. 그럼에도 불구하고 민간기업의 예측 알고리즘을 군에 적용할 수 있는 가능성과 시사점을 파악하기 위하여 조사를 수행했으며, 조사를 통해 2개 업체의 사례를 간접적으로 확인하였다. 이들 기업은 외국계 모기업의 예측 알고리즘을 사용하는 것으로 확인되었다. 본 연구에서는 정보 제공자의 요청에 따라 기업명과 상세 알고리즘은 공개하지 않고 향후 연구 활용을 위해 개요만 제시한다.

패스트푸드 OO기업은 본사에서 제공하는 알고리즘을 온라인 상에 설치하고, 패스트

푸드 판매 데이터를 실시간으로 누적한다. 일별, 주별, 월별로 예측을 하여 매장에 예측 결과를 제공한다. 패스트푸드의 판매량이 주기성이 강하다는 특징이 있으므로 해당 알고리즘은 프로핏과 비슷한 형태의 시계열 알고리즘을 사용하는 것으로 판단된다. 시계열을 바탕으로 예측을 수행한다는 점에서 군에 적용하기에 적합하다. 고장량의 변화나, 수리부속 사용량의 변화를 수명에 따른 시계열 데이터로 구성하면 계절에 따른 수리부속 소모량 변화나 고장량 변화 주기를 확인할 수 있다. 단, 군에 즉시 적용하는 것은 불가능할 것으로 판단된다. 데이터의 주기를 파악하기 위해서는 많은 양의 데이터가 필요한데, 군 데이터는 보안 정책상 장기간 보존되지 않기 때문이다. 민간의 데이터 축적과 같이 군에서도 이와 같은 문제를 수정하여 다량의 데이터를 누적할 수 있다면 주기성을 파악할 수 있게 된다. 주기성을 가진 데이터를 이용하면 군에서도 높은 예측 정확도를 가진 예측 모델을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

조선업체 OO기업은 외국계 본사에서 예측 알고리즘을 구매하여 운용한다. 이 알고리즘은 장비마다 센서를 설치하여 과거의 경보 상황 데이터를 누적하여 학습한다. 장비의 부하 조건이나 주변 조건 등 운영 환경에 따라 예측 모델이 변경되는 형태의 알고리즘이며, 예측값과 실제 운용상의 실측값에 차이가 발생하면 경보를 주도록 설치된다. 그러나 해당 알고리즘은 장비의 타입이나 연식 등에 구애받지 않으며 센서 설치를 기본조건으로 한다는 단점이 있다. 장비 연식을 고려하지 않는다는 특징은 노후로 인한 고장 특징을 고려하지 않는다는 의미이다. 여기에는 알고리즘 자체를 주기적으로 수정해야하는 한계가 있을 수 있다. 또한, 센서 설치를 기본으로 하므로 구형 기계 장비와 같은 경우에는 설치가 제한될 수 있고, 센서 자체의 고장도 염려해야 한다는 한계가 있다. 고장함수가 일반적으로 육조형태를 가진다는 점을 고려하면, 이 방법은 장기 계획을 세우기 위한 고장함수를 도출하는데 적합하지 않다고 판단된다.

상용화된 알고리즘을 이용하여 고장함수를 추정하기 위해서는 공통적으로 다량의 데이터를 필요로 한다. 또한, 주기와 추세를 도출하려면 추정할 주기에 맞는 데이터가 필요하다. 일반적으로 통계학에서는 최소 30개 이상의 데이터가 있을 때 데이터의 분포가 신뢰할 수 있는 수준이라고 판단한다. 월 단위 주기를 알기 위해서는 최소 30개월 이상의 데이터가 필요하고, 연 단위 주기를 알기 위해서는 최소 30년 이상의 데이터가 필요하다. 장비의 센서에서 수집되는 신호 데이터의 경우에는 최소 30회 이상의 경보 데이터가 있어야 해당 경보에 대한 추정을 할 수 있다. 3장에서 자세히 설명하겠지만, 군은 데이터를 장기간 축적하지 않는다. 때문에 상용화된 알고리즘의 적용은 현재 상태에서는 한계가 있다. 이에, 상용화된 알고리즘에 관한 연구에서는 군의 데이터 축적 정책에 대한 고찰이 선행되어야 한다.

3. 베이지안 추정법

본 절에서는 연구에서 활용한 계층형 베이지안 고장함수 추정에 관한 통계 기법과 과정을 설명한다. 베이지안 통계는 사건이 일어날 확률을 수치로 단정하지 않고, 분포로 설명한다. 확률을 분포로써 설명하는 이유는 다음과 같다. 예를 들어, 동전 던지기에 대해서 일반적으로 앞, 뒤가 나올 확률은 각각 0.5라고 알고 있다. 그러나 실제로 동전던지기를 10번 한다면 앞, 뒷면이 5번씩 나올 수도 있지만 앞면만 10번이 나올 수도 있다. 왜냐하면 던지는 상황에 여러 영향 요소들이 추가될 수 있기 때문이다. 모든 영향 요소를 수리적 확률로 표현할 수도 있겠지만, 이는 문제를 복잡하게 만들어 일반적인 해를 산출하기 어렵게 만든다. 베이지안 통계는 실제의 상황을 바탕으로 확률을 추정한다. 베이지안 통계에서는 다른 요소들의 영향보다는 관심있는 사건에만 집중한다. 때문에 실제 동전 던지기를 한 결과 데이터를 바탕으로 확률을 추정한다. 앞면이 9번, 뒷면이 1번 나왔다면 앞면이 나올 확률을 0.9로 추정하므로 베이지안 추정은 실증적인 분포를 추정한다고 할 수 있다.

$$p(\theta | D) = \frac{p(D | \theta) * p(\theta)}{p(D)} \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

베이지안 통계의 기본 수식은 <식 1>과 같다. D 는 데이터(Data)를 의미하며, 증거(Evidence)라고도 한다. θ 는 모수(Parameter)를 의미한다. 베이지안 통계에서는 확률을 분포로 표현하기 때문에 모수의 개념이 포함된다. 모수란, 분포의 모양을 결정하는 일종의 계수이며, 모수의 모양에 따라 확률분포가 결정된다고 할 수 있다. $p(\theta | D)$ 는 사후분포(Posterior)라고 하며, 구하고자 하는 대상이 된다. 데이터 D 가 주어졌을 때 고장이 발생할 확률이다. $p(\theta)$ 는 사전분포(Prior)라고 한다. 베이지안 분석을 수행하기 전, 고장이 나타날 확률을 모를 때 개략적으로 고장분포의 형태를 가정하는 확률분포이다. 함정의 고장 데이터는 함정 고장의 모든 경우를 대변하지 못한다. 때문에 확보한 데이터는 고장이라는 전체 모집단의 표본이다. $p(D)$ 는 모집단에서 데이터가 샘플로 나올 확률이다. $p(D | \theta)$ 는 가능도(Likelihood)라고 하며, 모수가 데이터를 얼마나 설명하는지에 대해 판단하는 요소이다. 정리하면, 본 연구의 베이지안 고장함수 추정 과정은 데이터 D 를 확보하여 고장분포의 형태를 개략적으로 판단($p(\theta)$ 선정)한 후, 고장함수 모델을 구축하여 고장함수($p(\theta | D)$)를 추정하는 순서로 진행된다.

베이지안 추정과정의 가장 큰 장점은 현실을 반영하는데 있다. 앞서 동전던지기 예시의

‘반드시 0.5의 확률로 앞면이 나오지는 않는다’라는 것처럼, 베이지안 추정은 기존의 지식이나 수학적 계산이 아닌 데이터에 의존한다. 베이지안 추론에서는 데이터 외에도 전문가의 직관이나 경험적 판단을 적용할 수 있다. 사전분포는 어떤 형태일 것이라고 모델을 세우기 전에 가정하는 분포이다. 이는 알고자하는 분포인 사후분포와 형태가 같지만은 않다. 즉, 사전분포는 ‘이런 분포이다’라는 것에 대한 가정이다. 사전분포는 모델을 구축하는 사용자가 과거의 경험이나 전문가들의 의견을 통해 정할 수 있다. 데이터의 양이 많아서 분포의 형태를 정확히 알 수 있는 경우가 아니라면, 경험적인 요소가 사전분포를 결정하는데 도움이 될 수 있다. 예를 들면, 과거로부터 고장의 확률은 육조 모양의 형태를 가진다고 알려져 있다. 육조 모양의 형태라는 것은 수식으로 정립되지 않고 개략적인 형태만 알려져 있음을 의미한다. 과거의 연구들이 고장의 분포를 육조모양에 적합(Fitting)하기 위해 와이블이나 포아송 분포를 사용한 예시들을 보면, 경험적인 요소가 모델 구축에 어떤 영향을 미치는지 알 수 있다. 본 연구의 고장함수 구축에도 사전분포 선정을 위해 일반적으로 널리 사용되는 정규분포를 가정하였다.

고장함수를 추정하기 위해서는 가장 먼저 분석 대상 데이터가 있어야 한다. 본 연구에는 해군 함정의 엔진 고장 데이터를 적용한다. 고장 데이터의 특징에 대해서는 3장에서 자세히 설명한다.

해군의 고장 데이터는 베이지안 통계 기법 중 계층형 베이지안(Hierarchical Bayesian) 모델에 적합하였다. 계층형 베이지안이란, <식 1>의 사전분포의 모수(θ)를 상수로 두지 않고 분포로 적합함으로써, 모수를 추정하기 위한 베이지안 기본 수식이 추가되는 것이다. 다시 말하면, 단층형 베이지안에서는 모수가 상수로 결정됨으로 사전분포($p(\theta)$)가 결정되었지만, 계층형 베이지안에서는 $p(\theta)$ 를 설명하기 위해 θ 에 대한 분포($p(\zeta)$)가 추가되어 $\theta = p(p(\zeta))$ 형태의 사전분포가 적용된다. $p(p(\zeta))$ 는 베이지안 기본 수식이 2중으로 들어간 형태이므로 2개의 계층을 가진다고 할 수 있다. 본 연구에서는 해군의 데이터를 3개 계층으로 구성하였다.

계층이 3개가 되는 모델의 수식은 복잡하다. 계층형 모델의 경우 사전분포 중 1개는 반드시 모수를 사용자가 정해야 한다. <식 2>을 보면 그 이유를 알 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \theta_1 &\sim Normal(\theta_2, 1) && \langle \text{식 2} \rangle \\
 \theta_2 &\sim Normal(\theta_3, 1) \\
 \theta_3 &\sim Normal(\alpha, 1) \\
 \alpha &\sim Normal(\mu, 1)
 \end{aligned}$$

〈식 2〉는 3개 계층을 가진 계층형 베이지안 모델의 모수를 간단히 표현한 것이다. 각 θ 의 아래첨자로 붙은 숫자는 계층형 모델의 몇 번째 층에 해당하는 모수인지를 표현한 것이다. 1층의 모수 θ_1 은 정규분포의 형태를 가지며, 이때 정규분포의 모수는 평균 θ_2 와 표준편차 1이다. 마찬가지로 3층에 해당하는 θ_3 까지 표현 가능하다. 여기서, θ_3 의 모수 α 의 분포는 사용자가 모수까지 직접 지정해야 한다. 고장함수의 경우, θ_3 는 가장 상위 층의 모수가 된다. 3장에서 자세히 설명하겠지만, 계층형 모델의 상위층은 해군 엔진 전체의 수명 연차별 고장 평균값에 해당한다. 모수 μ 는 상위층의 수명 연차별 값이 된다. 예를 들어, 계층형 모델에서 1년차에 해당하는 고장의 평균이 10이라면, 사용자는 μ 의 값을 10으로 지정할 수 있다. 수명이 30년인 데이터를 3개 계층을 가진 계층형 모델로 추정하기 위해서는 〈식 2〉과 같은 모델이 30개 필요하게 된다.

계층형 베이지안 모델을 구축하는데 또 하나의 중요한 과정은 사전분포가 어떤 형태의 분포 모양을 가지는지 결정하는 것이다. 〈식 2〉에서는 모든 모수가 정규분포(Normal Distribution)로 가정되었다. 모델의 사전분포를 알기 힘든 경우 일반적으로 정규분포를 가정한다. 이는 베이지안 추정에 관한 과거의 연구에서 경험적으로 얻어진 것으로, 정확하게 가정이라고는 할 수 없다. 베이지안 추정에서는 사전분포의 형태에 따라 모델의 결과가 바뀐다. 따라서, 고품질의 데이터가 충분히 존재한다면 정규분포로 가정하는 것보다는 해당 데이터를 분석하여 도출된 분포를 사용하는 것이 더 정확하다.

계층형 구조의 수식을 구축한 후에는 MCMC(Markov Chain Monte Carlo) Sampling 과정을 수행한다. MCMC Sampling은 사전분포에서 나타날 수 있는 임의의 수치들을 반복적으로 추출하고 베이지안 추정 과정을 통해 사후분포를 도출하는 과정을 반복한다. 도출한 사후분포들의 가능도(Likelihood)를 비교하여, 가장 높은 가능도의 사후분포를 최종 모델로 선택한다. 가능도를 이용하여 최종 모델을 결정하는 방법을 최대 가능도 추정(MLE : Maximum Likelihood Estimation)이라고 한다. MCMC 과정에는 Gibbs Sampling, Metropolis-Hastings, Hamilton Markov Chain 등 많은 통계 기법이 포함된다. 단, 통계기술의 발달로 MCMC Sampling을 프로그래밍에 내장된 함수로 간단히 계산가능하기 때문에 추정 과정에 대한 이해가 없어도 사용 가능하다. 따라서 세부적인 통계기법에 대한 설명은 생략한다. 본 연구에서는 통계언어 Stan에서 제공하는 MCMC 함수를 활용하였다.

4. 단계형 분포를 활용한 추정법

단계형 분포(Phase-type Distribution)에 대한 이해는 마코프체인에서 시작된다. 마코프 체인은 과거 이력과 현재 주어진 상황 하에서, 미래는 과거 이력과 관계없이 현재에만 의존하는 성질(Memoryless Property)을 가진 확률모형이다. 이 중에서 흡수마코프체인은 여러 일시상태를 거쳐 흡수상태로 전이되면 이후 전이를 종료하는 모형이다. 연속시간 흡수마코프체인의 전이율행렬은 다음과 같은 형식으로 나타낼 수 있다.

$$Q = \begin{bmatrix} T & t \\ \mathbf{0} & 0 \end{bmatrix} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

여기서, $\mathbf{0}$ 은 크기가 $(1 \times p)$ 이고 모든 원소가 0인 행벡터이고, 일시상태에서 흡수상태로 전이되는 흡수율 t 는 $t = (t_1, t_2, \dots, t_p)'$ 인 열벡터이다. 일시상태간 전이행렬 T 는 $T = [T_{ij}]$ 인 $(p \times p)$ 행렬이다. 이때 크기가 $(p \times 1)$ 이고 모든 원소가 1인 벡터를 e 라고 하면 연속형 흡수마코프체인에서 행의 합은 0이 되어야 하기 때문에 $t = -Te$ 가 된다. $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_p)$ 인 행벡터는 초기상태확률로 마코프체인의 초기 상태를 나타내는 확률이다. 단계형 분포는 흡수마코프체인에서 초기상태확률 π 와 일시상태 간 전이행렬 T 를 모수로 가지며, $PH(\pi, T)$ 로 표현된다. 이는 초기상태확률 π 와 일시상태 간 전이행렬 T 를 통해 흡수마코프체인을 구성할 수 있기 때문이다. 흡수마코프체인에서 초기 확률에 따라 처음 상태에서 흡수상태로 전이될 때까지 걸린 시간을 확률밀도함수로 나타낸 것이 단계형 분포의 확률밀도함수이며, 다음의 <식 4>와 같이 정의된다. 흡수마코프체인과 단계형 분포에 대한 상세한 내용은 윤봉규(2008)를 참조하기 바란다.

$$f(x) = \pi \cdot \exp(Tx) \cdot a \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

단계형 분포의 모수를 추정하는 방법은 크게 Moment Matching 방법과 EM(Expectation Maximization) 방법이 있다. 본 연구에서 두 가지 방법을 모두 적용하였으며, EM방법은 Asumussen et.al.(1996)이 제시한 EM알고리즘을 사용하였다. 본 연구는 R언어와 Julia 언어를 사용하였으며, 세부 코드는 부록 4에 수록하였다.

이산형 자료의 경우에는 추정과정에서 데이터를 간격(Interval)과 비중(Weight)의 형태로 변환하여 Sample Data를 만든 후 단계형 분포를 추정하면 동일한 형태의 확률밀도함수를

추정할 수 있다. 따라서 단계형 분포는 이산형 데이터와 연속형 데이터 모두 확률밀도함수로 표현할 수 있는 장점이 있다.

EM 알고리즘은 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation, MLE)으로 결측 자료(Missing Data), 삭제된 자료(Censored Data) 등 불완전한 자료가 가지고 있는 정보를 이용하여 완전한 자료를 도출, 모수를 추정하는 알고리즘적 추정 방법(Algorithmic Estimation)이다(최승석·윤봉규, 2010). EM 알고리즘은 기댓값을 구하는 단계(Expectation)와 기댓값을 최대화(Maximization)하는 단계를 반복한다. EM 알고리즘은 주어진 데이터 y 가 연속형 데이터인 경우, 이를 연속형 흡수마코프체인에서 초기상태에서 일시상태를 거쳐 흡수상태로 흡수될 때까지 걸린 시간으로 본다. 여기서 흡수마코프체인의 초기확률(π), 일시상태 전이율행렬(T)을 알면 흡수 시까지 걸린 시간의 확률밀도함수를 알 수 있다. 따라서 처음 임의의 초기확률(π), 일시상태 전이율행렬(T)을 설정하여 그에 따른 기댓값을 구하는 과정인 E-step과, 기댓값에 따라 가능도를 최대화하는 초기확률(π), 일시상태 전이율행렬(T)을 구하는 과정인 M-step을 반복한다. 이후 y 에 적합도를 높일 수 있는 모수의 변화가 더 이상 발생하지 않으면 반복 과정을 중단하고 단계형 분포의 모수 초기확률(π)과 일시상태 전이율행렬(T)을 도출한다.

단계형 분포는 무기억 속성(Memoryless Property)을 가지는 지수분포를 기본으로 한다. 여기에 사용되는 지수분포는 평균에 의해서 분포의 형태가 결정되므로 현실세계의 다양한 현상을 묘사하지 못하는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 Neuts(1989)는 여러 지수분포의 합으로 이루어진 형태의 분포를 제안하였다. 일랑(Erlang)분포와 유사한 단계형 분포는 지수분포의 무기억 속성을 유지하면서, 광범위한 확률적 현상을 표현할 수 있다(최승석·윤봉규, 2010). 이러한 특성에 따른 고장함수 추정은 장비의 고장건수와 시간에 관한 분포를 비교적 간단한 방법으로 추정할 수 있게 하여, 고장함수 추정 연구에 많이 활용되었다. 각 군의 장비는 특성에 따라 계획정비 주기를 결정하여 운용된다. 계획정비 이후 고장이 발생하는 시간을 측정할 수 있고, 이들의 데이터를 이용하면 단계형 분포로 고장함수를 적합시킬 수 있다. 이와 비슷하게 단계형 분포를 고장함수에 적용한 사례가 있었다.

Faddy(1995)는 석탄 분쇄장비(Coal Pulverising)를 대상으로 고장발생을 흡수상태로 설정하고, 고장이 발생할 때까지 걸린 시간을 단계형 분포로 적합(Fitting)하였다. 이로써 고장 발생시간에 대한 고장함수를 추정하였고, 이는 다양한 형태의 분포를 단계형 분포로 적합할 수 있다는 예시가 되었다. 또한, 단계형 분포의 적합과정에서 단계수를 증가시키고 감소시킴에 따라 적합의 효과를 결정할 수 있다는 특성이 확인되었다. 이러한 특성은 다양한

형태로 존재하는 군 데이터에 존재하는 이상치들을 판단하고 제거하는데 활용될 수 있다.

여러 가지 상황변수들이 적용되는 작전 상황에서는 일반적이지 않은 고장이 발생할 수 있다. 이런 현상들은 장비를 대표하는 고장함수 추정에 저해요소로 작용한다. 따라서 이상 현상이 발생한 데이터들을 이상치로 두고 제거하는 데이터 정제 작업은 반드시 필요하다. 단계형 분포에서 단계를 결정하는 작업은 데이터 정제와 더불어 고장함수의 적합성 수준을 결정할 수 있는 기준이 된다.

Kim & Kim(2017)은 고장 이후 복구가 불가능한 시스템의 대체품 대수 결정을 위해 단계형 분포를 활용하였다. 여기서 시스템을 구성하는 서버 장치들은 서로 다르다는 특징을 가지는데, 장치간의 상태전이 형태를 직렬(Series), 병렬(Parallel) 시스템으로 구분하여 각각에 대한 고장함수를 도출하였다. 군 장비는 대부분 고장 발생시에도 정격 성능을 유지하기 위해 서버 시스템을 갖추고 있다. 예를 들어, 전원변환장치는 컨버터 고장시 장비의 전원이 Shut-down 되어 장비 구동이 중지되는 위험한 상황이 발생할 수 있다. 서버 시스템은 이런 상황에서 정격성능을 유지하기 위한 장치이다. 단계형 분포의 구현 과정인 상태전이 행렬(Transition Matrix)에도 이와 같은 시스템의 구조를 반영할 수 있다. 단계형 분포는 장비의 서버 시스템들이 모두 중지될 시간을 추적하므로 모든 상황(장비 구조)을 고려한 고장함수를 추정할 수 있다는 장점이 있다.

Barde et al.(2020)은 Power Transformer 장비의 고장 데이터를 분석하여 고장함수를 산출하였다. 삭제된 자료(Censored or Truncated Data)가 있는 불완전한 관측자료(Incomplete Observation)의 고장분포의 모수를 추정하기 위하여 2단계의 추정과정을 거쳤다. 1단계에서 기존에 정립된 고장분포의 형태를 가정하고, 2단계에서는 1단계의 결과를 활용하여 연속시간 단계형 분포로 추정하는 과정을 거친다.

2단계 모수 추정과정은 모수 추정의 정확도를 향상시킨다. 앞서 언급한 바와 같이 군은 보안 정책으로 인해 군 데이터는 일반적으로 불완전한 형태를 가진다. 따라서 위와 같이 2단계에 걸친 단계형 분포 모수 추정은 보존되지 않은 데이터로 인한 고장함수의 정확도 저하를 방지할 수 있는 방법이 될 수 있다. 군 데이터의 특징은 3장에서 자세히 설명한다.

한편, 해군 함정의 고장/정비체계를 단계형 분포로 분석한 사례로, 고재우·김각규·윤봉규(2013)의 연구가 있다. 해당 연구는 해군 함정의 예약정비시스템의 총비용을 최소화하기 위한 최적의 예약정비 간격을 산출하였다. 해군 함정의 정비관련 시간자료 30여 개를 수집하여 정비단계를 3단계로 나누고, 이를 단계형 분포로 적합하였다. 이때, 지수분포로 적합한 확률밀도함수와 적합도를 비교하여 단계형 분포가 현실 설명력이 우수하고, 응용 가능성이 높음을 입증하였다. 이는 본 연구에서 다루고자 하는 해군 함정 고장데이터의 분포 추정 방법으로 단계형 분포를 적용할 수 있는 근거가 되었다.

본 연구에서는 이상에서 설명한 추정기법의 장·단점 비교를 수행했다. 비교모델로는 ARIMA, 프로핏이 적절하다고 판단하였다. ARIMA는 이동평균법과 자기회귀를 이용하여 높은 정확도를 보이는 수학적 접근방법으로, 현재까지도 경제, 산업 등의 분야에서 활발하게 활용되는 예측기법이며, 고장확률 추정에 사용된 기록도 존재한다. 프로핏은 시계열 분석에 높은 정확도를 보이는 2018년도에 개발된 알고리즘이므로 최신형 알고리즘이라고 할 수 있다. 추가적으로 단계형 분포를 이용하여 고장합수를 추정했지만, 이는 고장발생 시간의 분포를 비교적 간단하게 추정할 수 있는 방법론이다. 하지만 현재 데이터의 비균일적 특징으로 인해 함정 타입별, 함정별 비교가 불가하여 비교모델에서는 제외하였다. 또한, 현재 군에서 사용 중인 이동평균법과 지수평활법은 빅데이터를 활용하지 않는 방법론이므로 비교모델에서 제외하였다. 단, 이들 모델에 해당하는 코드를 부록 1(이동평균 고장합수, 지수평활 고장합수 코드)에 수록하여 관련 연구에 활용될 가능성을 열어두었다.

Ⅲ. 고장합수 추정 및 발전방안

1. 고장합수 추정을 위한 기초 Data 분석

고장합수 추정 대상으로 해군 수상 전투함 추진용 디젤엔진의 고장 데이터를 확보하였다. 총 120여척의 2009~2019년 정비데이터 61,455건을 확보하였다. 정비데이터에는 표준 정비, 비표준정비, 항해 중 긴급고장 정비, 정박 중 고장정비가 포함되어 있다. 표준정비는 고장과 무관하게 계획정비 수행 시 실시하는 정비이므로 고장으로 볼 수 없다. 비표준정비는 표준정비 외에 계획정비 시 수행하는 정비이다. 여기에는 성능저하 부품에 대한 정비나 항해 중 발생하였으나 잔고장에 해당하여 현장 정비로 작전 수행이 가능했던 고장건 등이 포함된다. 비표준 정비는 실제 고장과 고장 직전의 상태(성능저하)가 모두 포함되어 있어 고장정비로 분류하였다. 여기에 항해 중 긴급고장 정비와 정박 중 고장 정비 건수를 합하고 대상 함정들 중 예기치 못한 사고가 발생했던 함정과 데이터 수가 너무 적은 함정은 제외하였다. 최종적으로 총 98척의 함정의 28,013건의 고장 데이터를 분석 대상으로 결정하였다.

함정별 데이터는 수명에 따라 다시 분류했다. 수명에 따른 분류 결과 해군 함정들의 수명은 일반적으로 31년인 것으로 확인되었다. 확보된 데이터를 총 수명 31년으로 두고 각 수명주기에 각 함정별로 데이터가 존재하는 구간을 <그림 2>와 같이 도식화하였다.

2. 베이지안 추정법을 활용한 고장함수 추정

가. 베이지안 추정을 위한 Data 특성 분석

해군의 엔진 데이터에 포함된 정보량은 비균일하다. 비균일한 정보를 가진 데이터를 유사한 구조로 표현할 수 있는 경우 계층형 베이지안 모델을 적용할 수 있다. 이 모델을 적용하면 계층간 정보 공유(Information Pooling)의 특성을 활용할 수 있다(Gelman et al., 2005). 데이터의 특징에 따라 계층을 구분할 수 있다면 계층간의 정보가 풀링되어 정확도 높은 모델을 구축할 수 있다(Gelman et al., 2013; Taieb et al., 2017). 계층형 모델에서는 데이터가 변경되거나 추가되는 경우 모델을 쉽게 업데이트 할 수 있다. 상위 층을 포함한 전체의 모델은 초모수(Hyper-parameter)라는 정보로 저장된다. 계층형 베이지안 모델에서 일부 데이터의 변경시 초모수는 수정되지 않고, 해당 부분의 모수(Parameter)만이 업데이트 된다(Gelman, 2006). 업데이트가 용이하다는 특징은 고장함수를 구축한 후에 추가적인 데이터를 지속적으로 쉽게 적용할 수 있다는 의미가 된다. 다시 말하면, 신규, 퇴역 전력이 지속적으로 발생하는 군의 경우 계층형 베이지안 모델을 사용하면 초모수를 고정시키고, 하위단의 각 전력에 해당하는 데이터만 등록하고 삭제하는 방식으로 고장함수 모델을 지속 업데이트할 수 있다. 따라서 본 연구의 고장함수를 계층형 베이지안 모델로 추정하였다. ‘다’항에서 상세히 설명하겠지만, 본 연구에서 추정한 계층형 베이지안 고장함수의 경우에는 신규 데이터를 반영하기 위해 사전분포를 재추정할 필요가 없다. 그래서 기존 모델에 신규 데이터만 입력하면 최신화된 고장함수를 산출할 수 있다. 예를 들어, 1~10년까지 데이터가 존재하는 s1이라는 함정의 11년차 고장함수를 추정한다면, 먼저 1~10년까지의 데이터를 바탕으로 사전분포를 추정하여 고장함수를 산출한다. 그리고 산출된 모델에 추후 확보된 11년차의 데이터를 입력하는 것으로 고장함수를 최신화할 수 있다. 이 과정에서 고장함수의 형태를 좌우하는 초모수, 모수도 최신화 된다. 이와 유사하게 모델의 수정 절차도 간단하다. 만약 산출된 모델에 9년차 데이터의 오류를 발견한다면, 해당 데이터만 수정하여 개선된 고장함수를 추정할 수 있다. 따라서 본 연구에서 구축된 계층형 베이지안 모델은 수정이 용이한 장점이 있다.

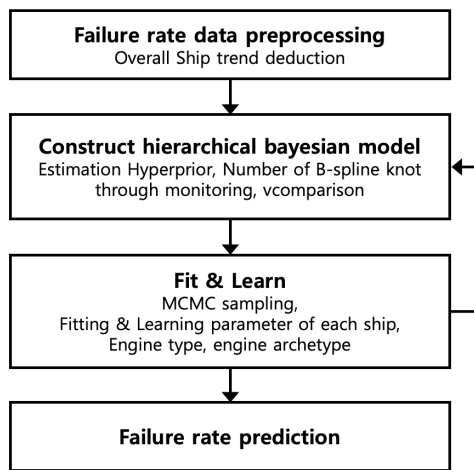
계층형 베이지안 모델에 적용하기 위해 해군 데이터의 비균일적인 특성과 구조적 특성을 확인해야 한다. 비균일성에 관한 특징은 위에서 확인하였다. 구조에 관한 분석 결과 엔진 데이터는 크게 3개 층으로 구분하였다. 3개 층은 각각 ① 엔진들의 공통적인 특성, ② 엔진 타입별 특성, ③ 엔진 고유 특성이다. 예를 들어, s1이란 함정의 엔진은 s1 함정 엔진 고유의 특성을 가진다. 같은 엔진을 쓰는 함정이 모두 같은 고장을 기록하지는 않는다.

모든 조건이 동일하다고 해도 함정의 운용방법에 따른 누적된 피로도나 정비 불완전성의 차이에 따라 고장이 발생하는 정도는 달라질 수 있다. 이해의 편의를 위해 ③, ②, ① 특성 순으로 설명하였다. ③ 엔진 고유의 특성이란, 이와 같이 운용되면서 발생하는 고장의 차이에 해당한다. s1 함정은 t1이라는 함정 타입이다. t1 타입의 엔진은 타입으로 인한 특성을 가진다. s1 함정의 엔진은 함정 타입에 따라 실린더의 수, 출력, RPM 등의 특징이 모두 다르다. 실린더의 수가 많다면 실린더의 고장수도 많을 것으로 추측할 수 있고, RPM이 높다면 엔진 운용 속도의 차이에 따른 피로의 차이로 고장 빈도가 높거나 낮을 수 있다. ② 엔진 타입별 특성이란, 이와 같이 함정 타입 자체로 인한 엔진의 제원에 따라 발생하는 차이라고 할 수 있다. 확보한 데이터에는 총 5개의 타입이 포함되었다. 이들은 모두 해군 함정의 엔진이라는 공통적인 특징을 가진다. 상선 엔진은 속도의 변화가 거의 없이 장거리를 항해하는데 적합한 엔진이고, 어선 엔진은 자주 시동을 꺾다 켜도 바로 작동이 가능해야 하는 엔진이다. 해군의 엔진은 시동을 걸고 바로 움직일 수 있으면서 유사시를 대비하여 일정 시간 이상의 고속 운용이 가능해야 하며, 불가피한 시기에는 엔진의 정보 신호를 차단하면서까지 최대 출력을 유지할 수 있는 엔진이어야 한다. 이와 같이 큰 범주에서 나눌 수 있는 엔진의 용도가 ① 엔진의 공통적인 특성이다. 해군 함정의 엔진은 ① ~ ③의 특성을 모두 가진다. 즉, 모든 함정 엔진을 동일하게 3개의 층으로 구성할 수 있다. ㉠ 확보한 함정(98척)의 데이터를 동일한 구조로 표현 가능하다. 또한 ㉡ 확보한 데이터는 수명 연차별 데이터 수가 균등하지 않다는 비균일성을 가진다. 비균일적 특성에 관해 3장에서 서술하였다. 위 계층적 구조와 비균일적 특징을 고려하여 본 연구의 고장함수 모델에 계층형 베이지안 모델을 적용하였다.

나. 고장함수 추정 절차

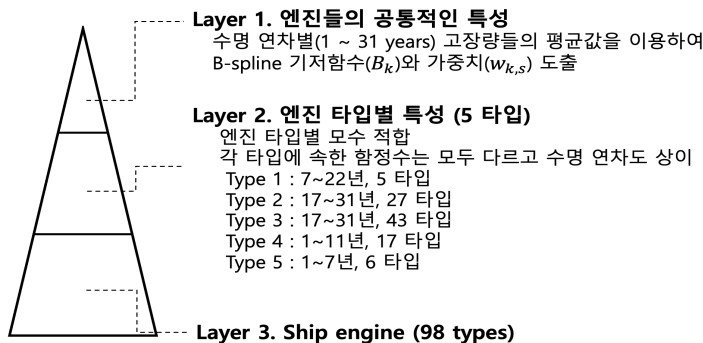
본 절에서는 2.2절의 내용에 따라 고장함수를 추정하는 과정에 대해 기술하였다. 고장함수 추정 순서는 <그림 3>과 같다. 수집된 데이터를 분석하기 위한 형태로 전처리(Failure Rate Data Preprocessing)해야 한다. 수집된 해군의 데이터에서 이상치로 판단되는 값들을 제외하고, 데이터를 수명에 따라 나열하는 과정을 거친다. 수명에 따라 나열하면 해군 함정의 총수명을 추정할 수 있다. 데이터를 엔진의 타입에 따라 분류하여 순서를 나열함으로써 타입별 수명의 위치 분포와 데이터의 개수를 파악할 수 있다. 데이터를 정제하면 개략적인 고장함수의 형태를 추측(Overall Ship Trend Deduction)할 수 있다. 계층형 베이지안 모델을 구축(Construct Bayesian Hierarchical Model)하기 위해서는 먼저, 이산형 데이터인 개략적인 고장함수 형태를 곡선 형태로 변경해야 한다. 본 연구

에서는 B-spline Fitting이라는 곡선 추정 방법을 적용한다. 2.3절의 방법으로 계층형 베이지안 모델에 적용되는 사전분포를 결정하고, 모델의 수식을 작성한다. 작성된 수식을 바탕으로 MCMC Sampling을 수행하여 모델의 모수들을 적합하고 최적의 사후분포를 도출한다(Fit & Learn). 추정된 고장함수의 가능도 수준을 확인하여 적절하지 않다고 판단되면, 계층형 베이지안 모델 구축 과정으로 돌아가 사전분포를 수정하는 작업을 반복한다. 최종적으로 추정된 고장함수를 이용하여 총수명주기의 고장율을 예측하고 과거 모델과의 성능을 비교한다.



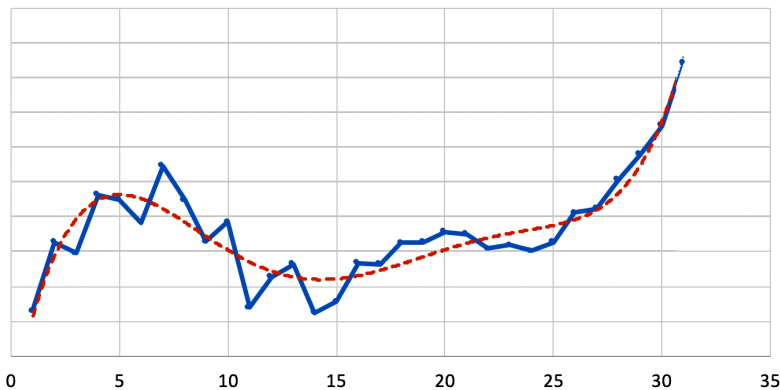
〈그림 3〉 고장함수 추정 과정

3.1절에서 분석한 데이터의 특징을 고려하면, 3개 계층의 구조를 〈그림 4〉와 같이 도식화할 수 있다.



〈그림 4〉 고장 데이터의 계층형 구조

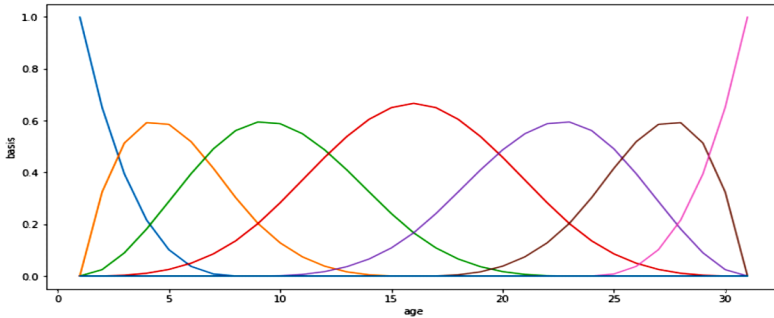
〈그림 4〉에는 각 층의 데이터와 계층형 베이지안 모델에 적용될 파라미터에 대한 개략적인 설명이 포함되어 있다. Layer 1은 함정 엔진 전체에 관한 층이다. Layer 1에서는 총수명 31년동안 각 수명에 해당하는 평균적인 고장량을 확인해야 한다. 함정의 척수와 무관하게 수명 연차별 고장횟수의 평균값을 산출하여 〈그림 5〉과 같이 그래프로 도식화하였다. 〈그림 5〉에서 가로축은 수명을 의미한다. 세로축은 수명에 해당하는 고장횟수이나, 보안상의 문제로 척도는 표기하지 않았다. 실제 분석시에도 고장횟수는 비율조정(Scale)하여 사용하였다. 파랑색 선은 수명 연차별 고장횟수의 변화를 나타낸다. 7년차까지 고장량이 증가추세를 보인 후 감소하였다가, 유지되는 구간을 거친 후 25년차부터 고장량이 급증하였다. 빨강색 선은 추세를 나타낸 것이다. 추세선은 5년까지의 상승구간을 제외하면 학계에서 알려진 바와 같이 욱조모양을 보였다. 1~5년 구간에 고장량이 증가하는 부분은 욱조함수와 다르다. 이 부분은 건조 초기 조선소 하자수리로 군직정비를 실시하지 않은 부분에 해당된다. 확보한 데이터는 군직정비 데이터로, 조선소 하자수리 기록과 건조 시운전 데이터는 전혀 포함되어 있지 않으므로 실제 고장량보다 적게 측정되는 부분이다. 해군은 시운전과 건조 초기 하자수리에 많은 양의 정비를 수행한다. 해당 데이터는 조선소 소유로 확보가 불가능하나, 경험적인 측면에서 보면 초기 부분에 고장량은 상당한 수준이다. 초기 하자수리의 데이터를 확보하여 포함한다면 과거의 연구에서 밝혀진 욱조모양의 형태를 가질 가능성이 클 것으로 판단된다.



〈그림 5〉 수명 연차별 고장 데이터 분포

고장함수의 형태가 직선은 아니라는 사실을 추측할 수 있으므로 비선형회귀분석을 활용하였다. 본 연구에서는 기저함수 추정법(B-spline Fitting)을 적용하였다. 기저함수 추정법에서는 총 수명을 기저함수교점(knot)이라는 기준에 따라 분할하고 각 부분의 기저함수

(Basis Function)와 가중치(Weight)를 도출한다. 여기서 기저함수교점(knot)은 <그림 6>에서 곡선들의 교차점에 해당한다. 기저함수 추정을 적용하면 <그림 6>에서 확인한 수명연차별 고장 데이터에 대한 기저함수와 가중치를 도출할 수 있다. 기저함수와 가중치는 계층형 베이지안 모델 적합시 곡선형태 고장함수 추정의 기준값이 된다. 이는 다음 절에서 자세히 설명한다.



<그림 6> 고장함수의 기저함수(B-spline)

다. 고장함수 모델 구축

3개 계층의 데이터 구성을 바탕으로 베이지안 계층 구조를 적용하였다. 데이터를 적용할 수 있는 통계 모델을 구축하기 위해서는 모델에 해당하는 파라미터들이 있어야 한다. 전통적인 통계학에서는 파라미터를 상수로 취급하였다. 베이지안 통계에서는 파라미터를 분포로 적용한다. 때문에 파라미터의 구간을 시각적으로 확인하기 용이하고 결과분석도 쉽다. 특히 여러개의 파라미터들이 적용되는 계층형 모델의 경우 파라미터들을 상수로 지정하게 되면 각 층간의 정보 교환이 제한된다. 파라미터를 확률분포의 형태로 적용하면서 각 층간의 정보 교환이 원활해지고 데이터의 적합력도 높아지게 된다. 베이지안 통계에서는 사전분포(Prior)를 사전에 가정하고 사후분포(Posterior)를 추출한다. 사후분포 도출을 위해서는 사전분포 외에도 가능도(Likelihood)와 데이터 실제 분포 정보도 필요하다. 그러나 데이터 실제 분포는 쉽게 계산할 수 없다. 단, 데이터 실제 확률분포는 상수값이며, 결국 사후분포는 사전분포와 가능도의 곱에 비례한다는 점에 기인하여 베이지안 통계에서는 MCMC(Markov Chain Monte Carlo) Sampling 기법을 활용한다.

본 연구에서는 계층형 베이지안 모델 구축에 Andrew Gelman(2012)이 개발한 Stan을 사용하였다. Stan은 베이지안 추정에 최적화된 통계언어이다. 특히, 베이지안 추정의 필수 알고리즘은 NUTS(No-U-Turn Sampler)라는 MCMC Sampling의 일종을 적용한다.

이는 WinBUGS, JAGS와 같은 Sampling 기법에 비해 계산 속도가 굉장히 빠르다. 또한, 모델링 중 발생하는 오류에 대해서도 명확한 오류 사유를 제공하므로 베이지안 추정에 유리하다. Stan에 적용된 본 연구의 계층형 베이지안 모델의 수식은 <식 5>와 같고 이에 대한 Stan 코드는 부록 2에 수록하였다.

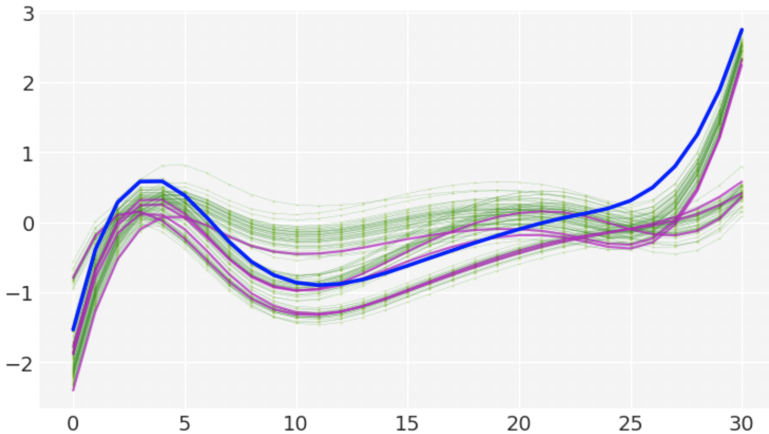
Stan 코드를 활용하여 계층형 베이지안 모델을 <식 5>와 같이 구축하였다. $\bar{\alpha}_0, \bar{w}_0$ 는 계층 모델의 상위층에 해당하는 파라미터이다. $\bar{\alpha}_0$ 에서 1은 <그림 5>의 수명 연차별 데이터 분포를 선형 회귀로 적합하였을 때 산출되는 절편(Intercept)이다. $\bar{\alpha}_0, \bar{w}_0$ 는 <그림 5>의 수명 연차별 데이터를 B-spline 기저함수에 적합하였을 때 추정되는 사후분포의 평균에 해당한다. 중간층의 파라미터인 $\bar{\alpha}_e, \bar{w}_e$ 는 상위층 하이퍼 파라미터를 평균으로 하는 정규 분포를 따른다고 가정한다. 그리고 각 배의 고장함수에 해당하는 하위층은 기저함수 파라미터인 $w_{k,s}, B_k$ 와 중간층인 α_s 의 영향을 받는다. 각 층의 파라미터들은 이와 같이 서로 영향을 주고받게 된다. 이와 같이 계층의 모수들이 서로 연결됨으로써 계층형 모델의 정보 풀링 효과가 나타나게 된다. <식 5>를 부록 2와 같이 Stan 프로그램에 입력하여 MCMC Sampling을 수행하면 고장함수의 사후분포가 도출된다. 수식이 복잡하지만 실제 적용하는 것은 어렵지 않다. <식 5>의 코드는 부록 2에 수록되어 있다. 실무에 계층형 베이지안 모델 적용시 부록 2의 코드를 R 또는 Python에 입력하고 데이터만 업데이트 하는 방식으로 지속적인 운용이 가능하다.

$$\begin{aligned}
 Y_s &\sim Normal(\mu_s, \sigma_y) && \text{<식 5>} \\
 \mu_s &= \alpha_s + \sum_{k=1}^K w_{k,s}, B_k \\
 \alpha_s &\sim Normal(\bar{\alpha}_e, \sigma_\alpha) \\
 w_s &\sim Normal(\bar{w}_e, \sigma_w) \\
 \bar{\alpha}_e &\sim Normal(\bar{\alpha}_0, \sigma_{\bar{\alpha}}) \\
 \bar{w}_e &\sim Normal(\bar{w}_0, \sigma_{\bar{w}}) \\
 \sigma_\alpha &\sim Gamma(10, 10) \\
 \sigma_w &\sim Gamma(10, 10) \\
 \sigma_{\bar{\alpha}} &\sim Expon
 \end{aligned}$$

라. 고장함수 모델 구축 결과 및 성능 확인

계층형 베이지안 고장함수 추정결과는 <그림 7>과 같다. 여기서 파랑색 곡선은 함정

엔진이 가지는 공통적인 특성에 관한 고장함수이다. 이 고장함수는 기존에 운영하지 않았던 새로운 함형의 함정을 도입할 때 사용할 수 있다. 자주색 곡선은 계층의 중간층에 해당하는 함형 타입별 고장함수에 해당한다. 이는 같은 타입의 함정을 장기간에 걸쳐 계속 건조하는 경우에 사용할 수 있다. 마지막으로 초록색 곡선은 모델 구축에 사용된 각 함정들의 고장함수이다. 이 함수는 해당 함정의 고장량을 예측하기 위해 사용할 수 있다.



〈그림 7〉 고장함수 도출 결과

각 고장함수의 적용은 상황별 특징을 다음과 같이 반영했다. 첫번째, FF급 함정의 후속 모델로 FFG가 도입되는 경우이다. FFG는 FF를 대체하기 위해 나온 함정이지만 FF 라고 할 수는 없다. 탑재된 장비들이나 톤수, 도입년도 등 모두 다르기 때문이다. 그러므로 FFG에는 FF에 해당하는 함형 타입의 고장함수를 적용하면 안되며, FFG를 이전에 운영 해본 경험이 없는 신규 전력으로 보아야한다. 이 경우 최상위층의 고장함수를 적용하여, 함정 엔진이라면 가지는 고장의 특성을 반영할 수 있다. 총수명주기간 고장이 얼마나 발생할지 개략적으로 파악할 수 있다. 두 번째, PKG는 2007년경 최초 도입되었고 현재까지 계속 건조중이다. 장기간에 걸쳐 지속적으로 건조하는 함정이므로 해당 타입의 고장함수를 적용할 수 있다. 이미 도입된지 오래된 함정이므로 최상위층의 고장함수를 바탕으로 해당 타입의 고장함수를 도출 가능하다. 운영기간 동안의 데이터와 최상위층으로 도출한 고장함수는 총수명주기의 고장을 예측한다. 즉, 동일한 함형 타입의 함정이 지속 건조되는 경우 과거의 경험으로 산출한 고장함수로 총수명주기간 고장률을 예측할 수 있다. 또, 계층형 베이지안 모델의 초모수와 하위 모수간의 관계를 고려하여, 데이터를 지속적으로 추가하여 고장함수를 정교하게 업데이트 할 수 있다. 마지막으로 PKG 타입의 s1이라는

함정은 2007년에 도입하여 약 15년을 운영하였다. 이 함정의 남은 15년의 고장률을 예측할 때 s1 함정에 해당하는 초록색 고장함수를 활용할 수 있다. 이 함수는 최상위층과 중간층의 초모수들의 영향을 받으면서 최하위층의 데이터에 도출한 모수로 이루어진 고장 함수이다. 다시 말하면 해당 함정의 고유한 고장 특징이 최대한 반영된 고장함수이다. s1 함정은 s1 함정 고유의 고장함수를 이용하여 남은 수명기간 중 고장을 예측할 수 있다.

비교모델의 정확도 측정 척도로는 RMSE(Root Mean Square Error)를 사용하였다 (Hyndman and Koehler, 2006). RMSE 계산 수식은 <식 6>과 같으며, 오차들을 모두 양수로 치환하여 이들의 평균을 구한 것과 같다.

$$RMSE(\theta_1, \theta_2) = \sqrt{E((\theta_1 - \theta_2)^2)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}} \quad \langle \text{식 6} \rangle$$

<식 6>에 따라 계층형 베이지안, ARIMA, 프로핏 모델 및 각 계층별 고장함수의 RMSE를 산출하였으며, 그 결과는 <표 1>과 같다. <표 1>에 제시된 값은 각 계층의 RMSE의 평균값이다. 중위층의 경우 5개의 고장함수가 존재하므로 표의 값은 5개 고장 함수 RMSE의 평균값이다. 하위층은 98척 각 함정 RMSE의 평균이다. 각 계층의 정확도 비교결과 계층형 베이지안 모델이 모든 계층에서 RMSE가 가장 낮으므로 성능이 가장 좋다고 할 수 있다. 계층형 모델은 초모수 공유를 통해 정보를 공유하기 때문에 비교 모델에 비해 많은 양의 정보를 활용하여 예측을 수행한다고 할 수 있다.

<표 1> 계층별 고장함수 RMSE 비교

계 층	계층형 베이지안	ARIMA	Prophet
상위층	1.0349	1.2587	1.0875
중간층	1.0353	1.0894	1.0741
하위층	1.0274	1.1415	1.1421
평 균	1.0325	1.1632	1.1012

3. 단계형 분포를 활용한 고장함수 추정

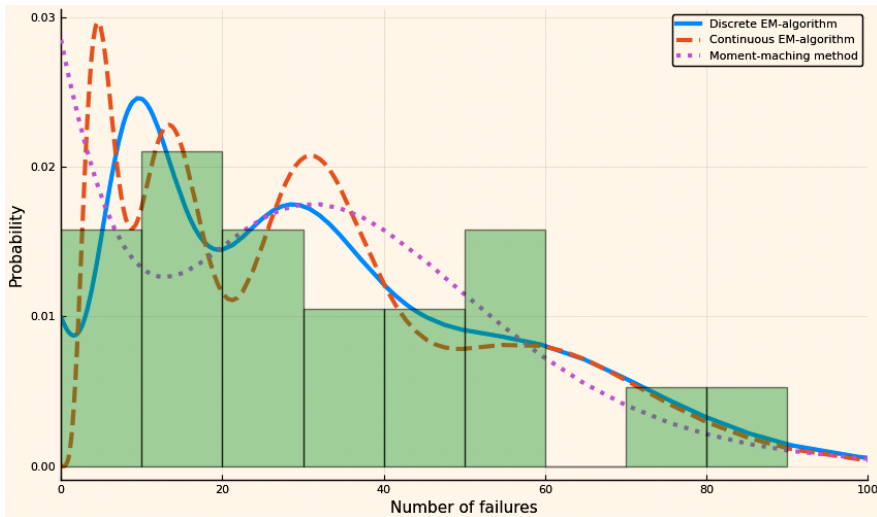
가. 수명 연차별 고장건수에 대한 단계형 분포 추정

본 연구에서는 해군의 전투함 고장분포를 추정하기 위해 2단계에 걸쳐 총수명주기에

대한 고장확률분포를 추정하였다. 단계형 분포는 베이지안 추정법과 달리 데이터가 없는 부분에는 데이터를 생성하여 추정할 수 없다. 따라서 이러한 한계를 극복하기 위해 2번의 분포추정을 실시하였다. 1단계는 세부적으로 2단계의 과정을 거친다. 1-① 각 수명 연차별로 고장건수에 대한 확률분포를 추정하였다. 1-② 수명 연차별 확률분포의 기댓값들을 산출하였다. 이 과정에서 각 수명 데이터에서 부족한 정보를 보완하였다. 2단계는 이 기댓값들을 이용하여 총수명주기(31년)간 고장건수의 분포를 추정하였다.

단계형 분포를 추정하기 위한 방법에는 입력데이터 형태(이산형/연속형)에 따른 EM 알고리즘, Moment-matching 방법을 사용하였다. 계산을 위해 EM 알고리즘은 Julia언어의 EMpht 패키지, Moment-matching은 R언어의 mapfit library를 활용했다. EM 알고리즘은 데이터의 성격에 따라서 연속형일 경우 그대로 데이터를 사용하면 되지만 이산형일 경우에는 간격(Interval)과 비중(Weight)의 형태로 변환하여 샘플 데이터(Sample Data)를 만든 후 사용할 수 있다. 이산형 데이터의 샘플 데이터변환은 Julia언어로 구현한 함수와 EMpht 코드에서 간격 개수(Bin) 설정으로 가능하다. 자세한 방법은 부록 4를 참조바란다. 한편, 단계형 분포 추정을 위해 Julia와 R을 동시에 활용해야 비교나 향후 분석이 용이하다. 따라서 R과 Julia를 연동시켜 EMpht와 mapfit을 연동시켜 활용하는 방법을 부록 3에 제시하였다.

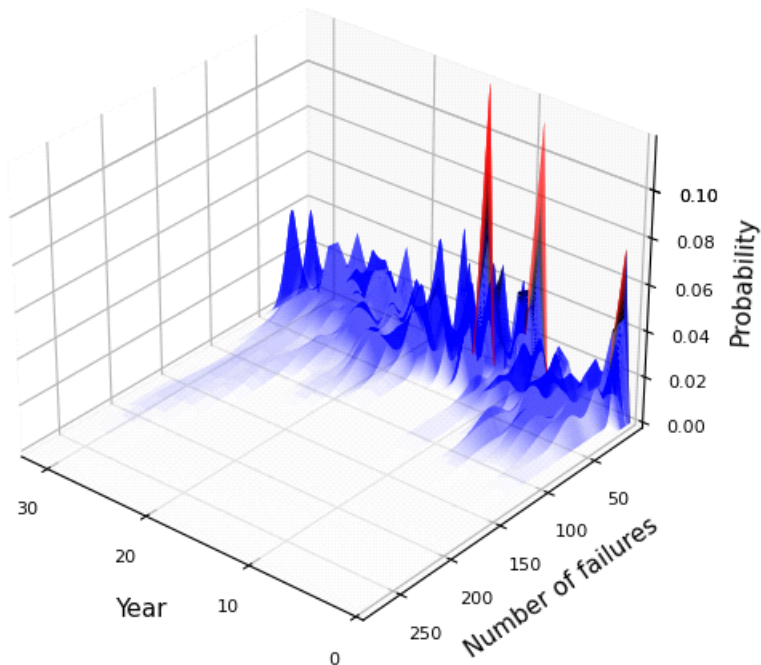
〈그림 8〉은 단계형으로 추정한 3년차 고장함수로, 〈식 4〉를 활용해서 확률밀도함수로 표현한 결과이다.



〈그림 8〉 3년차 함정의 고장건수 분포에 대한 추정결과(1-①단계)

가로축(x축)은 고장발생 건수, 세로축(y축)은 고장 발생확률(밀도)이다. 위에 제시한 3가지 방법(이산/연속형 데이터 입력 EM 알고리즘, Moment-matching 방법)을 모두 사용하였으며 적합도 비교 결과 이산형 데이터 입력 EM 알고리즘이 가장 적합도가 높았다. Moment Matching 적합에서는 고장건수 0~50건 구간에서 시작과 10~20건 구간에서 EM 알고리즘에 비해 낮은 성능을 보였다. 한편, 분포 추정에 사용된 데이터는 이산형 성격을 가진 데이터로 이산형 데이터 입력 EM 알고리즘의 적합도가 연속형 데이터 입력 EM 알고리즘보다 높았다. 특히 데이터의 범위(4~81)가 넓고 개수(19개)가 많지 않은 불완전한 데이터이기 때문에 연속형 데이터 입력 EM 알고리즘 사용시 데이터가 없는 구간에 대해서 과적합이 이루어져서 이산형 데이터 입력 EM 알고리즘에 비해 변화가 심한 형태의 분포를 보여주었다. 따라서 데이터의 성격에 따른 방법의 선택도 중요하지만 데이터의 범위와 개수 등 종합적인 판단을 통해 연속형과 이산형 데이터 입력 EM 알고리즘을 선택하는 것이 중요하다. 그리고 이산형 데이터의 경우에도 샘플 데이터 변환 시 구간(Interval)설정에 대한 고려가 필요하며, 사전에 히스토그램을 통해 샘플 데이터의 적절한 구간 개수(Bin)를 찾아야 한다.

각 수명 연차별 고장건수의 확률밀도함수는 <그림 9>에 제시되어 있다.



<그림 9> 수명 연차별 고장 확률밀도함수(1-①)

〈그림 9〉에서 제시한 1-①에서 산출한 수명 연차별 확률분포들에서 고장건수 기댓값을 산출할 수 있다. 기댓값을 산출하는 방법은 확률밀도함수를 활용하거나, 흡수마코프체인에서 흡수시까지 걸린시간을 산출하는 방법을 통해 구할 수 있으며 흡수마코프체인을 이용하는 방법은 〈식 7〉와 같다.

$$E[x] = \pi \cdot (-T)^{-1} \cdot e \quad \langle \text{식 7} \rangle$$

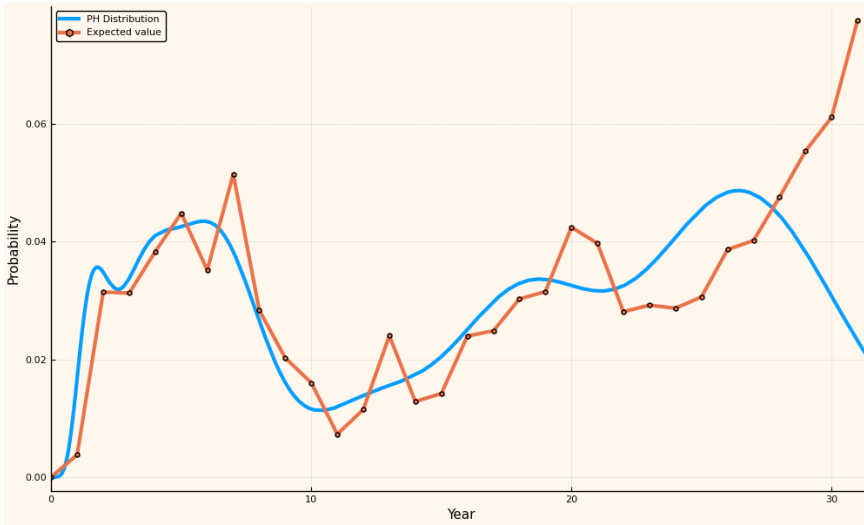
수명 연차별 확률분포의 기댓값은 해당 수명을 대표하는 고장량이 된다. 총수명주기에 대한 대푯값들의 분포를 〈그림 10〉와 같이 추정하였다.



〈그림 10〉 총수명주기간 고장 대푯값의 분포(1-②)

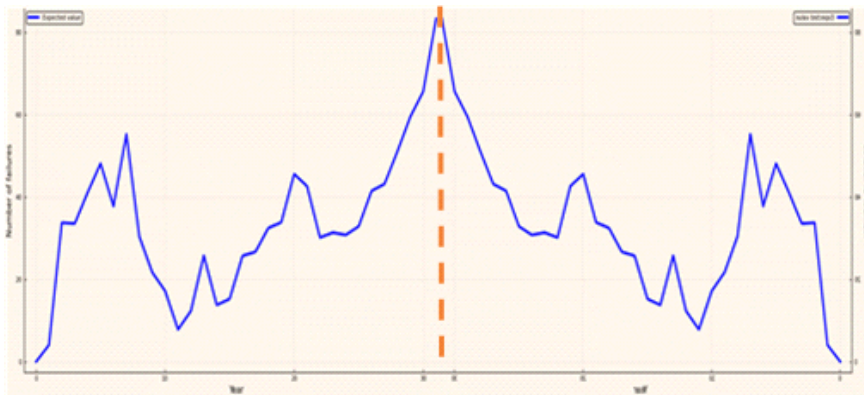
나. 총수명주기간 고장함수 추정

총수명주기간 고장 대푯값의 분포를 이산형 입력데이터 EM 알고리즘으로 〈그림 11〉와 같이 적합하였다. 총수명주기간 고장분포 추정 결과, 그래프의 초반부는 적합도가 높으나, 중반 이후부터는 적합도가 낮아짐을 시각적으로 확인할 수 있다. 이는 긴꼬리를 가지는 지수분포의 특성에서 기인하는 효과이다.



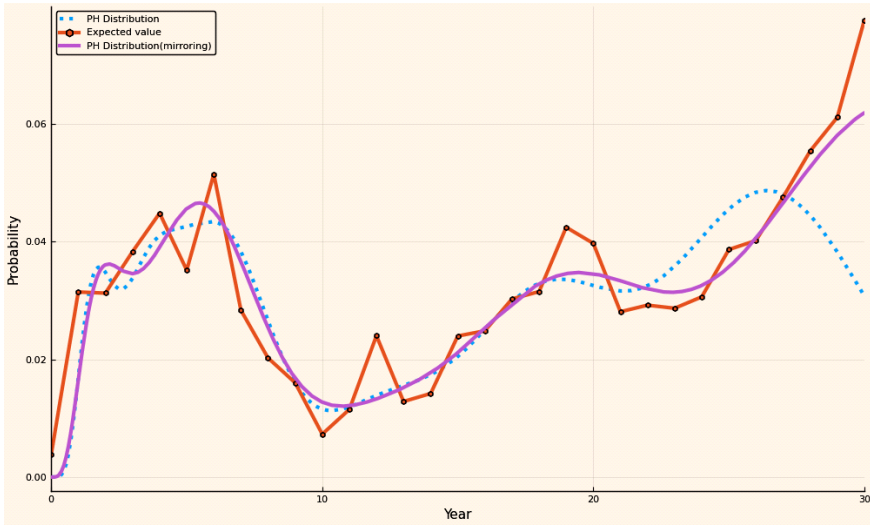
〈그림 11〉 고장분포 추정 결과(1-③)

본 연구에서는 지수분포 긴꼬리 특성의 효과를 완화하기 위한 방법을 고안하였으며 이를 미러링(Mirroring) 기법이라 명명하였다. 미러링 기법은 총수명주기간의 기댓값을 31년차의 y축을 기준으로 선대칭시킨다. 미러링을 통해 31년치의 정보는 〈그림 12〉과 같이 62년치의 정보가 된다.



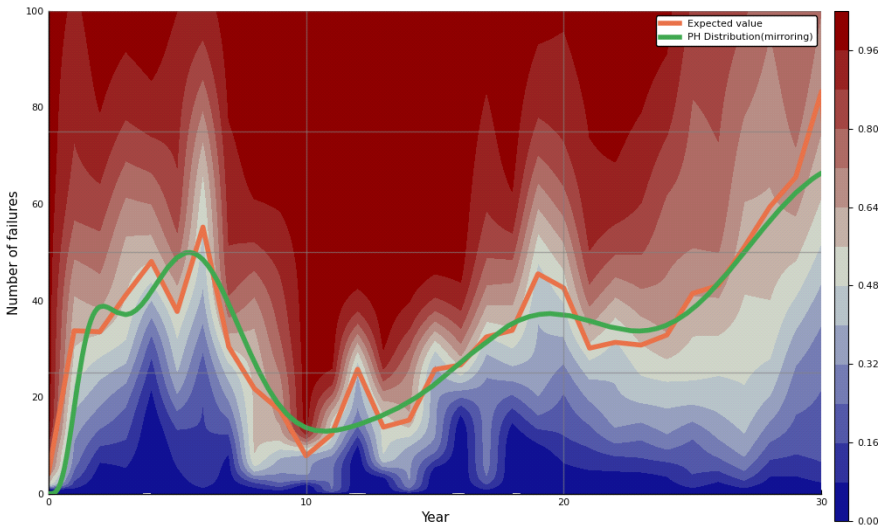
〈그림 12〉 데이터 미러링

이를 이산형 단계형 분포로 적합한 후 필요한 부분인 1년차에서 31년차까지를 절단하는 방법이다. 미러링 기법을 적용한 결과는 〈그림 13〉와 같다.



〈그림 13〉 미러링 기법을 적용하여 도출한 고장함수

〈그림 13〉의 파랑색선과 자주색선은 미러링 기법 적용 전후의 고장함수이다. 긴꼬리 특성 효과로 인해 적합하지 못하던 수명 후반 부분에 대해 보완된 모습을 확인하였다. 추정한 고장함수를 누적분포함수(CDF)로 변환하고, 수명, 고장건수의 데이터를 〈그림 14〉와 같이 도식화하였다.



〈그림 14〉 총수명주기간 고장건수에 대한 누적분포함수

x축은 수명, y축은 고장건수, 고장발생 확률(CDF)은 Color Bar로 표현하였다. 수명 연차별 누적확률이 0.5가 되는 지점과 각 수명 연차별 고장건수 기댓값, 고장함수가 비슷한 형태로 표현되었다. 3가지 확률들은 모두 전반적으로 욕조함수(Bathtub)의 형태를 가진 것을 확인할 수 있다. 수명 초반부터 중반까지는 비교적 분포의 밀도가 높게 나타났다. 반면, 중반 이후부터는 고장건수의 분포(분산)가 점점 넓어짐을 알 수 있다. 즉, 해군 함정은 수명이 오래될수록 고장이 많이 발생하며, 고장예측에 대한 불확실성도 같이 높아진다고 할 수 있다.

베이지안 추정법에서는 불완전한 데이터를 계층으로 나누어 모수를 공유하면서 부족한 데이터를 보충하였다. 따라서 전체 해군 함정의 고장함수와 함정 타입별, 함정 개별 고장함수를 추정할 수 있다. 그러나 단계형 분포는 데이터가 없는 부분에 데이터를 생산할 수 없기 때문에 함정의 타입별, 함정별 고장함수를 추정하는데 한계가 있다. 그러나 <식 4>와 같이 명시적인 형태의 고장함수를 제시하여 추가적인 분석이나 고장 특성 비교에 활용할 수 있는 장점이 있다. 따라서 Data의 불균형을 고려해서 베이지안 추정법만 활용하기 보다는 현 수준에서는 단계형 분포를 보완적으로 활용하고 향후 Data 수집이나 축적을 통해 단계형 분포를 활용할 수 있는 체계를 만드는 것이 필요하다.

4. 고장함수 정확도 향상을 위한 제언(군 데이터 활용 방안)

해군 함정의 엔진고장 데이터를 분석하면서 분석의 가장 큰 문제점은 비균일성과 데이터의 신뢰도였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 베이지안 모델과 단계형 확률분포를 특성을 활용하였다. 두 방법론의 장·단점은 <표 2>에 정리하였다. 결론적으로 베이지안 모형은 비균일적인 불완전한 데이터를 활용하여 전문가 의견을 반영한 고장함수를 추정할 수 있는 기법이기는 하지만 명시적 함수 형태의 분포로 나타낼 수가 없고 사전분포 가정에 따라서 편차가 크며 연산시간이 소요된다는 단점이 있다. 단계형 확률분포 추정법은 이를 보완할 수 있다. 그러나 단계형 분포는 과적합 발생 가능성과 비균일적 데이터에 대한 한계를 보였다. 본 연구에서는 이산형 데이터 입력 EM 알고리즘을 통해 데이터 양의 부족을 해결하기 위한 방안을 제시하기는 했지만 데이터가 존재하지 않는 수명연차에 대해서 이 방법을 확장하기에는 근본적인 문제가 있었다. 따라서 고장함수 추정의 정확도 개선을 위해서는 데이터 수집 단계에서 활용 가능성을 고려하는 것이 필요하며 이에 대해 본 연구에서는 다음과 같은 데이터 축적/수집 관련 개선점을 제안한다.

본 연구에서 활용한 계층형 베이지안 모델은 비균일성 데이터에 적합한 방법이었다. 정보 풀링의 특성은 부족한 데이터를 대신할 수 있는 일부 정보를 추가로 제공하는 것과 같다. 단, 이는 데이터가 적은 경우보다 많은 경우에 더 큰 효과를 보인다. 해군의 데이터 중 특히 말기에는 함정별 고장 발생에 대한 편차가 컸다. 데이터가 충분히 있다면 고장 함수가 보이는 편차들을 줄일 수 있고 정확도 높은 모델을 구축할 수 있다.

〈표 2〉 베이지안 모델과 단계형 확률분포 비교

구 분	베이지안 모델	단계형 확률분포
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 비균일 데이터 보완 가능 • 전문가의 직관 반영 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 명시적 분포 함수로 표현 • 사전분포 가정 필요없음 • 데이터 특성 반영 용이
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 명시적 분포로 표현 불가 • 사전분포에 따른 편차 발생 • 연산시간 소요 	<ul style="list-style-type: none"> • 과적합 발생 가능 • 데이터 비균일성 활용 한계

한편 적은 양의 데이터는 신뢰도 측면에서 문제를 야기할 수 있다. 베이지안 모델의 경우 데이터 양이 적을 경우 사전분포를 정규분포로 가정해야 하는 한계가 있으며, 단계형 확률분포는 사전분포가 필요 없기는 하지만 주어진 데이터가 많을수록 현실 적합도가 높아지는 것은 부정할 수 없다. 데이터의 양이 충분하다면 베이지안 모델에서 정규분포가 아닌 실제 고장발생 분포를 적용할 수 있고, 단계형 확률분포에서는 더 정확도 높은 확률 분포를 추정할 수 있다. 이런 측면에서 일정 수준 이상의 데이터를 확보하는 것은 고장 함수 추정의 기본 요소이다.

데이터를 체계적으로 누적 관리하여 균일한 데이터를 확보하기 위해서는 데이터 웨어하우스를 운영하는 것이 바람직하다. 각 군의 데이터는 국방부 산하의 연구기관에서 데이터 웨어하우스를 통해 체계적으로 관리할 필요가 있다. 한편, 연구기관은 데이터의 누적뿐만 아니라 불필요한 데이터와 필요한 데이터를 구분할 수 있는 능력이 있어야 한다. 군에서 데이터를 수집한다면 수많은 데이터가 수집되고, 종류도 다양하며, 중복되는 데이터도 많을 것이다. 이들 데이터 중 불량데이터를 구분하고 체계적으로 관리하기 위해서는 데이터 분석 전문가가 상존할 수 있는 기관이 필요하다. 예를 들어 본 연구에서 활용된 고장 데이터는 장비정비정보체계의 데이터인데 오기, 누락 등으로 인한 비현실적인 불량 데이터가 상당한 수 포함되어 있었다. 이런 경우, 데이터의 불량여부 식별은 해당 군의 실무 경험자만 식별이 가능하다. 데이터 웨어하우스는 일반적인 사무 부서의 형태가 되어서는 한계가 있으며 각 군의 실무자와 데이터 분석가가 근무해야 하며, 분석된 데이터를 이용하여 군에

활용할 수 있는 방안을 찾는 정책적인 제안을 할 수 있는 연구인원이 포함되어야 한다.

데이터 신뢰도 저하의 원인은 체계의 접근이 제한되고, 공개용 데이터의 양이 매우 부족하다는 것이다. 이는 체계를 통해 얻어지는 데이터를 활용하고, 공유하고, 또 다른 정보가 생성되는데 큰 걸림돌로 여겨진다. 따라서 사용자들은 체계를 통한 정보획득보다는 관련 주관부서의 생성된 자료에 더 많은 신뢰를 보이고 있다. 그리고 아직까지도 수기작성과 체계사용을 병행하고 있다. 이는 체계 사용자 중에서 데이터를 제공하고 저장하는 방법의 접근성이 수기작성에 비해 편의성이 떨어지기 때문이다. 이는 곧 체계에서 데이터 제공자들의 적극적인 참여를 이끌어 낼 수 없으며, 결국엔 체계 내 데이터의 신뢰도에 큰 영향을 미칠 수 있다. 이러한 상황이 지속되면 관련 체계는 사용자들에게 외면을 받을 수 밖에 없다. 따라서 높은 데이터의 신뢰성을 확보하기 위해서는 체계 사용자들의 적극적인 활용을 이끌어내야 한다. 특히 체계를 통해 모두가 쉽게 데이터에 접근할 수 있고 제공 받을 수 있다면, 그 활용범위가 늘어날 것이다. 또한 체계 사용자들의 데이터 활용도와 충성도가 높아지고, 각종 데이터 기록에 적극적으로 참여하는 선순환 구조를 만들 것으로 기대된다. 여기에 데이터가 빠짐없이 축적될 수 있도록 시스템을 구축하는 것이 중요하다.

마지막으로 빅데이터는 스마트폰 위치정보나 카드사 고객의 구매정보와 같이 애초에 분석 목적으로 수집한 데이터가 아니라 활동에 자연스럽게 녹아 있는 데이터이다. 이런 특징으로 인해서 빅데이터는 데이터 수집비용이 거의 발생하지 않으며, 그 결과 대규모 데이터를 적은 비용으로 수집할 수 있다. 이런 맥락에서 빅데이터의 핵심은 저비용의 대용량 데이터를 분석해서 가치를 찾는 과정이라고 할 수 있다. 군에서 빅데이터 활용을 통해 가치를 증대시키기 위해서는 빅데이터의 저비용 데이터 활용이라는 핵심 가치에 대해서 초점을 맞출 필요가 있다. 즉, 빅데이터 분석을 위해서 추가적인 데이터 수집 절차를 만들어 고비용의 데이터를 축적하기 보다는 업무 절차에서 자연스럽게 데이터가 축적되도록 하고, 이를 이용하려는 발상의 전환이 필요하다. 고장함수 추정을 위해서도 업무 절차에 자연스럽게 녹아서 축적되는 데이터를 찾고 이를 분석하는 프로세스 정착시킨다면 많은 양의 저비용 데이터(Cheap Data)에서 높은 수준의 가치(High value)를 창출할 수 있을 것이다.

IV. 결론

본 연구에서는 해군 수상 전투함(98척)의 추진용 디젤엔진의 고장함수를 추정하였다. 고장함수를 추정하는 과정은 기본 데이터의 특성을 분석하고, 이를 최적으로 적합할 수

있는 추정법을 모색 및 적용하는 순서를 따랐다. 먼저, 해군 수상 전투함의 추진용 디젤 엔진의 고장 데이터를 분석한 결과, 군의 데이터 특성상 장기간의 데이터가 축적되어 있지 않고, 정보체계 전환 시 이전 정보체계의 데이터 손실로 비균일한 특성을 가지고 있었다. 고장 데이터의 비균일한 특성을 고려한 고장함수 추정 방법을 찾기 위해 최근 고장예측 동향과 현재 국내 대기업에서 사용하고 있는 상용화된 예측기술, 고장함수에 관한 문헌 연구를 실시하였다. 이를 통해, 계층형 베이지안 모델과 단계형 분포 모델을 고장함수 모델 구축 방법으로 선택하였다. 계층형 베이지안 모델은 계층간 정보 공유 (Information Pooling)의 장점을 가진 모델이다. 특히, 이 모델은 데이터가 특정한 구조를 가지면서 비균일한 특성을 가질 때 적용 가능하다. 반면, 군은 단일 장비를 운용하지 않는다. 예를 들어, 함정을 건조하는데 있어 단일 타입의 함정을 여러 대 건조하는 것과 같다. 공군이 같은 타입의 전투기를 여러 대 동시에 도입하고, 육군이 동일한 전차를 대량 생산하는 것과 같다. 이 때문에 군용 장비들은 개별 장비, 장비의 타입, 전체 장치로 총 3가지 층으로 구조화할 수 있다. 구조화된 데이터는 구조의 각 계층에서 정보가 풀링되어 높은 정확도의 모델을 추정할 수 있게 한다. 계층형 베이지안 고장함수를 추정 하고 모델의 성능 측정을 위해 최신형 알고리즘인 Prophet과 과거로부터 널리 사용되고 고장함수 추정에 활용된 바 있는 ARIMA를 비교모델로 지정하였다. RMSE 비교결과, 계층형 베이지안 모델의 RMSE값이 가장 낮아 고장 함수 추정 방법으로 적합함을 입증하였다. 그러나 베이지안 모델은 일반적인 단일함수에 의한 고장함수 산출이 불가하고, 산출 과정이 복잡하기 때문에 확률분포에 대한 사전지식이 필수적이다. 또한, 한번 구축된 모델은 수정이 어렵고, 데이터의 양이 적어도 연산 시간이 길고 명시적 확률분포를 도출하지 못하는 단점이 있다.

본 연구에서는 베이지안 추정법의 한계를 보완하기 위해 단계형 분포를 활용하여 고장함수를 산출하였다. 단계형 분포는 2단계 추정과정을 거쳐 도출된다. 총수명주기(31년)를 1년 단위로 구분하여 수명 연차별 고장분포를 먼저 추정하였다. 추정한 연단위의 고장 분포에서 기댓값을 산출하고 수명 연차별 기댓값들의 분포를 단계형 분포로 다시 추정함으로써 총수명주기의 고장함수를 추정하였다. 2단계의 추정 방법을 통해서 수명 연차별 고장분포를 추정할 수 있다. 수명, 고장건수, 고장 확률 3차원을 도식화하여 전체적인 고장의 특성을 쉽게 표현할 수 있다. 단계형 분포는 데이터의 형태에 따라 연속/이산형 데이터 입력 EM 알고리즘을 선택해야 한다. 단계형 분포는 어떤 형태의 데이터로 함수 형태의 확률밀도함수로 표현할 수 있으며 확률분포함수(CDF), 기댓값을 모수로 쉽게 산출할 수 있는 장점이 있다. 또한 지수분포와 같은 무기역성(Memoryless Property)을 가지고 있기 때문에 그 활용분야가 매우 넓다. 향후 연구범위를 확장하여 해군 함정과 같은 다양한 체계들의 조합으로 이루어진 시스템을 분석하기 위해 하부 체계들의 고장분포를 3차원

(수명, 고장건수, 확률)으로 분석하여 각 체계별 분석결과를 종합하여 상위 시스템의 고장 분포를 분석할 수 있다. 단계형 분포는 마코프체인에 대한 사전지식만 있으면, 확률분포에 대한 사전 가정없이 비교적 간단한 코드와 패키지로 빠른 연산이 가능하다. 또한 지수분포의 조합을 통해 복잡한 현실세계를 묘사할 수 있어, 그 활용분야가 매우 넓다. 그러나 지수 분포의 조합이기 때문에 극단적인 형태의 데이터나 그래프의 경우 추정이 어려우며, 현재 까지 적정한 단계 수 선정기준이 불명확하다는 한계를 가지므로 두 방법을 상호 보완적으로 활용하는 것이 바람직하다.

〈참고 문헌〉

- 고재우, 김각규, 윤봉규 (2013), “예약도착 대기행렬을 활용한 함정정비 최적 예약시간 산정에 관한 연구”, *한국경영과학회지*, 38(3), 13-22.
- 윤봉규 (2008), “단계형 확률과정과 국방분야 응용 사례”, *군사과학연구 제1권 제1호*, 13-26.
- 윤봉규 (2020), “마코프이론 및 응용”, 국방대학교, 2020년 2월 16일.
- 최승석, 윤봉규 (2010), “EM 알고리즘을 활용한 단계형 고장/서비스 시간분포의 모수 추정”, *군사과학연구 제4권 제2호*, 25-34.
- Abbas, O.M., Mohammed, H.I., Omer,E.A. (2011) “Development of predictive Markov-chain condition-based tractor failure analysis algorithm,” *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, Vol.7 No.1, 52-67.
- Afenyo, M., Khan, F., Veitch, B., & Yang, M. (2017). “Arctic shipping accident scenario analysis using Bayesian Network approach,” *Ocean Engineering*, 133, 224-230.
- Asmussen, S., Olle Nerman, Marita Olsson. (1996) “Fitting Phase-Type Distributions via the EM algorithm,” *Scand J Statist* Vol 23.
- Barragan, J. F., Fontes, C. H., & Embiruçu, M. (2016), “A *wavelet*-based clustering of multivariate time series using a multiscale SPCA approach,” *Computers & Industrial Engineering*, 95, 144-155.
- Carpenter, B., Gelman, A., Hoffman, M., Lee, D., Goodrich, B., Betancourt, M., Brubaker, M. A., Guo, J., Li, P. & Riddell, A. (2017), “Stan: A probabilistic programming language,” *Journal of Statistical Software* 76(1).
- Chang, Y., Zhang, C., Wu, X., Shi, J., Chen, G., Ye, J., ... & Xue, A. (2019), “A Bayesian Network model for risk analysis of deepwater drilling riser fracture failure,” *Ocean Engineering*, 181, 1-12.
- Cleveland, R. B., Cleveland, W. S., McRae, J. E., & Terpenning, I. (1990), “STL: a seasonal-trend decomposition. *Journal of official statistics*,” 6(1), 3-73.
- Dagum, E. B., & Bianconcini, S. (2016), “*Seasonal adjustment methods and real time trend-cycle estimation*,” Springer International Publishing.

- De Gooijer, J. G., & Hyndman, R. J. (2006), "25 years of time series forecasting," *International journal of forecasting*, 22(3), 443-473.
- Dikis, K., & Lazakis, I. (2019), "Dynamic predictive reliability assessment of ship systems," *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*.
- Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., & Rubin, D. B. (2013). "*Bayesian data analysis*. Chapman and Hall/CRC."
- Gelman, A. (2006), "Multilevel (hierarchical) modeling: what it can and cannot do," *Technometrics*, 48(3), 432-435.
- Heungseob Kim, Pansoo Kim. (2016). "Reliability models for a nonrepairable system with heterogeneous components having a phase-type time-to-failure distribution," *Reliability Engineering and System Safety* 159, 37-46.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). "*Forecasting: principles and practice*," OTexts.
- Hyndman, R. J., Ahmed, R. A., Athanasopoulos, G., & Shang, H. L. (2011), "Optimal combination forecasts for hierarchical time series," *Computational Statistics and Data Analysis*, 55(9), 2579-2589.
- Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006), "Another look at measures of forecast accuracy," *International Journal of Forecasting*, 22, 679-688.
- Hyndman, R. J., Koehler, A. B., Snyder, R. D., & Grose, S. (2002), "A state space framework for automatic forecasting using exponential smoothing methods," *International Journal of forecasting*, 18(3), 439-454.
- Khanlarzade, N., Yegane, B., Kamalabadi, I., & Farughi, H. (2014), "Inventory control with deteriorating items: A state-of-the-art literature review," *International journal of industrial engineering computations*, 5(2), 179-198.
- Kuo, R. J., & Li, P. S. (2016). "Taiwanese export trade forecasting using firefly algorithm based K-means algorithm and SVR with wavelet transform," *Computers & Industrial Engineering*, 99, 153-161.
- Mackey, T. B., Barney, J. B., & Dotson, J. P. (2017). "Corporate diversification and the value of individual firms: A Bayesian approach," *Strategic Management Journal*, 38(2), 322-341.
- McElreath, R. (2020). "*Statistical rethinking: A Bayesian course with examples in R and Stan*," CRC press.

- M.J.Faddy.(1995), "Phase-type distributions for failure times," *Mathematical and Computer Modeling*, Volume 22 Issues 10-12, 63-70
- Moon, H-J., Choi, J-W. and Lee, H-S. (2020), Failure prediction in hierarchical equipment system: spline fitting naval ship failure, Stancon 2020 (mc-stan.org)
- Neuts MF. (1989), "Structured Stochastic Matrices of M/G/1 Type and Their Applications," Marcel Dekker, Inc., New York.
- Scheu, M. N., Trempe, L., Smolka, U., Kolios, A., & Brennan, F. (2019). "A systematic Failure Mode Effects and Criticality Analysis for offshore wind turbine systems towards integrated condition based maintenance strategies," *Ocean Engineering*, 176, 118-133.
- Sherbrooke, C. C. (2006). "*Optimal inventory modeling of systems: multi-echelon techniques* (Vol. 72)," Springer Science & Business Media.
- Shor, B., Bafumi, J., Keele, L., & Park, D. (2007), "A Bayesian multilevel modeling approach to time-series cross-sectional data," *Political Analysis*, 15(2), 165-181.
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017), "*Time series analysis and its applications: with R examples*," Springer.
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017), "Time series analysis and its applications: with R examples." Springer.
- Sterman, John D. "Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment," *Management science* 35.3 (1989): 321-339.
- Stephane Barde, Young Myoung Ko, Hayong Shin. (2020). "Fitting discrete phase-type distribution from censored and truncated observations with pre-specified hazard sequence," *Operations Research Letters* 48, 233-239
- Tabandeh, A., & Gardoni, P. (2015), "Empirical Bayes approach for developing hierarchical probabilistic predictive models and its application to the seismic reliability analysis of FRP-retrofitted RC bridges," *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*, 1(2), 04015002.
- Taieb, S. B., Yu, J., Barreto, M. N., & Rajagopal, R. (2017), "Regularization in hierarchical time series forecasting with application to electricity smart meter data," In *Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence*.

- Taylor, S. J., & Letham, B. (2018), "Forecasting at scale," *The American Statistician*, 72(1), 37-45.
- Van der Auweraer, S., & Boute, R. (2019), "Forecasting spare part demand using service maintenance information," *International Journal of Production Economics*, 213, 138-149.
- Vehtari, A., & Lampinen, J. (2002), "Bayesian model assessment and comparison using cross-validation predictive densities," *Neural computation*, 14(10), 2439-2468.
- Vehtari, A., Gelman, A., & Gabry, J. (2017), "Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC," *Statistics and Computing*, 27(5), 1413-1432.
- Wang, J., & Yin, H. (2019), "Failure Rate Prediction Model of Substation Equipment Based on Weibull Distribution and Time Series Analysis," *IEEE Access*, 7, 85298-85309.
- Yoo, J. M., Yoon, S. W., & Lee, S. H. (2019), "SNA-based Trend Analysis of Naval Ship Maintenance," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 24(6), 165-174.
- Zammori, F., Bertolini, M., & Mezzogori, D. (2020), "A constructive algorithm to maximize the useful life of a mechanical system subjected to ageing, with non-resuppliable spares parts," *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 11(1), 17-34.

Appendix 1. 이동평균/지수평활 고장함수 코드

1. 이동평균 고장함수 코드

* 파이썬(Python) 언어를 활용하며, 3이동평균을 기본으로 구현

가. 파이썬 패키지 불러오기

```
%matplotlib inline
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
```

나. Data 로딩

```
failure_df = pd.read_csv('failure_count.csv').set_index('age')
u = np.nanmean(failure_df.values.flatten())
s = np.sqrt(np.nanvar(failure_df.values.flatten()))
failure_df = pd.DataFrame((failure_df - u) / s, index=failure_df.index, columns=failure_df.columns)
```

다. 3이동평균 구현

```
failure_df['avg'] = failure_df.mean(axis=1)
failure_df['MA'] = 0
for i in range(1, failure_df.shape[0]-2):
    if i == 1 :
        failure_df['MA'].loc[1] = failure_df.avg[1]
    elif i == 2 :
        failure_df['MA'].loc[2] = failure_df.avg[1]
    elif i == 3 :
        failure_df['MA'].loc[3] = failure_df.avg[1] + failure_df.avg[2]
    else :
        failure_df['MA'].loc[i+3]= (failure_df.avg[i] +
failure_df.avg[i+1]+failure_df.avg[i+2]) / 3

plt.figure(figsize=(6,4))
plt.plot(failure_df.avg)
plt.plot(failure_df.MA)
plt.show()
```

2. 지수평활 고장함수 코드

* 파이썬(Python) 언어를 활용하며, 평활상수 $\alpha = 0.7$ 기준으로 구현

가. 파이썬 패키지 삽입

```
%matplotlib inline
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
```

나. Data 로딩

```
failure_df = pd.read_csv('failure_count.csv').set_index('age')
u = np.nanmean(failure_df.values.flatten())
s = np.sqrt(np.nanvar(failure_df.values.flatten()))
failure_df = pd.DataFrame((failure_df - u) / s, index=failure_df.index, columns=failure_df.columns)
```

다. 지수평활 고장함수 구현

```
failure_df['avg'] = failure_df.mean(axis=1)
failure_df['ES'] = 0
alpha = 0.7

for i in range(1,31):
    if i == 1:
        failure_df['ES'].loc[1] = failure_df.avg[1]
    else :
        failure_df['ES'].loc[i] = alpha*failure_df.avg[i-1] +
(1-alpha)*failure_df.ES[i-1]

plt.figure(figsize=(6,4))
plt.plot(failure_df.avg)
plt.plot(failure_df.ES)
plt.show()
```

Appendix 2. 계층형 베이지안 고장함수 코드

* 파이썬(Python) 언어를 활용하며, Stan 코드를 포함

1. 파이썬 패키지 불러오기

```
%matplotlib inline
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.preprocessing import PowerTransformer
from pystan import StanModel
from scipy.interpolate import splev
from fbprophet import Prophet
import pmdarima as pm
import itertools
```

2. Data 로딩

```
failure_df = pd.read_csv('failure_count.csv').set_index('age')
u = np.nanmean(failure_df.values.flatten())
s = np.sqrt(np.nanvar(failure_df.values.flatten()))
failure_df = pd.DataFrame((failure_df - u) / s, index=failure_df.index, columns=failure_df.columns)
engine_df = pd.read_csv('engine.csv').set_index('ship')
test_failure_df = pd.read_csv('failure_count_test.csv').set_index('age')
test_failure_df = pd.DataFrame((test_failure_df - u) / s, index=test_failure_df.index,
columns=test_failure_df.columns)
test_engine_df = pd.read_csv('engine_test.csv').set_index('ship')
```

3. B-spline 기저함수 적합

```
degree = 3
knots = np.linspace(1, 31, num=5)
knots_padded = np.concatenate((np.full(degree, 1), knots,
np.full(degree, 31)))
```

```
basis = []
for i in range(knots_padded.shape[0]):
    c = np.zeros(knots_padded.shape[0])
    c[i] = 1
    basis.append(splev(np.arange(1, 32), (knots_padded, c, degree)))
basis_df = pd.DataFrame(basis).transpose().set_index(np.arange(1, 32))
```

4. Stan code 삽입

```
model_code = ""
data {
    int<lower=1> K; // number of knots
    int<lower=1> N; // number of datapoints
    int<lower=1> T; // maximum age
    int<lower=1> S; // number of ships
    int<lower=1> E; // number of engines
    int<lower=1> age[N];
    int<lower=1> ship[N];
    int<lower=1> engine[S];
    matrix[T,K] B;
    vector[N] Y;
}
parameters {
    // first layer
    real mu_alpha_bar;
    real<lower=0> sigma_alpha_bar;
    vector[K] mu_w_bar;
    real<lower=0> sigma_w_bar;

    // second layer
    real alpha_bar[E];
    real<lower=0> sigma_alpha;
    vector[K] w_bar[E];
    real<lower=0> sigma_w;

    // third layer
    real alpha[S];
    vector[K] w[S];
    real<lower=0> sigma_y;
}

transformed parameters {
    vector[N] mu;
    for (n in 1:N) {
```

```

        mu[n] = alpha[ship[n]] + B[age[n]] * w[ship[n]];
    }
}

model {
    mu_alpha_bar ~ normal(0, 1);
    mu_w_bar ~ normal(0, 1);
    sigma_alpha_bar ~ exponential(1);
    sigma_w_bar ~ exponential(1);

    for (e in 1:E) {
        alpha_bar[e] ~ normal(mu_alpha_bar, sigma_alpha_bar);
        w_bar[e] ~ normal(mu_w_bar, sigma_w_bar);
    }
    sigma_alpha ~ gamma(10,10);
    sigma_w ~ gamma(10,10);

    for (s in 1:S) {
        alpha[s] ~ normal(alpha_bar[engine[s]], sigma_alpha);
        w[s] ~ normal(w_bar[engine[s]], sigma_w);
    }
    sigma_y ~ exponential(1);

    Y ~ normal(mu, sigma_y);
}

generated quantities{
    vector[N] log_likelihood;
    for (n in 1:N) {
        log_likelihood[n] = normal_lpdf(Y[n]|mu[n], sigma_y);
    }
}
"""
sm = StanModel(model_code=model_code)

```

5. 데이터 적합(Fitting)

```

K = basis_df.shape[1]
T = 31
S = failure_df.shape[1]
E = np.unique(engine_df['engine']).shape[0]
Y = failure_df.values[~failure_df.isnull()]
age_index, ship_index = np.where(~failure_df.isnull())

```

```

data = {
    'K' : K,
    'N' : failure_df.values[~failure_df.isnull()].shape[0],
    'T' : T,
    'S' : S,
    'E' : E,
    'age': age_index + 1,
    'ship': ship_index + 1,
    'engine': engine_df.loc[failure_df.columns, 'engine'],
    'Y': Y,
    'B': basis_df,
}
fit = sm.sampling(data=data)
fit_df = fit.to_dataframe().mean()
samples = fit.extract()

```

6. 고장함수 도식화

```

alpha = np.array([fit_df[f'alpha[{s+1}]] for s in range(S)])
w = np.array([[fit_df[f'w[{s+1},{k+1}]] for k in range(K)] for s in range(S)])
mu = np.tile(np.expand_dims(alpha, 0), (T, 1)) + basis_df.values @ w.transpose()

alpha_bar = np.array([fit_df[f'alpha_bar[{e+1}]] for e in range(E)])
w_bar = np.array([[fit_df[f'w_bar[{e+1},{k+1}]] for k in range(K)] for e in range(E)])
mu_bar = np.tile(np.expand_dims(alpha_bar, 0), (T, 1)) + basis_df.values @
w_bar.transpose()

mu_alpha_bar = fit_df['mu_alpha_bar']
mu_w_bar = np.array([fit_df[f'mu_w_bar[{k+1}]] for k in range(K)])
mu_zero = np.repeat(mu_alpha_bar, failure_df.shape[0]) +
basis_df.values @ mu_w_bar

fig, ax = plt.subplots(figsize=(10, 6))
ax.set_xlabel('age')
ax.set_ylabel('failures')
ax.scatter(failure_df.index[age_index], Y, color='m', alpha=0.3)
ax.plot(np.arange(1, T + 1), mu, color='g', alpha=0.3, linewidth=0.9)
ax.plot(np.arange(1, T + 1), mu_bar, color='m', alpha=1, linewidth=2)
ax.plot(np.arange(1, T + 1), mu_zero, color='b', alpha=1, linewidth=3)
plt.show()

```

Appendix 3. julia 설치 및 R 연동

* 출처 : 윤봉규, “마크프이론 및 응용” 강의자료(국방대학교, 2020.2.16.)

Julia 설치

가. Julia 설치 전 여러 언어를 동시에 쓸 수 있도록 Jupyter Notebook을 먼저 설치한다. Jupyter Notebook은 R, Python, Julia 언어를 동시에 사용하여 각 언어의 고유 특징과 장점을 동시에 사용할 수 있다.

Jupyter Notebook은 <https://www.anaconda.com/distribution/>에서 설치파일을 다운받아 관리자모드로 실행하여 설치한다..

나. Julia 홈페이지 (<https://julialang.org/downloads/>)에서 운영체제에 맞는 Julia 설치파일을 다운받아서 실행한다.

다. Julia 실행 후 “IJulia” 패키지 설치하여 Julia와 Jupyter Notebook을 연결한다.

```
julia> Pkg.add("IJulia")
```

라. Jupyter Notebook 실행 후 Julia를 옵션으로 새 Notebook을 Julia로 실행한다.

Julia 에서 R 연동

가. RCall 패키지 설치

```
julia> Pkg.add("RCall")
```

나. 홈디렉토리 설정

```
ENV["R_HOME"]="C:\\Program Files\\R\\R-3.6.2"
```

다. 실행파일 경로 설정

```
ENV["PATH"]="C:\\Program Files\\R\\R-3.6.2\\bin"
```

라. Julia에서 R연동 패키지 실행

```
using RCall
```

Julia에서 R 실행

```
R"""  
rnorm(10) # R"""과 """ 사이에 R에서 실행하고자 하는 코드 입력  
"""
```

Appendix 4. 단계형 분포 julia 코드

* Jupyter Notebook을 활용하여, Julia언어 코드를 기준으로 작성

Julia 디렉토리 설정

```
homedir()  
cd(raw"C:\ph")
```

2. 관련 패키지 설치 및 실행

```
Pkg.add("Distributions")  
Pkg.add("DataFrames")  
Pkg.add("EMpht")  
Pkg.add("CSV")  
Pkg.add("RCall")  
Pkg.add("Plots")  
Pkg.add("StatsBase")  
Pkg.add("VMLS")  
Pkg.add("Printf")  
Pkg.add("SparseArrays")  
Pkg.add("LinearAlgebra")  
Pkg.add("QuadGK")  
  
using Distributions, DataFrames, EMpht, CSV, RCall, Plots, StatsBase, VMLS, Printf,  
SparseArrays, LinearAlgebra, QuadGK
```

3. Moment Matching 방법

```
R"""
setwd("c:/ph")          # julia와 동일한 디렉토리 설정

install.packages("pracma") # R패키지 설치
install.packages("tictoc")
install.packages("mapfit")

library(pracma)         # R패키지 실행
library(tictoc)
library(mapfit)

dat = read.csv("A1.csv") # CSV파일 불러오기
temp <- dat
x_range=seq(1,200,0.2)
temp=temp[temp>0]

# moment matching method
x1 <- mean(temp)
x2 <- sum(temp^2)/length(temp)
x3 <- sum(temp^3)/length(temp)
(result1 <- phfit.3mom(x1,x2,x3))
ph.moment(3,result1)
c(x1,x2,x3)

pi_c = result1@alpha    #초기확률
T_c = result1@Q         #일시상태 전이행렬
a_c = result1@xi        #흡수율
pdff <- function(x){   #단계형 분포 확률밀도함수(PDF)
  p_ci%%expm(T_c*x)%%a_c
}
"""
data = @rget temp      #R에서 julia로 데이터 불러오기
```

4. 연속형 입력 데이터 EM 알고리즘

```
data = convert(Array{Float64},data) # data type을 Float로 변환
sample = EMpht.Sample(obs=data)    # 샘플데이터 생성
ph = empht(sample, p=30, ph_structure="CanonicalForm1")
# p : 단계수

ph.π #초기확률
ph.T #일시상태 전이행렬
ph.t #흡수율

function f_c(x) # 확률밀도함수(PDF)
  ph.π*exp(ph.T*x)*ph.t
end
```

5. 이산형 입력 데이터 EM 알고리즘

```

# 데이터를 이산형으로 변환시키기 위한 함수
function bin_observations(data, bins)
    hist = StatsBase.fit(Histogram, data, nbins=bins)
    int = hcat(collect(hist.edges[1][1:end-1]),
              collect(hist.edges[1][2:end]))
    intweight = convert(Array{Float64}, hist.weights)
    return [hist, int, intweight]
end

# 함수 사용 시 변환할 데이터와 bin값 설정
~, int, intweight = bin_observations(data, 10)
s = EMpht.Sample(int=int, intweight=intweight)
ph_D = empht(s, p=PH, ph_structure="CanonicalForm1")

ph_D.π # 초기확률
ph_D.T # 일시상태 전이행렬
ph_D.t # 흡수율

function f_d(x) # 확률밀도함수(PDF)
    ph_D.π'*exp(ph_D.T*x)*ph_D.t
end
    
```

국방물자정보시스템 의사결정지원 체계 구축 방안

항공대학교 교수 **최 동 현**
 항공대학교 박사과정 **김 현 호**
 국방대학교 학위과정 **김 현 배**

- I. 연구개요
- II. 국방물자시스템
- III. 의사 결정 지원 기법
- IV. 군시스템 의사 결정 시스템 적용 방안

요 약

군의 각종 물자 지원 시스템의 의사 결정의 과정이 복잡해지고 의사 결정 주기가 단축됨에 따라 의사 결정의 속도와 정확도를 평가하고 의사 결정을 알고리즘에 따라 내릴 수 있는 시스템의 적용이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재의 국방물자 정보체계의 현황을 검토하고, 국내외 알고리즘의 연구를 통해 추후 적용 가능한 알고리즘을 파악하는데 그 목표가 있다고 하겠다.

이를 위해, 국방의사 결정 시스템의 기존 연구를 검토하였다. 각 군은 다양한 의사결정 시스템을 사용하고 있었으며, 시계열적인 기존의 방식에서 최근에는 데이터마이닝에 기반한 빅데이터 중심의 방법이 정확성이 높은 방법으로 각광 받고 있는 것으로 분석 되었다.

이러한 분석의 대상이 되는 것 중 주요 시스템으로는 국방물자시스템이 있다. 국방물자 시스템(DMIS³⁷⁾)은 국방부 및 각 군 편성부대까지 전 제대에서 수행되는 군수업무에 대한

37) Defense Material Information System

제대별 재고관리 및 물류 운영을 전산화한 체계다. DMIS는 1995년 12월부터 2001년 5월까지 급식(1종), 유지물자(2/4종), 유류(3종), 의무물자 및 의무장비(8종)등 5가지 종의 보급물자관리를 위해 개발되었다. 체계의 기능에는 보급주기(소요, 획득, 분배, 저장, 소모 처리)에 맞춰 14대 업무기능³⁸⁾이 있다. 이 시스템을 현재는 국방부를 비롯한 전 군이 사용하고 있다. 이러한 시스템은 그 범위가 포괄적이어서 그 복잡성이 매우 높다고 하겠다. 포함되는 종류 및 재고 및 수요의 패턴이 모두 다르기 때문에 일정한 수요 예측 방법이 아닌 각 패턴의 학습을 통한 수요 예측 방법이 적합하다 하겠다. 이를 위해 적용 가능한 수요 예측 기법을 분석 및 구분하였다.

I. 연구개요

1. 연구배경

가. 현재 군은 국방물자 정보체계 관리를 위한 시스템을 운영하기 위해 많은 연구를 진행하고 있으며, 데이터의 효과적인 이용을 위해 국방 빅데이터 센터의 설립 등 다양한 시도를 하고 있다. 특히, 군의 데이터 활용 개념 확장 및 관련 기술 발달에 따라 이에 대한 의사결정 시스템에 대한 수요는 더욱 증대될 것이라 판단된다. 이에 따라 데이터의 활용도가 높아지고 국방물자의 효율적인 운용시스템 구축을 통한 의사 결정지원 시스템의 구축이 필요함 시점이라 판단된다. 특히 국방물자는 그 종류가 매우 다양하며, 수요의 패턴이 다양하여 경험만에 의한 의사결정보다는 의사 결정 지원 시스템의 구축이 적합하기에 그 중요성이 더욱 강조되고 있다.

나. 현재 의사결정 시스템은 매우 빠르게 변화하고 발전하고 있으며, 그에 따라 변동되는 활용방안 및 적용에는 많은 검토가 필요할 것으로 예측된다. 이를 위해 빅 데이터를 보유하고 있는 국방물자 지원시스템을 빅데이터 분석 기법을 활용하여 분석할 수 있도록 발전된 다양한 수요예측 및 알고리즘을 활용한 수요예측 기법의 검토와 특징 파악이 필요함하다. 이를 통해 특성별 구분을 통한 알고리즘에 대한 검토가 요구된다.

38) 목록, 규격, 소요기준, 계획예산, 조달획득, 자금관리, 재산관리, 수불관리, 수송관리, 창고안전, 검사시험, 정비관리, 소모처리, 지휘평가

2. 연구목표

- 가. 국내·외 의사결정 지원 알고리즘 검토
- 나. 국방물자의 분류체계 분석 및 특징 분류
- 다. 추후 국방자원의 수요 예측에 적용 가능한 알고리즘 검토

II. 국방물자시스템

2.1. 국방물자시스템 관련 선행연구

국방물자시스템이 개발된 후 시스템 분석 및 효율성 등 관련된 이슈에 대해 많은 연구가 이뤄졌다. 이보령(2003)은 2002년 CALS³⁹⁾ 개념의 국방물자시스템 구축으로 얻을 수 있는 성과와 그 효율적 운용방안에 대해 연구하였다. 해당 연구에서는 국방물자시스템의 도입으로 인해 청구, 저장, 분배, 통제 등 보급업무를 종합적으로 관리할 수 있음을 밝혔다. 이러한 시스템의 적용으로 인해 경제성, 적시성, 능률성이 향상됨을 보였다. 이로 인해 개선점을 4가지로 요약하면 ① 전군에서 사용하고 있는 부대 및 물자를 지원하고 있는 부대 사이의 상호지원 가능, ② 전군 상호 물자지원 가능, ③ 모든 가용 재산의 가시화, ④ 전군 가용 재산의 가시화로 구분하였다. 동시에 이러 국방물자시스템의 개발 체계적이고 정상적으로 가동되기 위해 주요한 세가지 사안을 도출하였다. 첫째, DB구축 및 가시화이다. 이를 위해서는 군 물자업무의 기초단위인 중대~대대급에서 정확하게 인가를 산정하고 동일한 유형의 부대별로 재산을 표준화하여 데이터 활용이 가능할 수 있도록 구축하여야 함을 강조하였다. 둘째, 전문인력 획득이다. 국방물자시스템을 정상 운용하기 위해 편성부대까지 전산특기병 및 전문 군무원의 도입을 지적하였다. 셋째, 청구/할당보급 제도의 문제점을 보완할 수 있는 통합청구보급제도를 도입해야 함을 강조하였다.

이동진(2004)은 국방물자시스템을 분석하여 차후 군 보급조직의 정보시스템 구축 시 필요한 성공요인을 분석하였다. 성공요인에는 ① 외부(민간)

파트너십, ② 군 내부의 철저한 계획수립과 군의 조직적 특성에 대한 이해, ③ 정보활용과 보안통제의 적절한 합의점 도출 등으로 분석되었다.

39) CALS(Commerce At Light Speed) : 상품의 라이프사이클 정보를 디지털화하여 경영에 활용하는 기업간 정보시스템

이에 반해 국방물자시스템의 미진한 부분과 보완점에 대한 연구도 다수 진행되었다. 최종근 등(2002)은 국방물자시스템이 통합된 군수정보체계의 구축을 위하여 보급과 관련된 업무절차의 정립과 방대한 체계에 대한 통합을 최초로 시도하였지만, 인프라를 고려하지 않은 네트워크 및 서버의 설계, 제대별 임무 및 기능보다는 지휘관을 위한 시스템 설계, 전반적인 전략마인드가 부족한 상태에서의 사업 추진으로 사용자의 만족을 주지 못함을 밝혔다. 이를 개선하기 위해 Web/Grid를 기반하여 업체에서 전투부대 전반의 공급사슬을 통합 관리하여 각 군수기능별 시스템의 전사적 통합관리 시스템을 구축을 통한 실시간 동기화를 강조하였다.

조철희(2005)의 연구에서는 국방물자시스템에서 드러난 여러 가지 단점(다단계/수직적 업무프로세스의 미개선, 단위부대의 소요 청구 주기의 불안정성, 협소한 네트워크 밴드폭, 의사결정 지원을 위한 DB 구축 미흡, 군수업무 정보의 비동기화 등)에 따라 실시간 군수 정보 처리가 어려운 현실을 개선하여 web 기반의 군수통합정보체계 구축하여 공급체인 통합정보화를 이루어야 한다고 주장하였다.

김동주(2007)는 미래 전장환경 및 전쟁양상에 따라 미래 군수분야의 요구능력을 구현하기 위한 방법으로 One-Stop⁴⁰⁾ 지원체계의 모델을 군수지원 방안으로 제시하고 이를 위해 자동식별기술(AIT)⁴¹⁾, 총 자산 가시화, 자산의 신속한 관리, 이동자산 가시화(ITV)가 필요하다고 주장하였다. 김동주의 연구는 지금까지 국방물자시스템에서 강조한 전반적인 자산의 가시화 외에 이를 구현하기 위한 구체적인 방법(RFID, MTS, 군수위치보고체계 등)을 제시했다는 것에 의미가 있다.

우훈식 등(2009)은 국방물자시스템의 단점인 비효율적인 업무프로세스, 네트워크 불안, 군수업무의 표준화 및 정보의 미흡, DB 구축 미흡을 보완하기 위해 대안체계를 제안하였다. 이러한 방안은 국방물자

시스템과 달리 단위부대에서 편성부대에 이르는 부문의 정보화, 인터넷 기반 DB 및 E-business 기술환경에서의 호환성, 수불관리와 지휘평가에 대한 동기화 구현 등 3가지의 특징을 가지고 있다.

국방물자시스템 성능개선 이후 수행된 평가에서 ① 국가 예산회계제도 변경에 맞춘 회계지원 시스템, ② 서버 통합 인프라, ③ 지휘정보의 3가지 항목을 평가하였다 (조성림 등, 2012).

평가결과 서버통합으로 운영유지비용 절감, 재정정보시스템과의 업무효율 증가, 결산

40) 고객이 단 한번(One-Stop)의 요청으로 구매 또는 서비스를 받을 수 있도록 하기 위하여 관련 업무 프로세스의 개선, 필요 정보시스템 도입 등을 통하여 추진된 대 고객 전략

41) 총 자산 가시화를 구현하기 위하여 자산에 관한 원천정보를 빠르고 정확하게 획득(Capture), 저장(retain) 하기 위하여 사용되는 일련의 장치(device) 들을 총괄적으로 지칭하는 기술

업무에 대한 정보화로 향후 10년간의 누적편익이 총비용의 27.2배가 발생할 것임을 밝혔다. 또한, 서버통합으로 서버패치에 소요되는 시간이 99.83% 단축되며 신 회계제도를 반영한 재정정보시스템과의 연계를 통해 투명한 재정의 운영을 통해 신뢰성이 향상됨을 보였다.

최근에 인공지능에 대한 발전으로 ATC-R 인지 아키텍처⁴²⁾로 국방물자시스템의 개선 사항을 도출하였다 (김한수, 2018). 해당 연구에서를 통해 국방물자

시스템은 정보저장 및 기억 배출과 관계되는 선언적 모듈이 높은 것으로 보아 작업자로 하여금 작업 수행 시 기억해야 할 것들이 많아 학습용이성 및 기억용이성이 떨어지며 입력이 필요한 부분이 다수 존재하여 전체적인 수행 시간이 상대적으로 길어졌기 때문에 효율성이 떨어질 수 있음을 보였다. 이에 선언적 지식의 사용을 줄이기 위해 청구화면의 직관적인 디자인 표현, 인터페이스 상의 개선을 제안하였다.

국방물자시스템의 개발 전부터 현재에 이르기까지 미래 전장 및 작전환경에 맞는 군수 지원을 위한 체계 개발에 관한 많은 연구들이 이뤄졌다. 그러나 이 연구들은 전장가시화, 체계 사용의 용이성을 증점으로 이뤄졌고, 아직 경제적인 군수품 조달 및 관리를 위한 사용자의 청구를 기반으로 한 수요예측에 관련한 연구는 이뤄지지 않았다.

2.2. 국방 의사 결정(수요예측 중심)

우리 군의 수요예측에 관한 연구는 주로 수리부속에 대해 이뤄졌다. 우리 군의 수리 부속은 약 72만 종으로 방대하며 국방예산의 3% (1.3조원)을 차지하나 예측정확도가 낮아 (2019년 기준 품목기준 약 70%, 수량기준 60%) 많은 예산이 낭비되고 있는 상황이기 때문이다 (김형태 등, 2019). 현재 각 군에서 사용 중인 수요예측 적용기법은 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 각 군의 수요예측 적용기법

군	적용 기법	판단방법
육군	<ul style="list-style-type: none"> • 산술평균법 • 이동평균법 • 최소자승법 	회귀식 기울기와 편차율을 프로그램이 자체로 제안 후 품목관리자가 수정
해군	<ul style="list-style-type: none"> • 산술평균법 • 이동평균법 • 최소자승법 • 가중이동평균법 • 단순지수평활법 	전 기법을 적용 후 품목 관리자 결정

42) 인공지능 분야에서 많이 사용되고 있는 common lisp 프로그래밍 언어로 작성된 것으로 외형적으로는 텍스트 기반 프로그래밍 언어의 형태로 되어 있다.

군	적용 기법	판단방법
	<ul style="list-style-type: none"> • 이중지수평활법 • 홀트지수평활법 • 원터지수평활법 	
공군	<ul style="list-style-type: none"> • 가중이동평균법 • 선형이동평균법 • 추세분석법 • 단순지수평활법 • 선형지수평활법 	과년도 수요예측 후 실제 수요와 비교하여 정확도가 높은 기법 사용

수요예측의 정확도를 높인다면 많은 예산낭비를 예방할 수 있다. 수리부속 수요예측에 관한 연구는 주로 기존 각 군에서 사용 중인 수요예측 방법과 연구에서 제안하는 방법에 대해 수요예측 정확도를 비교하는 방식으로 수행되었다. 선미선 등(2009)은 해군의 수리부속을 대상으로 최적의 수요예측 방법을 연구하였다. 해군은 산술평균법, 이동평균법⁴³⁾, 최소자승법의 세 가지 기법을 수요예측에 사용하는데 각 품목의 수요의 패턴과 특징에 따라 각각 적합한 수요예측 기법을 적용한다고 하였다. 산술평균법은 연간 수요가 대체적으로 변화가 적거나 그 패턴의 특성을 파악하기 어려운 경우에 그 추세를 도출하기 어려운 경우 사용한다. 이동평균법은 수요가 감소하는 패턴인 경우에 많이 사용하며, 최소자승법은 수요 변화의 패턴이 증가인 경우에 많이 활용한다. 이 연구에서는 수량 및 단가의 품목특성을 이용해 수리부속 품목그룹을 나누고 각 품목 그룹별로 예측정확도가 높은 기법을 선정하여 수요예측을 시행하는 방법을 제안하였다. 품목별 특성을 반영하여 적용하였을 경우에 품목 기준으로는 그 정확성이 79%이며 수량 기준으로는 72%의 정확도를 보였다. 이는 현행 해군 군수사에서 시행 중인 기법에 비해 품목 기준으로는 약 10%, 수량 기준 약 30% 높아진 수치가 도출되었다.

오병훈(2017)은 수요의 발생이 드문 경우가 빈번하고 수요 발생 간격이 불규칙한 수요인 수리부속의 간헐적 수요예측에 순환신경망을 비롯한 딥러닝 알고리즘을 적용시켜 보고 성능을 검증하였다.

최근에는 데이터마이닝과 기존 수요예측 기법에 관해 비교하는 연구가 수행되었다. 김재동 등(2017)은 공군 항공기의 5개년의 수리부속 수요데이터를 분석하여 기존 시계열 기법과 데이터마이닝 예측모형의 수요예측 정확도를 비교하였다. 그 결과 데이터마이닝의 수요예측 정확도가 더 우수한 것으로 나타났고 이를 이용한 수요예측 모델을 제안하였다.

김재동 등(2019)은 육군 특정 대공장비 수리부속의 수요예측에 대해 기존 시계열 기법보다 데이터 마이닝 기반의 수요예측 기법이 더 향상된 정확도를 보임을 증명하였다.

43) 해군의 이동평균법은 가중이동평균법의 일종이며, 육군과는 다른 연도별 가중치를 사용

김형태 등(2019)은 ATCMS⁴⁴⁾, K-9자주포, ARTHUR-K 등 3개 장비에 대해 수리부속 데이터 수집을 통해 시계열 및 데이터마이닝 예측모형을 비교분석 하였다. 그 결과 현재 육군에서 운용 중인 시계열 예측모형에 비해 소모개수, 표준단가 등 다양한 변수를 활용하는 데이터마이닝 예측모형의 성능이 더 우수하며 그중에서 Random Forest 모형의 성능이 우수하다고 하였다.

지금까지의 연구를 정리하면 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 군 수요예측 연구

연구자	분석대상	분석방법 / 결과
선미선 등 (2009)	해군 수리부속 (45,557종)	<ul style="list-style-type: none"> · 방법 : 기존 해군 수요예측 방법과 수량·단가를 고려한 품목그룹(9가지)의 최적 예측기법 조합과의 품목/수량 수요예측 정확도 비교 · 결과 : 품목그룹 최적 예측기법 조합을 사용 시 기존 수요예측 방법보다 품목기준 약 10%, 수량기준 30% 예측정확도 증가 * 기존방법 : 산술평균법, 이동평균법, 최소자승법 기법조합 방법 : 산술평균법, 이동평균법, 가중이동 평균법, 최소자승법, 단순지수평활법, 이중지수평활법, 추세보정지수평활법, 홀트-윈터스지수평활법 중 품목그룹에 최적인 예측기법을 선정하여 조합 후 종합적으로 수요정확도 예측
오병훈 (2017)	해군 수리부속 간헐적 수요품목 (16,848품목)	<ul style="list-style-type: none"> · 방법 : 딥러닝 알고리즘(MLP, RNN, LSTM, GRU)의 간헐적 품목의 수요예측 정확도 측정 * RMSE(Root Mean Square Error)와 MAE(Mean Absolute Error)를 사용 품목들의 예측오차 평균을 비교 * MLP : Multi-Layer Perception, 다층 퍼셉트론 RNN : Recurrent Neural Network, 순환 신경망 LSTM : Long-Short Term Memory, 장단기 기억 메모리 GRU : Gated Recurrent Unit, 게이트 된 순환 유닛 · 결과 : LSTM이 다른 알고리즘보다 RMSE는 2.7~5.4%, MAE는 2.2~7.8%더 낮은 수치를 보임. 간헐적 수요 측면에서 LSTM의 성능의 우수성을 증명
김재동 등 (2017)	공군 수리부속 (18,476품목)	<ul style="list-style-type: none"> · 방법 : 기본 시계열 기법과 데이터마이닝(DT, BN, ANN, CVR)의 수요예측 정확도 측정 및 비교 * DT : Decision Tree BN : Bayesian Network ANN : Artificial Neural Network CVR : Core Vector Regression · 결과 : 기존 시계열 기법의 정확도(64.4%)에 비해 데이터마이닝 기법의 DT(80.6152%), ANN(70.97344%), CVR(77.93638%)이 더 정확한 수요예측 정확도를 보였다. 특히, DT는 그 중 가장 우수한 예측능력을 보임

44) ATCMS(Army TACTical Missile System) : 육군 전술 유도탄 체계

연구자	분석대상	분석방법 / 결과																											
김재동 등 (2019)	육군 대공장비 수리부속 (1,014품목)	<ul style="list-style-type: none"> · 방법 : 시계열 기법과 데이터마이닝(DT, BN, SVM)의 MSE 비교로 수요예측 정확도 측정 및 비교 * DT : Decision Tree BN : Bayesian Network SVM : Support Vector Machine · 결과 : 시계열 5개 중 가장 우수한 정확도를 보인 지수평활법의 67.87%에 비해 데이터마이닝 기법인 의사결정나무(BT)의 정확도가 72.21%로 데이터마이닝 기반의 수요예측 모형이 더 우수한 예측 능력을 보임. 																											
김형태 등 (2019)	ATCMS, K-9 자주포, ARTHUR-K의 수리부속 ASL(인가자장품)	<ul style="list-style-type: none"> · 방법 : 데이터마이닝 예측모형 (회귀나무, 랜덤 포레스트,인공신경망, 다중회귀)과 시계열 예측 모형 (ARIMA, 산술평균, 이동평균)의 2017년 수리부속 수요 예측 정확도 비교 * RMSE(Root Mean Square Error)와 MAE(Mean Absolute Error)을 사용 품목들의 예측오차 평균을 비교 · 결과 : 데이터마이닝(랜덤포레스트)예측모형이 시계열 예측모형과 비교 해서 예측성능이 더욱 우수 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>방법</th> <th>RMSE</th> <th>MAE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">데이터마이닝 예측</td> <td>회귀나무</td> <td>6.18</td> <td>3.07</td> </tr> <tr> <td>랜덤포레스트</td> <td>5.77</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>인공신경망</td> <td>5.96</td> <td>2.95</td> </tr> <tr> <td>다중회귀</td> <td>6.81</td> <td>3.12</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">시계열 예측</td> <td>ARIMA</td> <td>7.41</td> <td>2.98</td> </tr> <tr> <td>산술평균</td> <td>8.31</td> <td>3.23</td> </tr> <tr> <td>이동평균</td> <td>24.47</td> <td>9.89</td> </tr> </tbody> </table>	구 분	방법	RMSE	MAE	데이터마이닝 예측	회귀나무	6.18	3.07	랜덤포레스트	5.77	2.39	인공신경망	5.96	2.95	다중회귀	6.81	3.12	시계열 예측	ARIMA	7.41	2.98	산술평균	8.31	3.23	이동평균	24.47	9.89
구 분	방법	RMSE	MAE																										
데이터마이닝 예측	회귀나무	6.18	3.07																										
	랜덤포레스트	5.77	2.39																										
	인공신경망	5.96	2.95																										
	다중회귀	6.81	3.12																										
시계열 예측	ARIMA	7.41	2.98																										
	산술평균	8.31	3.23																										
	이동평균	24.47	9.89																										

2.3. 국방물자시스템 운영 현황

2.3.1. 개요와 범위

2.3.1.1 군수정보시스템의 현황

우리 군에서 사용하고 있는 군수 관련 정보시스템들을 살펴보면 크게 품종별 체계와 기능별 체계로 구분할 수 있다. 군수품은 1~10종까지 총 10가지의 종으로 분류된다. 분류결과는 <표 2-3>과 같다.

군의 군수관련 정보시스템은 총 4가지로 품종별 특성의 탄약정보체계와 물자정보시스템, 기능별 특성인 국방수송정보체계, 품종별 / 기능별 특성을 모두 가지고 있는 장비정비정보 체계가 있다. 정리하면 <그림 2-1>과 같이 도식하여 표현할 수 있다.

〈표 2-3〉 군수품 품종분류

종 별	품 목	세부품목
1종	주·부식류	쌀, 보리, 압맥, 장유류 등
2종	유지물자류	전투화, 전투복, 야전삽, 방탄헬멧, 피복 및 개인장구류
3종	연료류	휘발유, 경유 등
4종	건설자재류	합판, 시멘트, 못 등
5종	탄약류	탄약 및 폭발물
6종	PX 판매품	개인 품목
7종	완제품 및 완성장비	자주포, 전차, 차량 등
8종	의무물자 및 장비류	의료기기 및 약품 등
9종	수리부속 및 구성품	볼트/너트, 타이어, 엔진 등
10종	타품종 미포함 물자	농기계 및 대민지원 물품 등

품종별 체계							기능체계		
5종 (탄약)	1종 (주·부식)	2, 4종 (유지/물자)	3종 (유류)	8종 (의무)	7종 (장비)	9종 (수리부속)	정비	수송	
						2종 (공구)			
탄약 IS	물자 IS			장비정비 IS			수송 IS		

〈그림 2-1〉 군수정보시스템(IS : Information System) 구성

2.1.2 국방물자시스템 추진배경 및 경과

국방물자시스템(DMIS⁴⁵⁾)는 국방부 및 각 군 편성부대까지 전 제대에서 수행되는 군 수업무에 대한 제대별 재고관리 및 물류 운영을 전산화한 체계다. DMIS는 1995년 12월부터 2001년 5월까지 급식(1종), 유지물자(2/4종), 유류(3종), 의무물자 및 의무장비(8종) 등 5가지 종의 보급물자관리를 위해 개발되었다. 체계의 기능에는 보급주기(소요, 획득, 분배, 저장, 소모처리)에 맞춰 14대 업무기능⁴⁶⁾이 있다. 현재는 국방부를 비롯한 전 군이 사용하고 있다.

45) Defense Material Information System

46) 목록, 규격, 소요기준, 계획예산, 조달획득, 자금관리, 재산관리, 수불관리, 수송관리, 창고안전, 검사시험, 정비관리, 소모처리, 지휘평가

국방물자시스템은 1990년대 초 통합군수지원 구현을 위해 추진되었다. 이러한 추진동력을 바탕으로 정보통신기술의 발전에 따라 기존의 모듈처리 위주로 전산화된 보급업무와 문서 위주로 처리되는 근무업무를 실시간 전 제대 동시 전산처리업무로 전환하여 통합된 자원 관리 업무를 제공할 필요성이 증가하여 개발되었다. 개발경과는 <표 2-4>와 같다.

<표 2-4> 국방물자시스템 개발경과

· 최초개발 : 1995년 12월 ~ 2002년 6월(6.5년), 161억원, 삼성SDS
· 성능개선 : 2006년 12월 ~ 2009년 6월(2.5년), 33억원, 대우정보
· 기능개발 : 2011년 3월 ~ 12월(10개월), 4.05억원, KIDA

최초개발 당시에는 열악한 네트워크 환경에서 운영하기 위해 분산 시스템의 형태로 구성되었다. 그러나 국가 예산회계제도 변경(→발생주의 복식부기)에 따라 물자정보로 변경⁴⁷⁾됨에 따라 국방물자시스템에서 제공하는 자료를 생성하고, 국방통합정보관리소 추진을 위해 분산되어 있는 다수의 서버를 하나로 통합하는 국방물자시스템 2단계 성능개선 사업이 추진되었다. 성능개선사업은 2007년 12월 31일부 시작되어 2009년 6월 30일까지 약 33억원의 예산을 투입하여 추진되었다. 이 사업은 3가지 중점으로 진행되었다. 첫째, 국가 예산 회계제도의 발생주의 복식부기로 변경됨에 따른 회계업무 지원, 둘째, 국방통합정보 관리소 추진에 따른 서버통합, 셋째, 지휘정보시스템 간 연동이다.

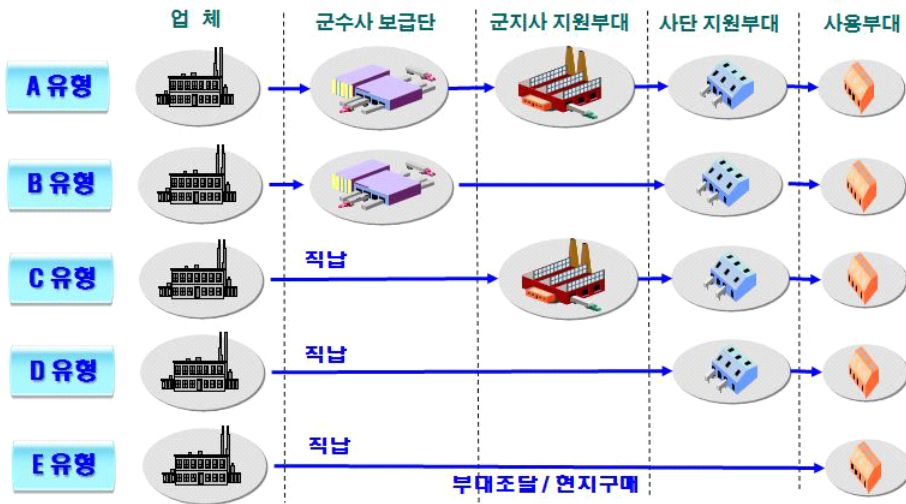
2.2. 운영시스템

2.2.1. 보급지원체계(육군)⁴⁸⁾

육군의 보급지원체계는 <그림 2-2>와 같이 생산자(일반업체), 보급단, 지원대대, 사용 부대 등을 거치는 다양한 보급지원계통을 유지하고 있다. 품목 및 세부 특성별로 직납, 구매, 부대조달 등으로 형태가 다르다.

47) 예산회계제도는 프로그램 예산사업 구조와 발생주의 복식부기 회계제도를 도입하는 것이다. 예산사업의 구조는 기존의 '장, 관, 항, 세항, 세세항, 사업'에서 기능, 프로그램, 예산품목의 프로그램 예산사업 구조로 변경하여 중기계획-예산편성-집행과 연계하여 성과관리가 가능하도록 변경되었다. 발생주의 복식부기 회계제도는 군수품 계정을 전비품과 통상품으로 구분하고, 전비품과 통상품에 대한 비용처리, 감가상각비 산정, 취득 단가 사정 등 군수품 회계 처리절차를 도입하는 것이다. 국방부는 물자정보시스템에 신 국가 예산회계제도를 적용하여 산출된 군수품 회계정보를 국방통합재정정보시스템에 제공한다.

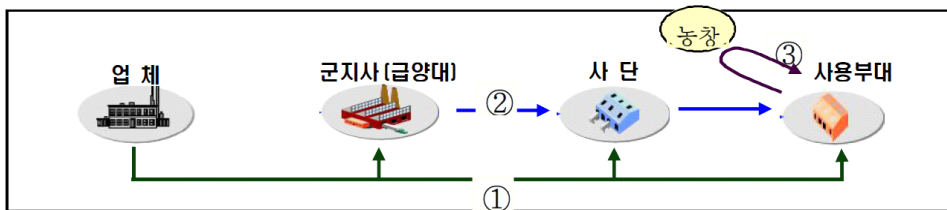
48) 조경수, 김영성, "미래 군단 중심의 군수지원을 위한 제대별 적정보급수준", 한국군사문제연구원, 2012.



〈그림 2-2〉 육군의 보급지원체계

2.2.1.1. 1종 보급지원체계

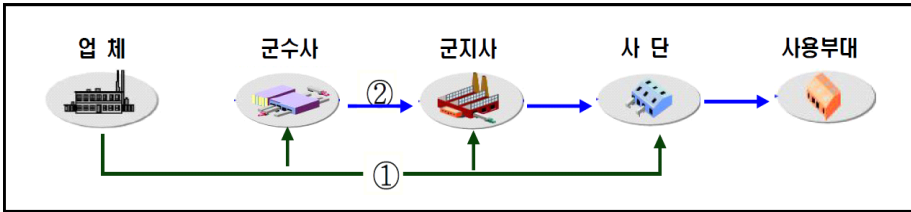
육군의 1종 보급지원체계는 〈그림 2-3〉과 같다. 3가지 유형에 따라 지원체계는 다르다. 먼저 중앙조달 부식은 업체직납을 하고 있다. 업체에서 급양대, 사단까지 납품된다. 부대 조달 부식 또한 농·수협에서 직납을 하며 급양대, 사단, 사용부대까지 납품된다. 주식(쌀)은 농장에서 조달하며 제한적으로 급양대 및 보수대대에 제한적 추진보급을 하고 있다.



〈그림 2-3〉 1종 지원체계

2.2.1.2. 2·4종(유지물자, 자재류) 보급지원체계

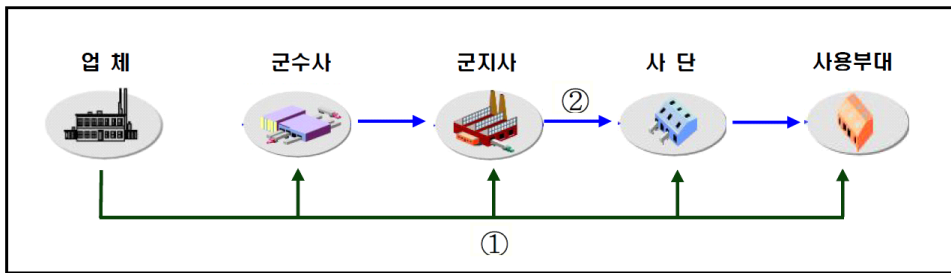
육군의 2·4종 보급지원체계는 〈표 2-4〉와 같다. 유지물자는 두 가지 납품형태를 보인다. 하나는 업체에서 군지사, 사단까지의 직납이며, 다른 하나는 군수사에서 사단까지의 추진 보급⁴⁹⁾이다.



〈그림 2-4〉 2·4종 보급지원체계

2.2.1.3. 3종(유류, 화공약품류) 보급지원체계

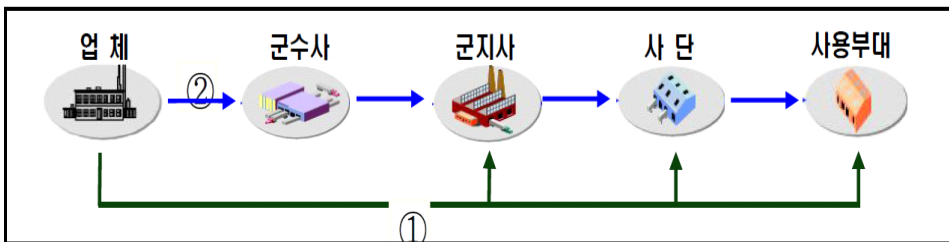
육군의 3종 보급지원체계는 <표 2-5>와 같다. 유류 및 화공약품류는 업체차량으로 군수사에서 사단, 사용부대까지 직납하고, 군지사에서는 사단까지 추진보급 한다.



〈그림 2-5〉 3종 보급지원체계

2.2.1.4. 8종(의무) 보급지원체계

육군의 3종 보급지원체계는 <표 2-6>과 같다. 의무물자, 특수약품 및 장비류는 군수사에서 사용부대까지 모두 직납하며 주공급자제도에 따라 사용부대까지 택배로 지원하기도 한다.



〈그림 2-6〉 8종 보급지원체계

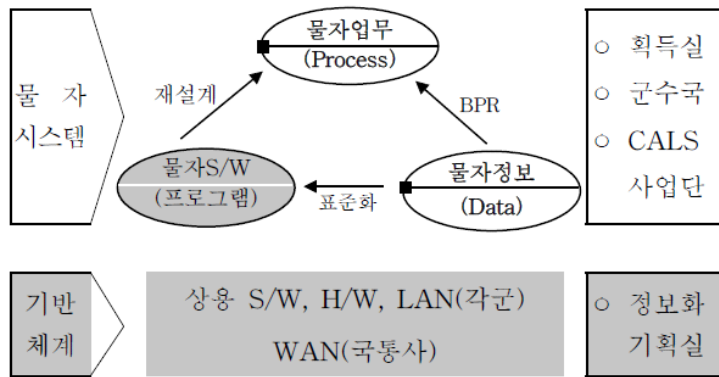
49) 일시에 다량의 품목이 소요되는 품목은 업체 직납으로 조달되며, 소량소요 및 불규칙적인 보급주기로 보급되는 품목은 물류비용 및 수요부대 저장공간을 고려하여 군 계통으로 보급한다.

2.2.2. 국방물자시스템 구성

국방물자시스템의 구성도는 <그림 2-7>와 같다. 국방물자시스템이 하나의 체계로 부여된 목적을 달성하기 위해서는 3군 통합/상호지원이 가능하도록 표준화된 물자제도가 우선 정립되어야 한다. 그리고 표준화된 물자제도를 전산화 혹은 프로그램화하여 실시간 운용하게끔 하여 디지털화된 물자의 정보를 축적하고 분석평가가 가능하게 된다. 이 3대 구성요소는 환류되어 살아있는 시스템이 된다.

국방물자시스템의 3대 구성요소는 상호관련성에 의거 서로 결합하여 있으므로 하나의 체계로 관리되어야 한다. 예를 들어 물자업무를 개정시 반드시 물자S/W를 수정토록 해야 연계성 있게 유지보수와 운영이 이뤄지며 물자정보 축적이 통일될 수 있다. 정확한 물자정보는 표준 소요기준 산정, 물자지원태세 평가의 기준이 된다.

결론적으로 국방물자시스템은 3군이 수행하고 있는 최신의 첨단 정보통신기술로 만든 정보화 시스템이다. 이 시스템의 목적은 정보화에만 둔 것은 아니며 축적된 물자정보를 이용하여 신속, 정확하게 처리하는데 있다. 그래서 물자업무와 물자정보 그리고 물자S/W가 상호 연결된 시스템이라 볼 수 있다.

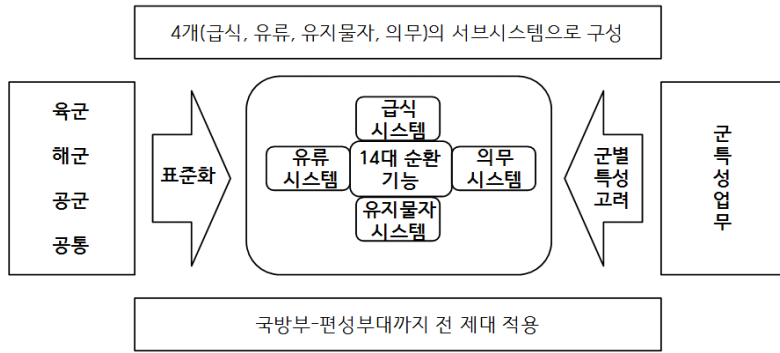


<그림 2-7> 국방물자시스템의 구성

2.2.3. 국방물자시스템 개발성과

국방물자시스템이 도입되고 크게 3가지의 성과가 가시화 되었다. 첫째, 육·해·공군 물자업무를 표준화로 3군 간 상호군수지원이 가능해졌다.

<그림 2-8>과 같이 기존에 성질별, 기능별, 물종별로 분류되었던 것을 4개 종(1종, 3종, 2/4종, 8종)으로 통합 및 표준화하여 관리함으로써 최초로 국방부에서 편성부대까지 목록제원의 일제정비가 가능하게 되었다. 이로써 3군 통합 군수지원이 가능하게 되었다.



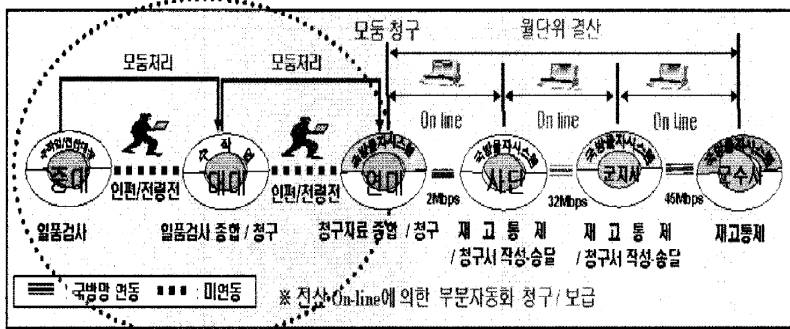
〈그림 2-8〉 물자업무 표준화 관리 체계

둘째, ONE-STOP 체계를 구축하여 업무처리를 개선하였다. 과거 국방부에서 사용부대까지 공문작업을 통해 하달하여 기간이 길었다(1~2달). 국방물자시스템을 통해 보급업무가 3군 물자업무의 ONE-STOP 체계를 구축함으로써 전 제대 별로 전자거래가 가능하고 기존 모듬처리 방식에서 실시간 일일 온라인 처리가 가능하게 되었다. 이를 통해 물자운용 및 보급통제업무에 혁신적인 발전이 이뤄졌다.

셋째, 물자업무의 정보화로 전자군수가 달성되었다. 물자 기본업무를국방물자시스템에 의거 수행함으로써 3군의 보급업무 절차가 표준화되었고 전산화와 DB를 통해 물량판단이 가능하게 되었다. 또한 해당 업무와 관련된 상하제대 및 인접부서끼리만 일상적으로 처리 하던 방식에서 정보가 필요한 모든 사람에게 신속하고 정확하게 정보가 전달되었다.

2.2.4. 처리시스템 및 한계⁵⁰⁾

국방물자시스템은 〈그림 2-9〉와 같이 처리시스템을 가지고 있다.



〈그림 2-9〉 국방물자시스템 처리 프로세스⁵¹⁾

50) 우후식, 이봉호, 박정갑, “효율적인 국방물자 보급체인을 위한 웹 기반 정보체계의 설계 및 구현”, 한국국방경영분석학회지, 35호 1권, 2009

편성부대부터 군수사까지의 청구 및 불출, 수입, 저장, 수송, 창고, 검사, 소모는 3계층 클라이언트 / 서버 기반의 온라인 처리로 자동화하는 반면 단위부대에서 편성부대까지의 활동은 오프라인으로 처리되고 있다. 즉, 중대 및 대대급 단위부대와 편성부대 간의 업무처리는 이전과 같이 모듈처리 방식으로 수행되고 있다. 정보시스템 관점에서 보면 국방물자시스템은 군수 정보가 실시간 동기화가 이뤄지지 않기 때문에 정보의 단절이 발생할 수 있다. 이렇게 단절현상이 발생하면 실소요와 관계없이 사전확보식의 과다 청구 현상⁵²⁾이 발생할 수 있고 소모실적의 정확도 저하로 청구량 및 재고통제에 문제가 생길 수 있다.

또한, 국방물자시스템은 통신 및 개발방식으로 3계층 클라이언트 / 서버 방식을 사용하고 있기 때문에 EAI⁵³⁾나 웹 서비스 등 추가적인 체계지원이 없으면 웹 기반의 E-business 환경과 인터페이스가 어렵다. 이러한 한계로 전·평시에 필요한 민간과의 연계와 지원이 어렵다는 단점이 있다. 그리고 전투부대에서 군수부대에 이르는 전 군수업무에서 실시간 처리가 미흡하여 보급지원 체계 전체의 효율이 떨어진다. 그래서 전장 가시화 중심의 실시간 군수지원에는 많은 한계가 있다.

Ⅲ. 의사 결정 지원 기법

3.1. 다기준 의사 결정 모형(Multi-criteria Decision Making)

3.1.1. 개요

다기준 의사결정모형이란 목표 달성을 위한 가치 기준이 여러 개 존재하며 가치 기준 간의 관계에 따라 의사결정의 복잡도가 결정되는 것을 말하며, 각 기준에서 단계적 의사결정 기준을 적용하는 것을 보완적 관계라 하며 의사결정 기준 간의 중요도 등을 고려하여 주관적 의지가 포함하는 것을 상충적 관계라 한다. 주요한 특성으로는 상충관계의 가치 기준을 이용한 의사결정 방법으로서 주관적 판단 및 가치 평가를 우선하여 의사결정 하며, 다수의 주관적 가치평가를 객관화하는 평가척도가 필요하며, 객관화된 평가척도에 의한

51) 이봉호, 박성갑, 한승조, 김광용, “web 기반 하 군수통합정보체계의 실험적 모델 제시 및 군 적용성 검증”, 전투발전 126호, 2007.

52) 가수요, 팬텀 오더(Phantom Order)라고도 한다.

53) EAI(Enterprise Application Integration) : 기업 내 상호 연관된 모든 애플리케이션을 유기적으로 연동하여 필요한 정보를 중앙 집중적으로 통합, 관리, 사용할 수 있는 환경을 구현하는 것

의사결정을 바탕으로 의사 결정을 할 수 있다.

3.1.2. 주요 의사 결정 모형

다중 의사결정에서 주로 사용 되고 있는 의사결정모형은 크기 4가지로 Analytical Hierarchical Process(AHP), Analytical Network Process(ANP), Data Envelopment Analysis(DEA), Conjoint Analysis 정리할 수 있다.

3.1.2.1. AHP (Analytical Hierarchical Process)

3.1.2.1.1. 개요

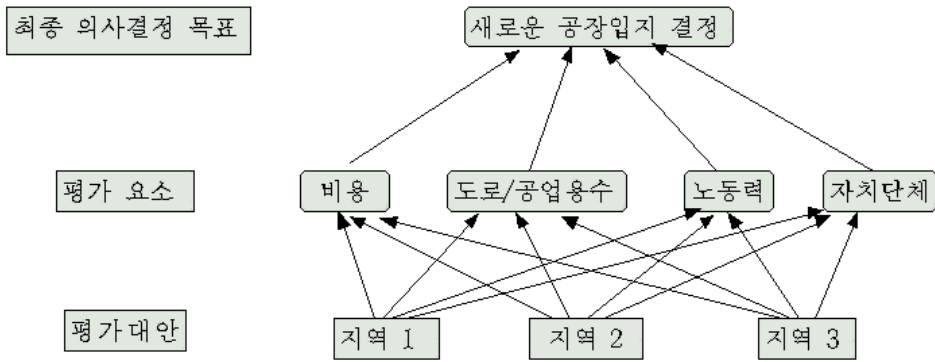
AHP(Analytical Hierarchical Process)는 기본적으로 집단 의사결정 기법의 한 방법으로 사용되고 있다. AHP는 평가기준이 다른 다수의 평가 요소에 대하여 전문가들의 의견을 수렴하여 각 평가 요소의 가중치를 선정하여 대안을 평가하여 의사결정을 하는 방법이다.

이는 어떠한 의사 결정을 함에 있어 요구되는 다양한 요소를 평가하여 기준을 설정하는 방법이다. 예를 들어, 투자를 위해서 기업에서 새로운 공장 설립지를 선택하는 경우에도 사용될 수 있다. 최적 설립지역을 선택하기 위해서는 a) 토지 구입비를 포함한 건설비용, b) 도로 및 공업용수의 편리성, c) 현지 노동력 수준, d) 현지 지방자치 단체의 지원 정도에 따라 결정된다고 가정하면 이런 경우에 건설비용은 적게 소요되지만 도로나 공업용수가 제대로 지원되지 않는 경우 비용은 많이 소요될 것으로 평가된다. 또한 도로 및 용수문제가 없고 지역 지방자치단체의 적극적인 지원이 있으나 그 지역에서 구할 수 있는 노동력이 없는 경우와 더불어서 비용이나 노동력, 도로 및 용수 등은 문제가 없으나 그 지역 지방자치 단체에서 설립에 부담을 느끼는 경우 등을 고려할 수 있을 것으로 본다. 이와 같은 상황에서 각 평가 요소에 대하여 어떻게 평가하고 서로 다른 각각의 요소 평가 기준을 어떤 절차를 거쳐서 하나의 기준으로 평가할 것인가를 선택하여야 한다. 이렇게 다양한 요소의 중요도를 평가하여 의사결정을 효과적으로 하는 경우에 활용되는 분석 절차가 AHP(Analytical Hierarchical Process) 방법이다. 위의 건설 관련 예시 문제는 아래와 <표 3-1>과 같은 변수로 도출할 수 있다.

〈표 3-1〉 대안별 세부 평가

대안	건설비(억원)	도로 및 용수문제	노동력 수준	지방자치단체의 지원
지역 1	100	보통	낮음	보통
지역 2	200	우수함	우수함	낮음
지역 3	150	낮음	보통	우수함

각 요소의 가중치는 서로 쌍대 평가를 통해 비교한다. 이를 통해 각 요소의 중요도가 평가되며, 이를 통해 최종 대안을 비교 평가하게 된다.



〈그림 3-1〉 최종 의사결정 목표 결정 사례

3.1.2.1.2. 평가요소의 가중치 산출방법

우선 평가요소 간의 가중치를 결정하는 것이 필요하다. 각 요소를 평가하는데 그 가중치는 각 요소 간의 쌍대비교를 통해 정성적 또는 정량적으로 분석하고 이를 토대로 계량적인 가중치를 산출한다. 예를 들어 비용요소가 도로 용수에 비하여 매우 중요하고 노동력에 비해서는 비슷한 정도로 중요하고 자치단체의 지원에 대하여는 중요성이 떨어지는 형태로 자료를 얻을 수 있다. 이를 통해 계량지표화를 위해 가장 주요한 요인 경우에는 5점, 약간 덜 중요한 경우는 3점 유사한 경우는 1점의 값으로 평가한다. 각 평가 요소의 가중치는 각 평가요소 간의 쌍대비교를 통하여 정량적 또는 정성적으로 파악하고 이를 토대로 계량적인 가중치를 산출하게 되는 것이다. 평가척도는 평가자의 경향이나 평가대상의 성격을 고려하여 일반적인 설문조사에서 채택하고 있는 5점, 7점, 9점 척도를 사용할 수 있을 것이다. 평가는 설문조사를 기반으로 실시하여 평가한다.

평가척도를 조사하기 위한 설문조사는 두 개의 대안 간의 선호관계에 대한 설문결과로 이를 계량 수치화하기 위해 두 대안의 중요도에 대하여 아래와 같은 척도를 사용할 것이다. 이와 같은 척도를 이용하여 평가요소 또는 평가 대안의 가중치를 산출하게 되는 것이다.

〈표 3-2〉 척도

7점 척도	5점 척도	설 명
1	1	매우 나쁨
2	2	약간 나쁨
3		보통이하임
4	3	보통임
5	4	보통이상임
6		약간 중요함
7	5	매우 중요함

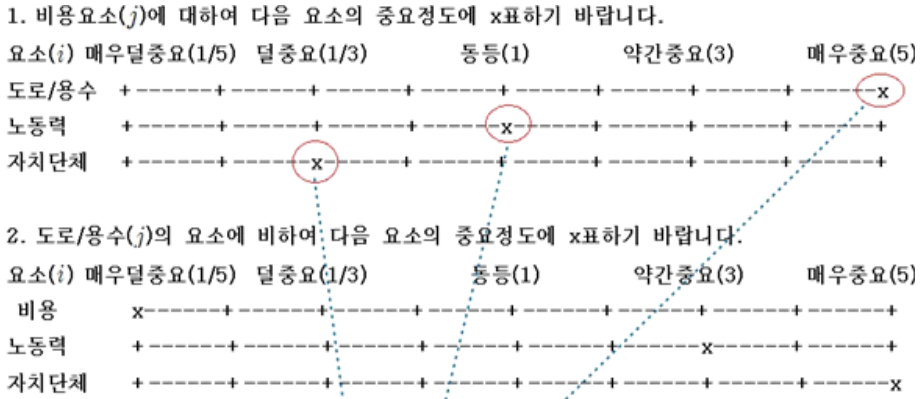
예를 들어 a_i 를 i 번째 대안의 중요도라 하고, a_j 를 j 번째 대안의 중요도라 할 경우에, j 번째 대안에 대한 i 번째 대안의 중요도 w_{ij} 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$w_{ij} = \frac{a_i}{a_j}$$

w_{ij} 는 대안 간의 상대적 중요도(선호정도)를 나타낸 것으로 쌍대비교행렬표를 구성하는 기초이다.

여기서 분수(1/3등)는 중요도(선호정도)의 역을 나타내는 것으로 상대 평가요소의 중요도를 설명하고 있다. 그리하여 각 평가요소에 대한 서로 간의 중요도에 대한 조사로부터 우리는 위와 같은 쌍대비교행렬표(Pairwise Comparison matrix)를 도출할 수 있다. 위 행렬표에서 알 수 있듯이 쌍대비교행렬표는 대각선을 중심으로 항상 역의 분수 값을 갖는 대칭인 특징을 갖게 되는 것이다. 쌍대비교행렬표로부터 각 평가요소의 상대적인 중요정도를 나타내는 가중치는 이 행렬표의 Eigenvector를 이용하여 나타낼 수 있다.

Eigenvector는 선형대수학에서 설명되고 있으나 계산방법은 미니탭(Minitab), 매트랩(MatLab) 등 컴퓨터 소프트웨어를 이용하여 쉽게 도출할 수 있다.



그러면 다음과 같은 자료를 얻어 낼 수 있을 것이다. ($w_{ij} = a_{ij}/a_j$)

a_i/a_j	비용	도로/용수	노동력	자치단체
비용	1	1/5	1	3
도로/용수	5	1	1/3	1/5
노동력	1	3	1	1/5
자치단체	1/3	5	5	1

〈그림 3-2〉 평가요소의 가중치 산출을 위한 설문조사의 사례

물론 Eigenvector의 각 요소의 합은 언제나 1이 된다. Eigenvector를 이용하여 각 평가요소의 가중치 (0.232, 0.227, 0.174, 0.367)를 얻을 수 있다. 즉, 이 예에서는 자치단체의 지원이 입지선정에 매우 중요한 요인임을 알 수 있고 비용 도로/용수 노동력의 순으로 중요도가 평가됨을 알 수 있다. 각 평가요소의 가중치가 계산된 경우 어떻게 의사결정에 활용할 것인가? 각 대안에 대하여 각 평가요소별로 중요한 정도가 정성적으로 조사된 것을 어떤 방법으로 평가할 것인가? 우리는 처음에 각 평가 요소별로 각 대안의 중요도를 조사한 바 있다. 따라서 각 평가요소에 대하여 이번에는 대안 간의 쌍대비교가 가능하게 된다. 따라서, 다음과 같은 쌍대행렬표를 얻어 낼 수 있고 각 쌍대행렬표에서 Eigenvector를 구해낼 수 있다.

〈표 3-3〉 비용요소에 대한 대안별 평가 결과

	대안1	대안2	대안3	가중치
대안 1	1	5	3	0.30
대안 2	1/5	1	1/3	0.40
대안 3	1/3	3	1	0.30

〈표 3-4〉 노동에 대한 대안별 평가 결과

	대안1	대안2	대안3	가중치
대안 1	1	1/5	1/3	0.20
대안 2	5	1	3	0.45
대안 3	3	1/3	1	0.30

〈표 3-5〉 도로/용수에 대한 대안별 평가 결과

	대안1	대안2	대안3	가중치
대안 1	1	1/3	3	0.45
대안 2	3	1	5	0.35
대안 3	1/3	1/5	1	0.20

〈표 3-6〉 자치단체에 대한 대안별 평가 결과

	대안1	대안2	대안3	가중치
대안 1	1	3	1/3	0.15
대안 2	1/3	1	1/5	0.55
대안 3	3	5	1	0.30

한 가지 중요한 사실은 여기에서 가중치로 사용되는 모든 가중치들은 단지 우선순위를 나타내는 값으로 우선시될 뿐 절대적인 계량값을 나타내는 것은 아니다. 예를 들어 자치단체를 평가요소로 하는 경우 대안1의 가중치가 0.15이고 대안3의 가중치가 0.30이라 하여 대안3이 대안1에 비하여 두 배 더 중요하다는 의미가 아니라는 점이다. 단지 대안 3이 대안1에 비하여 중요하게 고려되어야 함을 나타낼 뿐이다.

따라서 이러한 가중치를 AHP(Analytical Hierarchical Process)에서는 중요도라는 용어로 설명하고 있다. 각 평가요소에 대한 가중치(중요정도)와 각 요소에 대한 대안의 가중치(중요정도)가 얻어지면 다음과 같은 가중치(중요정도) 행렬표를 만들 수 있다.

〈표 3-7〉 가중치(중요도) 적용 행렬표

	비용 (0.232)	도로/용수 (0.227)	노동력 (0.174)	지방자체지원 (0.367)	총합가중치 (중요도)
대안 1	0.30	0.45	0.20	0.15	0.2616
대안 2	0.40	0.35	0.45	0.55	0.4514
대안 3	0.30	0.20	0.35	0.30	0.2870

따라서 우리는 대안 2의 경우가 가장 높은 투자 우선순위를 나타내고 있다. 즉 종합 가중치 0.44514는 대안3에 비하여 약 1.7배 중요한 것을 나타내는 것이 아니고 단지, 대안1와 대안3에 비하여 우선순위가 높음을 나타내는 것이다. 따라서 AHP를 사용할 경우에는 어떤 대안의 평가를 위하여 정성적인 자료로부터 계량적인 분석과 결과를 추출할 수 있으나, 결과적으로는 각 대안의 상대적인 우선순위만을 나타내고 있음을 잊지 말아야 한다.

우리는 설문조사 등의 방법을 통하여 평가요소 간의 쌍대비교 또는 각각의 평가요소에 대하여 평가항목 간의 상대적 우선순위 등을 조사하였다. 그러면 과연, 설문조사에 응답자가 합리적인 판단 기준으로 모든 자료에 일관성 있는 대답을 했으리라고 확신할 수 있을까? 무엇보다도, AHP(Analytical Hierarchical Process)의 설문조사는 일반적인 설문지보다 설문 자체를 이해하지 못하는 경우가 많으며 유사한 많은 항목에 답하는 과정에서 일관성을 상실되는 경우가 발생할 수 있다.

예를 들면 비용요소가 노동력보다 매우 중요하고 도로 및 용수에 비하여 덜 중요하다고 답한 경우에도 도로 및 용수 보다 노동력이 매우 중요하다고 답하는 경우가 발생하게 된다. 즉, 아래와 같은 관계를 나타내게 된다.

노동력 <<<< 비용 << 도로 및 용수 (<<<는 중요도의 정도표시)

노동력 >>> 도로 및 용수

이것은 상식적으로도 논리적으로도 맞지 않는 관계를 나타내는 것이다. 만약에 이러한 자료를 이용하여 의사결정을 한다면 전혀 예상 밖의 의사결정 결과가 산출될 수 있다. 따라서, 설문조사를 통해 도출한 자료의 일관성을 검토하여야 한다. 이러한 자료의 일관성을 평가하기 위한 지표로 일관성 지수 (CI :Consistency Index)를 이용한다.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

일반적으로 평가요소의 항목 수가 많아지면 평가자가 응답한 자료의 일관성이 어느 정도 하락하는 경향이 발생한다. 따라서, 응답 항목 수에 따라 낮아지는 일관성을 평균하여 RI (Resulting Consistency Index)로 정의하는 데 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

n	2	3	4	5	6	7	8
RI	0.00	0.52	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

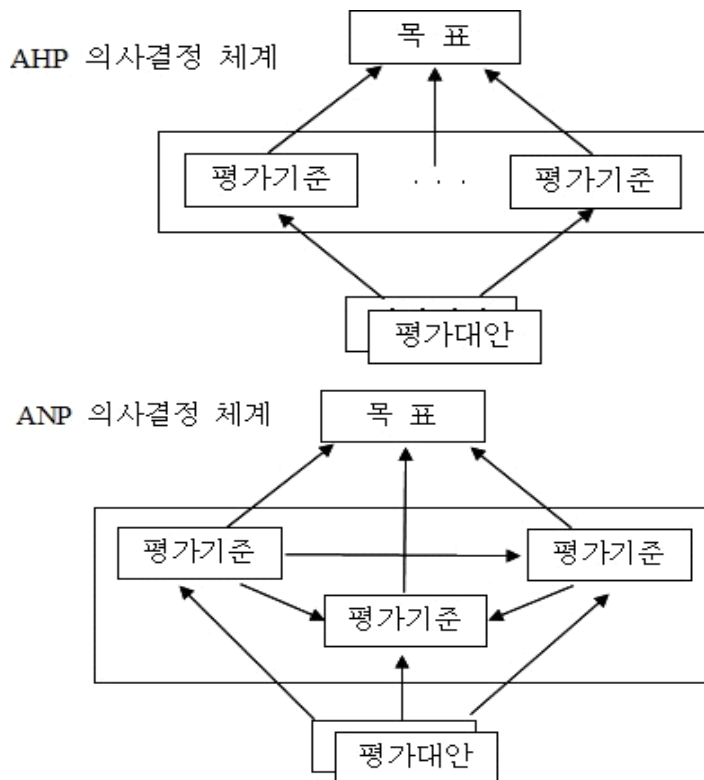
RI(Resulting Consistency Index)에 대한 일관성 지수(CI)의 비율을 일관성비율(CR:Consistency Ratio)이라 하고, AHP(Analytical Hierarchical Process)가 심리적인 측면을 반영하는 분석이므로 CR(Consistency Ratio)이 0.1 이하의 경우 타당한 자료로 평가하여 의사결정에 반영할 수 있다.

3.1.2.2. ANP(Analytical Network Process)

3.1.2.2.1. ANP 개요

다기준 의사결정에 대한 평가방법으로써 선택 대안이 주어지고 다수의 선택 기준이 주어진 경우에 각 선택 기준의 중요도를 결정하고 선택 기준별 선택 대안의 평가값을 적용하여 최종 선택 안을 평가하는 방법으로 계층적 의사결정 방법(AHP)에서 발전된 분석방법입니다.

- AHP : 의사결정 기준(선택 기준)이 상호 독립적임을 가정
- ANP : 의사결정 기준(선택 기준)이 상호 종속성이 있을 수 있음



〈그림 3-3〉 AHP와 ANP 의사결정 체계 비교 분석

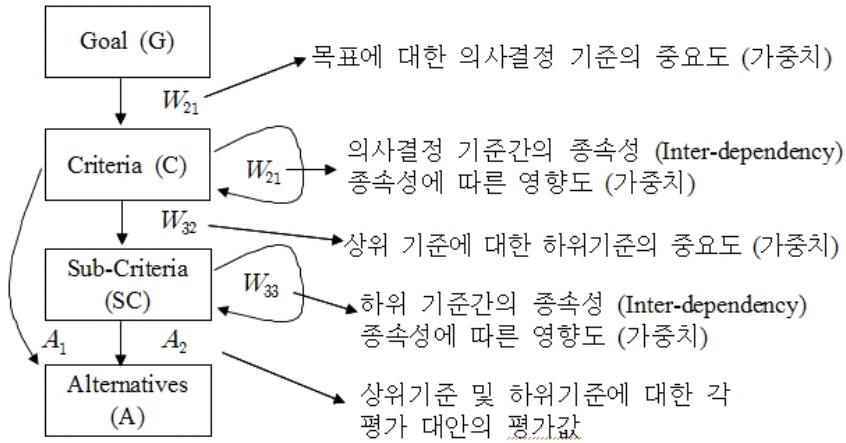
3.1.3.2.2. ANP 의사결정 구조

- Network Structure : 문제정의 단계

- Super-Matrix Structure

$$S = \quad S_{\infty} =$$

· 각 가중치 산출은 쌍대비교 또는 기타 방법으로 산출함.



- 의사결정 기준간의 종속성 분석을 위해 영향도 매트릭스 작성
- 영향도 매트릭스에 따라 종속성에 따른 중요도 산출
- 의사결정 기준에 따른 평가 대안별 중요도는 쌍대비교 또는 기타 방법 적용 가능함

	G	C	SC	A
G	0	0	0	0
C	W_{21}	W_{22}	0	0
SC	0	W_{32}	W_{33}	0
A	0	A_1	A_2	0

W_{22}, W_{33} 는 종속성을 나타내는 가중치 w_{ij} 의 집합.
 w_{ij} : j 가 i 에 영향 미치는 중요도 ($\sum_i w_{ij}=1$)

- Weighted Super-Matrix Structure

- G,C,SC의 열의 합이 1이 되도록 정규화 변환 (Stochastic Matrix)
- A_1, A_2 는 평가시 각각 열의 합이 1이 되도록 평가되어 있음.

	G	C	SC	A
G	0	0	0	0
C	\hat{W}_{21}	\hat{W}_{22}	0	0
SC	0	\hat{W}_{32}	\hat{W}_{33}	0
A	0	A ₁	A ₂	0

W22,W33는 종속성을 나타내는 가중치 w_{ij} 의 집합.
 w_{ij} : j가 i에 영향 미치는 중요도 ($\sum w_{ij}=1$)
 i

- Limit Weighted Super-Matrix

- Weighted Super-Matrix의 평가기준(상위 및 하위)은 상호 영향을 받아 반복적으로 가중치가 변화됨.
- 따라서 안정적인 상태로 수렴할 때까지 무한 반복을 실시하여 안정상태의 확률 산출

	G	C	SC	A
G	0	0	0	0
C	\tilde{W}_{21}	\tilde{W}_{22}	\tilde{W}_{23}	0
SC	\tilde{W}_{31}	\tilde{W}_{32}	\tilde{W}_{33}	0
A	0	A ₁	A ₂	0

W22,W33는 종속성을 나타내는 가중치 w_{ij} 의 집합.
 w_{ij} : j가 i에 영향 미치는 중요도 ($\sum w_{ij}=1$)
 i

- 대안선택과 의사결정 기준의 중요도(가중치)

- 상위 평가 기준 가중치 : ' \tilde{W}_{21} '
- 하위 평가 기준 가중치 : ' \tilde{W}_{31} '
- 대안 (A)의 평가결과 : ' $\tilde{W}_{21} \times A_1 + \tilde{W}_{31} \times A_2$ ' (이 값을 정규화)

3.1.3.3. DEA(Data Envelopment Analysis : 자료포락분석)

DEA(Data Envelopment Analysis)는 25년 오랜 역사를 바탕으로 활용의 용이성, 결과에 대한 아주 높은 설득력, 비용 측면에서의 관련 솔루션 저부담 등으로 많은 조직의 성과평가를 위하여 국내와 더불어 해외에서 많이 활용되고 있다. 물류 센터의 효율성 평가, 공항 및 항만의 효율성 평가에도 활용되고 있다.

3.1.3.3.1. DEA 개요

자료포괄분석 (Data Envelopment Analysis)은 1978년 Charnes, Cooper, Rhodes 3명에 의해서 처음으로 제안되었다.

OR/OM(Operations Research/Operations Management, 운영과학/경영학)에서 가장 널리 활용되는 방법 중 하나이며, Bouyssou가 “DEA는 OR에 있어서 최근의 성공 스토리의 하나라고 말해도 지나치지 않을 것이다”라고 주장하고 있는 것에도 경영과학 분야에 DEA(Data Envelopment Analysis)가 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

DEA(Data Envelopment Analysis)의 가장 큰 특징은 ‘과제 중심적 접근’과 ‘중요한 과제에 초점’을 맞추면서 DMU(의사결정단위: Decision Making Units)의 성과를 논의한다는 점에 특성이 있다.

DEA(Data Envelopment Analysis) 분석은 비교가 가능한 DMU(Decision Making Units)들의 효율성을 상대적으로 평가할 수 있는 LP(선형계획: Linear Programming)의 한 방법이다. DMU들의 성과에 대한 보유 자료를 사용하여 EES (Empirical Efficient Surface)을 추출한다. 효율적인 DMU는 EES 상에 위치하며, 효율적이지 않은 DMU는 그렇지 못하다. 이렇게 진행함으로써, 비교 대상 그룹에서 관찰된 준거집단을 기준으로 각 조직의 상대적인 효율성이 계산되어 진다.

3.1.3.3.2. DEA의 효율성 계산

DEA(Data Envelopment Analysis)는 이러한 문제점을 극복하고 유사한 성격의 DMU(Decision Making Units)들의 효율성을 상대적으로 비교 평가하기 위한 ‘다요소 생산성 분석 모델’이라 할 수 있다. 이때 아래와 같은 식을 통해 효율성 점수를 도출한다.

$$\text{효율성} = \frac{\text{산출물의 가중평균 합}}{\text{투입물의 가중평균 합}}$$

효율성은 몇 가지로 정리할 수 있다. 가장 일반적인 효율성은 “기술적 효율성(technical efficiency)”이다. 기술적 효율성(technical efficiency)은 직원의 서비스나 설비와 같은 실제적인 자원의 “투입”을 Best Practices에 비어 “산출”되는 정도를 의미한다. 즉, 현재의 기술 수준에서 Best Practice는 100%의 기술적 효율(technical efficiency)을 달성하고 있는 것이 된다. 반면 Best Practices 수준을 달성하지 못하는 DMU의 기술적 효율성은 Best Practice에 비해 상대적 비율로 표시된다. 이 때 DMU의 관리 방법이나 운용 규모

등이 기술적 효율성(technical efficiency)에 영향을 미칠 수 있다. 다시 말해 기술적 효율성(technical efficiency)은 비용이나 가격 등과 같은 요소가 아니라 기술적인 요인 간의 영향에 의해 계산된다.

“분배적 효율성”의 경우에는 어떤 조직의 기술적 효율성(technical efficiency)이 이미 완벽하게 녹아있다는 가정하에 일정 산출 결과물을 같은 투입요소를 통해 최소화할 수 있도록 투입이 결정되는가에 연관된 개념이라고 볼 수 있다. 즉, 어떤 조직이 비용을 최소화하는 비율로 투입을 사용하고 있다고 가정하면 최대의 분배적 효율성을 달성한다고 할 수 있을 것이다. 기술적 관점에서는 Best Practices 수준에서 운영되고 있는 조직이라 하더라도 분배적으로는 비효율적일 수 있다. 이는 주어진 투입의 상대적 가격수준에서 비용을 최소화하는 비율로 투입하고 있지 않기 때문이다.

추가적으로 “비용 효율성”이 있다. 비용 효율성은 기술적 효율성과 분배적 효율성을 곱해서 도출할 수 있으며 기술적 효율성과 분배적 효율성을 모두 달성 했을 경우에만 비용 효율적일 수 있다.

3.1.2.3.2. DEA의 특징점

DEA는 다양한 효율성 점수를 도하여 평가할 수 있을 뿐 아니라 비효율적 DMU (Decision Making Units)의 벤치마킹할 DMU를 제시하여 실제적인 성과 관리가 가능하도록 한다.

따라서, DEA는 아래와 같은 장점을 가지고 있다.

- 여러 투입요소와 산출 요소를 다룰 수 있음
- 투입과 산출에 대한 함수적 관계의 가정을 필요로 하지 않음
- DMU간의 비교가 용이함
- 다른 측정 단위를 가진 투입과 산출 요소를 분석 가능함
- 비효율적 DMU의 효율성 점수와 비효율 요인을 분석
- 비효율적 DMU의 경제적 비효율성을 기술적 비효율성과 분배적 비효율성으로 분석할 수 있는 방법을 도출함
- 추가적으로 비효율적 부문의 개선의 가능성 정도를 자동으로 제공

3.1.3.4. Conjoint Analysis(컨조인트 분석)

3.1.3.4.1. Conjoint 분석 개요

컨조인트(conjoint)는 consider와 jointly의 합성어로서, 제품(아이디어, 정책, 서비스 등도 포함됨)을 구성하는 여러 가지 속성과 각 속성의 수준을 동시에 검토한 상황에서 고객의 선호도 혹은 반응을 측정하여 분석함으로써, 고객이 중요시 하는 속성의 순위와 상대적인 차이를 파악하고, 각 속성의 수준들에 대한 선호도를 측정하며, 각 수준들이 어떤 조합을 구성할 때 고객이 가장 선호하는지, 그리고 새로운 개념의 상품이나 서비스가 어느 정도의 마켓쉐어를, 또는 새로운 아이디어나 정책이 어느 정도의 지지율을 갖게 될지 예측할 수 있게 되는 특성을 가지고 있다.

3.1.3.4.2. 컨조인트 분석(conjoint analysis) 특성

일반적인 설문조사방법들이 고객들로하여 속성들이나 각 속성에 속한 수준들에 대한 단편적인 선호도를 응답하게 하고 이를 바탕으로 선호도 분석을 하는 방식과 달리 컨조인트 분석은 고객들이 모든 속성과 각 속성의 수준을 모두 동시에 종합적으로 고려한 상황에서 선호도를 응답하도록 함으로써 일반적으로 현실성이 높게 유지된다는 특성이 있다.

컨조인트 분석은 제품(정책, 서비스, 아이디어 등도 포함)에 대한 고객들의 종합적인 선호도를 측정하여 제품을 구성하는 속성들의 각 수준에 고객이 응답하는 부분 가치/효용을 추정하고, 이를 바탕으로 각 속성의 상대적인 중요도를 평가함으로써 고객이 현실에서 선택할 제품을 예측할 수 있다.

컨조인트 분석은 일반적인 통계적 분석법들과 달리 아래와 같이 몇 가지 중요한 특성이 있다.

첫째, 컨조인트 분석은 분해적인 접근법을 추구하며, 각 속성의 수준들을 결합하여 제품 프로파일들을 만든 후에, 그 제품 프로파일들을 응답자에게 제시하면서 통합적인 관점에서 제품 프로파일들을 평가하는 특성이 있다. 그래서, 다양한 제품 프로파일들에 대한 현실적인 평가가 가능하게 만드는 특성이 있다. 무엇보다 응답자는 속성들 중에서 어느 것을 더 중요하게 생각하는지, 또는 각 속성을 얼마나 중요시 생각 하는지, 그리고 각 속성을 구성하는 수준 중에 선호하는 것을 항상 응답할 필요가 없으며, 단지 제품 프로파일들에 대한 종합적인 선호도 수준만 순위 또는 점수로 응답하면 된다. 위와 같이 각 제품 프로파일 별로 측정된 선호도만을 바탕으로 하여 컨조인트 분석을 실시함으로써 고객들이 여러 가지 속성들 중에서 어느 것을 더 중요시 하는지, 또는 각 속성을 얼마나 중요시 하는지, 그리고 각 속성을 구성하는 수준들 중에서 어느 것을 얼마나 선호하는지 상세하게 파악할 수 있게 되는 특성이 있다.

둘째, 컨조인트 분석에서의 일차적인 분석이 자료 전체가 아니라 응답자 개별적으로

이루어진다는 점이 다른 통계적 분석법들과 특이점이다. 아울러, 각 응답자별 선호도 자료에 분석모형을 적합하여 속성별 상대적 중요도와 부분 가치를 예상한 후, 전체 응답자에 대한 평균이나 중위수를 계산하는 방식으로 종합함으로써 속성별 상대적 중요도와 부분 가치를 최종적으로 산출하는 특성이 있다. 이와 반대로, 일반적인 통계적 분석에서는 각 응답자의 선호도 응답 결과는 표본 전체를 구성하는 한 개의 관찰치로 다루어 지며 모든 응답자에게 공통된 분석 모형 하나를 적용하여 추정과 검정을 한다는 점에서 큰 차이가 나타나는 특성이 있다.

셋째, 컨조인트 분석에서는 설명변수/독립변수와 반응변수/종속변수 간의 관계를 특정 형태로 제한하지 않는 특성이 있으며, 그것으로 인하여 컨조인트 분석에서는 각 설명변수의 수준별로 독립적인 예측을 할 수 있기 때문에 이와 연관되었다고 가정할 필요가 없는 특성이 있다. 그리하여 부분적으로 비선형 관계나 곡선형 관계도 설정할 수 있는 탄력성을 갖는 특성이 있다. 이러한 특성으로 인하여 많은 통계적 방법들이 두 변수간의 관계를 선형 형태로 가정하는 경우와 대조를 이루고 있다.

3.1.3.4.3. 컨조인트 분석의 절차

컨조인트 분석은 여러 제품을 비교할 수 있게 하며, 몇 개의 제품이든 가질 수 있는 속성들을 모두 검토할 수 있게 한다. 더불어 각 속성에 대하여 하위 수준에 대한 정보를 고려할 수 있게 한다. 이와 같은 복잡한 구조 속에서도 컨조인트 분석을 바탕으로 응답자의 개별적인 선호도 및 각 속성에 대한 중요도를 파악할 수 있도록 지원을 해준다. 컨조인트 분석의 절차는 기본적으로 6가지 단계로 분류하여 정리할 수 있다. 1단계는 속성과 속성 수준을 결정하는 단계로서 일반적으로 표적집단면접 또는 심층면접 그리고 전문가들의 조언을 통하여 구성하는 단계이다. 일단 속성을 결정 후 다음으로 각 속성들의 수준을 선택해야 한다. 각 속성과 속성수준에 따라 소비자가 비교 평가해야 할 총 속성의 수가 선정되어지는데 예를 들면 3가지의 하위속성을 가진 속성이 2개, 2개의 하위속성을 가진 속성이 3개라고 가정하면 총 속성조합은 72개가 될것이다. 2 단계는 분석모델의 결정 단계로 전 단계에서 정리된 속성들을 분석하기 위한 모델을 선정하는 것이다. 분석모델은 제품의 특성이나 목적에 따라 달라지는데 크게 이상점모델, 벡터모델, 부분가치함수모델로 구분할 수 있다. 3단계는 자료수집 방법 결정 및 컨조인트 디자인으로 분석에 요구되어 지는 자료 수집은 고객에 따른 순위자료가 적합하며 선호도에 따른 서열척도로 선호도에 따라 숫자를 입력하면 된다. 속성의 수나 속성 수준이 많아지면 서열척도에 의한 응답이 일반적으로 불가능하므로, 자료 수집의 어려움을 완화 하기 위하여 전체 속성들을 ‘가장

최고 선호’, ‘중간선호’, ‘가장 싫어하는 선호’ 순으로 분류한 후 각 분류 집단 내에서 속성들의 선호순위를 결정하고 각 집단 간의 경계부분에 있는 자극들을 비교하여 순위를 최종 선정하는 단계를 거친다. 다음 단계는 자극물 제시방법 선택이며 이러한 조합 또는 자극이 응답자에게 표현되는 방법을 선택하는 것이다. 3개 표현단위로 정리를 하면 어구적 표현, 산문적 표현, 회화적 표현으로 정리를 할 수 있다. 5단계는 컨조인트 모수의 추정 단계인데 자료가 넌메트릭일 때 모수를 추정하는 대표적인 방법으로 MONANOVA, PREMAP, LINMAP 등이 있고, 이 방법들은 응답자가 선호도에 따라 각 프로필에 순위를 부과한 경우에 적합한 방법이다.

더불어서 자료가 메트릭일 때 모수를 추정하는 대표적인 방법으로는 회귀분석이 대표적인 분석 방법이다. 6단계는 결과해석으로 결과해석은 자료 분석을 바탕으로 해석의 주요 내용을 통해 응답자에 대한 각 속성수준의 부분 가치 추정과 인구통계학적 변수를 이용한 시장 세분 분석, 속성의 상대적 중요도 결정, 초이스 Simulation, 고객 만족 향상을 위한 쇼핑 모형을 선택하는 것이다.

〈표 3-8〉 4가지 의사결정 모형 주요 특성

	AHP	ANP	DEA	Conjoint Analysis
주요 특성	· 단방향 흐름 · 계산이 비교적 단순	· 상호 종속성 · 계산이 복잡하고 시간 과다 소요	· 객관적 요소의 통합 · 다른성격의 여러 투입과 산출 요소를 함께 고려한 분석	· 제품이나 서비스를 구성하고 있는 개별 속성들의 숨은 가치 도출

3.2. 알고리즘 접근법 분석

최근의 4차 산업혁명과 더불어서 인공지능(AI)기반의 머신러닝이 널리 사용 및 활용 되고 있는 상황에서 머신러닝의 주요 알고리즘의 특성을 분석하고자 한다.

〈표 3-9〉 머신러닝 유형별 알고리즘 분류

머신러닝 유형	활용 영역	주요 알고리즘
지도 학습 (Supervised Learning)	예측, 추정	· Liner Regression · Regression Tree, Model Tree · SVM(Support Vector Machine) · Neural Network · ARIMA, Exponential Smoothing

머신러닝 유형	활용 영역	주요 알고리즘
	분류	<ul style="list-style-type: none"> · Decision Tree · Logistics Regression · K-NN(K-Nearest Neighbor) · Ensemble(Bagging, Boosting, Random Forest)
비지도 학습 (Unsupervised Learning)	패턴/구조 발견	<ul style="list-style-type: none"> · Association Rule Analysis · Network Analysis · Structural Equation Modeling
	그룹화	<ul style="list-style-type: none"> · k-Means Clustering · SOM(Self-Organizing Map)
	차원 축소	<ul style="list-style-type: none"> · PCA(Principal Component Analysis) · SVD(Singular Value Decomposition)
	영상, 이미지, 문자	<ul style="list-style-type: none"> · DTW(Dynamic Time Warping) · Sentiment Analysis

3.2.1. 머신러닝 유형에 따른 특성

3.2.1.1 지도 학습

실제적인 출력값과 정확한 출력값을 서로 비교하여 오류를 추출하면서 알고리즘 학습이 진행된다. 과거 데이터를 기반으로 미래 이벤트를 예측하는데 지도 학습이 가장 보편적으로 사용되어 진다. 사례를 들면, 신용 카드 거래의 사기성이나 보험 가입자의 보험금 청구 가능성 여부 등을 예측하는 것이 대표적인 적용 사례이다.

3.2.1.2. 비지도 학습

시스템에는 “정답”이 없으므로 알고리즘을 바탕으로 현재 무엇이 출력되고 있는지 알 수 있어야 하며, 데이터를 탐색하여 내부 구조를 파악하는 것이 주요 목적이다. 비지도 학습은 트랜잭션 데이터에 적용시에 특별나게 효과적이다. 사례를 들면 유사한 속성의 고객 구분을 식별한 후 그 유사성을 근거로 마케팅 캠페인에서 고객 구분을 관리하거나 고객 구분 기준이 되는 주요 속성을 찾을 수도 있는 특성이 있다.

3.2.1.3. 강화 학습

게임, 로봇 및 내비게이션에 주로 많이 적용되고 있으며, 강화 학습 알고리즘은 시행

착오를 거쳐 피드백을 극대화할 수 있는 행동을 찾아내는 특성이 있다. 이러한 유형의 학습은 기본적으로 에이전트(의사결정권자 또는 학습자), 환경(에이전트가 상호작용하는 모든 대상), 동작(에이전트 활동)이라는 세 가지 요소로 구성되는 것이 일반적이다. 이 알고리즘의 목적은 에이전트가 일정한 시간 내에 예상되는 피드백을 극대화할 수 있는 액션을 구성하도록 하는데 있으며, 강화 학습의 목표는 최선의 정책을 학습하는 것이다.

3.2.2 머신러닝 주요 알고리즘별 특성

3.2.2.1 분류 기준

3.2.2.1.1 다중클래스 의사 결정

의사 결정 포리스트 알고리즘은 분류를 위한 앙상블 학습 방법이다. 이 알고리즘은 여러 의사 결정 트리를 빌드한 다음 가장 유명한 출력 클래스에서 투표 하는 방식으로 구동 되어진다. 투표는 분류 의사 결정 포리스트의 각 트리가 레이블의 정규화 되지 않은 빈도 히스토그램을 출력하는 집계 형태로 이루어진다. 집계 프로세스는 이런 히스토그램의 합계를 산출하고 결과를 표준화하여 각 레이블에 대한 “확률”을 계산한다. 그리고 예측 신뢰도가 높은 트리는 앙상블의 최종 결정에서 더 높은 가중치를 가지는 특성이 있다.

일반적으로 의사 결정 트리는 비패라메트릭 모델이다. 즉, 다양한 배포를 사용하는 데이터를 지원한다. 각 트리에서는 각 클래스에 대해 간단한 테스트 순서를 실행하여 리프 노드에 도달할 때까지 트리 구조 수준을 늘린다.

의사 결정 트리를 사용하는 경우 많은 이점이 제공된다.

- 비선형 의사 결정 경계를 표시할 수 있음.
- 학습 및 예측 중에 계산과 메모리 사용량 측면에서 효율적임.
- 통합 기능 선택 및 분류를 수행함.
- 잡음 기능이 있는 경우 탄력적임.

3.2.2.1.2 다중 클래스 로지스틱 회귀

로지스틱 회귀는 결과의 확률을 예측하는데 사용되는 통계로 유명한 방법이며 분류 작업에 많이 사용된다. 알고리즘은 데이터를 로지스틱 함수에 맞추는 방법으로 이벤트 발생 확률을 예측하는 것이다.

다중 클래스 로지스틱 회귀에서는 분류자를 사용하여 여러 결과물을 예측할 수 있다.

3.2.2.1.3 다중 인공신경망

신경망은 상호 연결된 계층 집합이다. 입력은 첫 번째 계층이며 가중치가 적용된 가장 자리와 노드로 구성된 비순환 그래프에 의해 출력 계층에 연결된다.

입력 및 출력 계층 사이에 여러 개의 숨겨진 계층을 삽입할 수 있다. 대부분의 예측 작업은 숨겨진 계층을 하나 또는 몇 개만 사용하여 쉽게 완료할 수 있다. 그러나 최근 연구에서는 image 또는 음성 인식과 같은 복잡한 작업에 여러 계층이 있는 DNN (심층 신경망)를 사용할 수 있음을 보여준다. 연속된 계층은 더 높은 수준의 의미 수준을 모델링하는 데 사용된다.

입력 및 출력 간의 관계는 입력 데이터의 신경망 학습에서 학습된다. 그래프의 방향은 숨겨진 계층 및 출력 계층을 통해 입력에서 진행된다. 계층의 모든 노드는 가중치가 적용된 가장자리를 통해 다음 계층의 노드에 연결된다.

특정 입력에 대한 네트워크 출력을 계산하기 위해 숨겨진 계층의 각 노드 및 출력 계층에 값이 계산된다. 값은 이전 계층에서 노드 값의 가중치가 적용된 합계를 계산하여 설정한다. 그러면 활성화 함수가 가중치가 적용된 합계에 적용된다.

3.2.2.1.4 일대다 다중 클래스

일부 분류 알고리즘은 설계에 따라 세 개 이상의 클래스를 사용할 수 있도록 한다. 다른 값은 두 값 (이진 또는 2 클래스 모델) 중 하나로 가능한 결과를 제한한다. 하지만 다양한 전략을 통해 다중 클래스 분류 태스크에 대한 이진 분류 알고리즘을 적용할 수도 있다.

이 모듈은 여러 출력 클래스 각각에 대해, 이진 모델을 만드는 일 대 다 메서드를 구현한다. 모듈은 이진 분류 문제인 것처럼 해당 보수 (모델의 다른 모든 클래스)에 대해 개별 클래스에 대해 이러한 각 이진 모델을 평가한다. 그런 다음 모듈은 이러한 이진 분류자를 실행하고 신뢰도 점수가 가장 높은 예측을 선택하여 예측을 수행한다.

기본적으로 이 모듈은 개별 모델의 앙상블을 만든 다음 결과를 병합하여 모든 클래스를 예측하는 단일 모델을 만든다. 모든 이진 분류자는 하나 이상 모델의 기준으로 사용할 수 있다.

예를 들어 2 클래스 지원 벡터 컴퓨터 모델을 구성하고 이를 일대다 다중 클래스 모듈에 대한 입력으로 제공한다고 가정해 보겠다. 모듈은 출력 클래스의 모든 멤버에 대해 2 클래스 지원 벡터 컴퓨터 모델을 만든다. 그런 다음, 하나 이상의 메서드를 적용하여 모든 클래스에 대한 결과를 결합한다.

3.2.2.1.5. 2클래스 평균 퍼셉트론

평균 퍼셉트론 방법은 신경망의 초기 및 단순 버전이다. 이 방법에서 입력은 선형 함수를 기반으로 하는 여러 개의 가능한 출력으로 분류된 후 기능 벡터에서 파생된 가중치 집합과 결합 된다. 따라서 “퍼셉트론” 라는 이름이 사용된다. 보다 단순한 퍼셉트론 모델은 선형으로 구분 가능한 패턴을 학습하는데 적합한 반면 신경망, 특히 심층 신경망은 더 복잡한 클래스 경계를 모델링 할 수 있다. 그러나 퍼셉트론은 속도가 더 빠르며 사례를 직렬로 처리하므로 연속 학습에서 사용할 수 있다.

3.2.2.1.6. 2클래스 의사 결정 포리스트

이 의사결정 포리스트 알고리즘은 분류 작업에 대한 앙상블 학습 방법이다. 앙상블 메서드는 단일 모델을 사용하는 것뿐만 아니라 여러 연관된 모델을 만들고 다른 방식으로 합쳐서 더 나은 결과와 보다 일반화된 모델을 얻을 수 있는 기본적인 원칙을 기반으로 한다. 일반적으로 앙상블 모델은 단일 의사결정 트리에 비해 적용 범위가 넓고 정확도가 높은 특성이 있다.

여러 가지 방법으로 개별 모델을 형성하고 앙상블에서 합칠 수 있다. 의사결정 포리스트의 이러한 특정 구현은 여러 의사결정 트리를 구축한 후 가장 유명한 출력 클래스에서 투표 하는 방식으로 구동 되어진다. 투표는 앙상블 모델에서 결과를 생성하는데 유명한 대표적인 방법 중 하나이다.

- 전체 데이터 집합을 사용하여 여러 개별 분류 트리가 생성 되지만 시작 지점은 다름. 이는 개별 의사 결정 트리가 기능 또는 데이터 중 일부를 사용할 수 있는 임시적인 포리스트 방식과 다름.
- 의사결정 포리스트 트리의 각 트리는 레이블의 정규화 되지 않은 빈도 히스토그램을 도출함.
- 집계 프로세스는 이런 히스토그램의 합계를 계산하고 그 결과를 표준화하여 각 레이블에 대한 “확률”을 계산함.
- 예측 신뢰도가 높은 트리는 앙상블의 최종 결정에서 훨씬 큰 가중치를 가지며, 기본적으로 의사결정 트리는 분류 작업에 대해 많은 이점을 제공함.
- 비선형 의사결정 경계를 캡처할 수 있음.
- 계산 및 메모리 사용에 효율적이기 때문에 수많은 데이터를 학습하고 예측할 수 있음.
- 기능 선택은 분류 및 학습 프로세스에 통합되어 있음.

- 트리는 잡음이 많은 데이터와 많은 기능을 포함할 수 있음.
- 이러한 모델은 서로 다른 배포를 사용하여 데이터를 처리할 수 있음을 의미하는 파라메트릭 모델이 아니며, 그러나 단순한 의사결정 트리는 데이터에 지나치게 맞출 수 있으며, 트리 앙상블 보다 일반화할 수 있음.

3.2.2.1.7. 2클래스 로지스틱 회귀

로지스틱 회귀는 결과의 확률을 예측하는데 사용되는 통계의 유명한 방법이며 특히 분류 작업에 사용된다. 알고리즘은 데이터를 로지스틱 함수에 맞추는 방법으로 이벤트 발생 확률을 추측 및 예측한다.

이 분류 알고리즘은 이분 또는 이진 변수에 대해 최적화된다. 여러 결과를 분류해야 하는 경우 다중 클래스 로지스틱 회귀를 사용한다.

3.2.2.1.8. 2클래스 지원 벡터 machine

SVMs (Support vector machines)는 감독 된 학습 방법의 잘 연구된 클래스이다. 이 특정 구현은 연속 또는 범주 변수를 기반으로 하는 두 가지 가능한 결과를 예측하는데 적합하다.

모델 매개변수를 정의한 후 학습 모듈을 사용하여 모델을 학습하고 레이블 또는 결과 열을 포함하는 태그가 지정된 데이터 집합을 제공한다.

지원 벡터 컴퓨터는 초기 기계 학습 알고리즘 중 하나이며, SVM 모델은 정보 검색에서부터 Text 및 Image 분류 까지 여러 응용 프로그램에서 사용되었다. SVMs는 분류 및 회귀 분석 작업 모두에 사용할 수 있다.

이 SVM 모델은 레이블이 지정된 데이터를 요구하는 감독 된 학습 모델이다. 학습 프로세스에서 알고리즘은 입력 데이터를 분석하고 하이퍼 평면이라는 다차원 기능 공간의 패턴을 인식한다. 모든 입력 예제는 이 공간에서 점으로 표시되고 범주를 광범위하게 구분하고 가능한 한 간격을 해제하는 방식으로 출력 범주에 매핑된다.

예측을 위해 SVM 알고리즘은 새 예제를 하나의 범주 또는 다른 범주에 할당하여 동일한 공간에 매핑한다.

3.2.2.2. 회귀(Regression) 기준

3.2.2.2.1. 포리스트 분위수 회귀

여러 다양한 유형의 회귀가 있다. 가장 기본적인 관점에서 회귀는 숫자 벡터로 표시되는 대상에 모델을 맞추는 것이다. 그러나 통계학자들은 점점 더 발전된 회귀 방법을 개발해 오고 있다.

가장 간단한 변위치 정의는 데이터 집합을 동일한 크기의 그룹으로 나누는 값이다. 따라서 변위치 값은 그룹 간의 경계를 표시한다. 통계적으로 말하는 변위치는 임의 변수의 CDF (누적 분포 함수)의 역에서 일정한 간격으로 사용되는 값이다.

선형 회귀 모델은 단일 추정치 (평균)를 사용하여 숫자 변수의 값을 예측하려고 시도하는 반면에 대상 변수의 범위 또는 전체 분포를 예측해야 하는 경우도 있다. Bayesian 회귀 및 변위치 회귀와 같은 기술은 이 목적을 위해 개발되었다.

변위치 회귀를 사용하면 예측값의 분포를 이해할 수 있다. 이 모듈에서 사용된 것과 같은 트리 기반 변위치 회귀 모델의 경우 파라메트릭이 아닌 분포를 예측하는 데 사용할 수 있다는 추가적인 이점도 제공한다.

3.2.2.2.2. 선형 회귀

선형 회귀는 일반적인 통계 방법으로, 기계 학습에서 채택되고, 줄을 맞추기 위한 여러 가지 새로운 메서드를 사용하여 오류를 측정한다. 가장 기본적인 의미에서 회귀는 숫자 대상의 예측을 의미한다. 선형 회귀는 기본 예측 태스크에 대한 간단한 모델을 원하는 경우에도 적합하다. 선형 회귀는 복잡한 큰 차원의 스파스 데이터 집합에서도 잘 작동하는 경향이 있다.

- 클래식 회귀 문제에는 단일 독립 변수와 종속 변수가 포함됨. 이를 단순 회귀라고 함.
- 다중 선형 회귀에는 단일 종속 변수에 영향을 주는 둘 이상의 독립적인 변수가 포함됨. 단일 숫자 결과를 예측하는데 여러 입력을 사용하는 문제를 다변량 선형 회귀라고도 함.
- 다중 레이블 회귀는 단일 모델 내에서 여러 종속 변수를 예측하는 태스크임. 예를 들어, 다중 레이블 로지스틱 회귀에서 샘플은 여러 다른 레이블에 할당될 수 있음. 이는 단일 클래스 변수 내에서 여러 수준을 예측하는 작업과는 다름.

3.2.2.2.3. 선형 회귀

신경망은 image 인식과 같은 복잡미묘한 문제의 모델링과 심층 학습에서 사용되는 기술로 유명하지만 회귀 문제에 맞게 쉽게 조정된다. 적응 가중치를 사용하고 입력의 비선형 함수 근사치를 산출할 수 있는 모든 클래스의 통계 모델을 신경망이라고 할 수 있다. 그리하여

신경망 회귀는 보다 전통적인 회귀 모델로 해결할 수 없는 문제에 적합하다.

신경망 회귀는 감독 된 학습 메서드이므로 레이블 열을 포함하는 태그가 지정된 데이터 집합이 필요하다. 회귀 모델은 숫자 값을 예측하기 때문에 레이블 열은 숫자 데이터 형식이어야 한다.

모델 학습을 위한 입력으로 모델 및 태그가 지정된 데이터 집합을 제공하여 모델을 학습할 수 있다. 그러면 학습된 모델을 이용하여 새 입력 예제에 대한 값을 산출할 수 있다.

3.2.2.2.4. 포아송 회귀

포아송 회귀는 보통 개수를 모델링하는데 사용되는 특수 회귀 분석 유형이다. 예를 들어 다음과 같은 시나리오에서 포아송 회귀를 사용하면 유용하다.

- 항공편과 관련된 콜드 핫수 모델링
- 이벤트 중에 응급 서비스 호출 수 예측
- 프로모션 이후 고객 문의 수 예측
- 대체 테이블 만들기

응답 변수에는 포아송 분포가 있으므로 모델은 가장 정사각형이 아닌 회귀와 같이 데이터 및 확률 분포에 대해 서로 다른 가정을 한다. 따라서 포아송 모델은 다른 회귀 모델과 다르게 해석되어야 한다.

3.2.2.3. Clustering 기준

3.2.2.3.1. K-평균 클러스터링

가장 간단하고 알려진 자율 학습 알고리즘 중 하나입니다. 다음과 같은 다양한 기계 학습 작업에 알고리즘을 사용할 수 있다.

- 비정상 데이터 검색
- 텍스트 문서 클러스터링
- 다른 분류 또는 회귀 방법을 사용하기 전에 데이터 집합 분석 클러스터링 모델을 만들려면 다음을 수행함.
- 이 모듈을 파이프라인에 추가함.
- 데이터 집합을 연결함.
- 매개변수를 설정함. (예: 원하는 클러스터 수, 클러스터를 만드는데 사용할 거리 매트릭 등)

모듈 하이퍼 매개변수를 구성한 후 학습된 모델을 클러스터링 학습 모델에 연결한다. K-알고리즘은 자율 learning 메서드이므로 레이블 열린 선택 사항이다.

데이터에 레이블이 포함되어 있으면 레이블값을 사용하여 클러스터를 선택하고 모델을 최적화할 수 있다.

데이터에 레이블이 없는 경우 알고리즘은 데이터에만 기반하여 가능한 범주를 나타내는 클러스터를 만든다.

일반적으로 클러스터링은 반복 기법을 사용하여 데이터 집합의 사례를 유사한 특성을 가진 클러스터로 그룹화한다. 이러한 그룹화는 데이터를 탐색하고, 데이터의 비정상 상태를 식별하고, 궁극적으로 예측을 수행하는 데 유용하다. 클러스터링 모델을 통해 검색 또는 간단한 관찰로 인해 논리적으로 파생되지 않는 데이터 집합의 관계를 식별할 수도 있다. 이러한 이유로 클러스터링은 종종 기계 학습 작업의 초기 단계에서 데이터를 탐색하고 예기치 않은 상관관계를 검색하는 데 사용된다.

K-수단 메서드를 사용하여 클러스터링 모델을 구성하는 경우 모델에 원하는 중심 수를 나타내는 대상 숫자 K를 지정해야 한다. 중심은 각 클러스터를 대표하는 지점이다. K는 클러스터 내 제곱합을 최소화하여 들어오는 각 데이터 요소를 클러스터 중 하나에 할당한다.

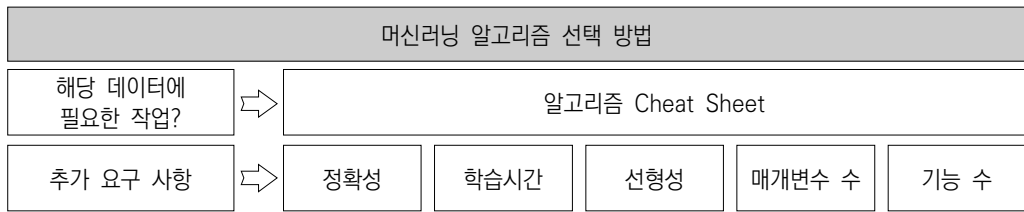
학습 데이터를 처리할 때 K는 임의로 선택된 중심의 초기 집합으로 시작한다. 중심은 클러스터의 시작 지점으로 사용되며 로이드의 알고리즘을 적용하여 해당 위치를 반복적으로 구체화한다. K는 다음 조건 중 하나 이상을 충족하는 경우에서 클러스터의 빌드 및 구체화를 중지한다.

- 중심 안정화 됨. 즉, 개별점에 대한 클러스터 할당은 더 이상 변경되지 않으며 알고리즘은 솔루션에서 수렴됨
- 알고리즘에서 지정된 수의 반복 실행을 완료하였음

학습 단계를 완료한 후에는 데이터를 클러스터에 할당 모듈을 사용하여 K 수단 알고리즘을 사용하여 찾은 클러스터 중 하나에 새 사례를 할당한다. 새 사례와 각 클러스터의 중심 간 거리를 계산하여 클러스터 할당을 수행한다. 각 각의 새 사례는 가장 가까운 중심로 클러스터에 할당된다.

3.2.3. 머신러닝 알고리즘 선택 방안

수많은 머신러닝 알고리즘을 최적으로 선택하기 위한 합리적인 선택방안 프레임워크이다.



〈그림 3-4〉 머신러닝 알고리즘 선택 프레임워크

3.2.3.1. 머신 러닝 알고리즘 참고 자료 시트(Cheat Sheet)

Azure Machine Learning⁵⁴⁾에는 분류, 클러스터링, 추천 시스템, 변칙 검색, 회귀 및 텍스트 분석 제품군의 많은 알고리즘 라이브러리가 있으며, 각 항목은 다양한 형태의 기계 학습 문제를 해결하기 위해 연구되어 활용되고 있다.

알고리즘 Cheat sheet에서 제공된 제안 사항은 대략적인 위치 조정 규칙이다. 제안을 변형하거나 명백하게 위반할 수 있다. 이 참고 자료 sheet는 시작점을 제안하기 위한 것이다. 데이터에 대해 여러 알고리즘을 실행하고 비교해 보자. 각 알고리즘과 데이터를 생성한 시스템의 원칙을 정확하게 이해하는 것은 간단하지 않은 문제이다.

모든 머신러닝 알고리즘에는 자체 스타일이나 귀납적 바이어스가 있다. 특정 문제에 대해 여러 알고리즘이 적합할 수 있고, 아울러 한 알고리즘이 다른 알고리즘보다 더 적합할 수 있다. 그러나 어떤 것이 가장 적합한지 항상 미리 알 수 없는 것이 현실이다. 이런 경우에 여러 알고리즘이 참고 자료에 함께 나열될 수 있다. 적절한 전략은 한 알고리즘을 시도하고 난 후 결과가 만족스럽지 않을 경우 다른 알고리즘을 시도하는 것이다.

〈표 3-10〉 Microsoft Azure Machine Learning Algorithm Cheat Sheet

요구사항	요구사항별 방안
Extract information from text	Text Analytics
Predict value	Regression
Generate recommendations	Recommenders
Discover structure	Clustering
Find unusual occurrences	Anomaly Detection
Predict between several categories	Multiclass Classification
Predict between 2 categories	Two-class Classification
Classify images	Image Classification

20) Azure Machine Learning : 마이크로소프트가 오픈소스 기반으로 애저라는 공통된 클라우드에서 최적의 개발 환경을 경험하고 AI 개발자가 인프라에 대한 고민 없이 개발에만 집중할 수 있도록 지원하는 환경 제공

3.2.3.2. 머신러닝 알고리즘 선택시 고려 사항

기계 학습 알고리즘을 선택할 때 다른 요구사항을 고려해 두어야 한다. 다음은 정확도, 학습시간, 선형, 매개변수 개수 및 기능 수와 같은 고려해야 할 추가 요소이다.

3.2.3.2.1. 정확도

기계 학습의 정확도는 전체 사례에서 실제 결과의 비율로 모델의 효율성을 측정한다. 머신러닝 디자이너에서 모델 평가 모듈은 산업 표준 평가 메트릭 집합을 계산한다. 이 모듈을 사용하여 학습된 모델의 정확도를 측정할 수 있다.

최대한 정확한 답을 얻는 것은 항상 필요한 것은 아니다. 용도에 따라 근사치가 적절한 경우도 있다. 이 경우 더 근접한 방법을 사용하여 처리 시간을 크게 줄일 수 있다. 또한 대략적인 방법은 자연스럽게 과잉 맞춤을 방지하는 경향이 있다.

모델 평가 모듈을 사용하는 방법에는 3가지가 있다.

- 모델을 평가하기 위해 학습 데이터에 대한 점수 생성
- 모델에 점수를 생성하지만 이러한 점수를 예약된 테스트 집합의 점수와 비교함.
- 동일한 데이터 집합을 사용하여 서로 다른 두 개의 관련 모델에 대한 점수를 비교함.

기계 학습 모델의 정확도를 평가하는데 이용할 수 있는 메트릭 및 방법의 전체 목록은 모델 평가 모듈을 참조한다.

3.2.3.2.2. 학습시간

감독 학습에서 교육은 기록 데이터를 이용하여 오류를 최소화하는 기계 학습 모델을 구성하는 것을 의미한다. 모델을 학습하는데 필요한 시간은 알고리즘에 따라 크게 다르다. 학습시간은 종종 정확도와 밀접하게 연관되어 있다. 하나는 일반적으로 다른 항목과 함께 제공된다.

그리고 일부 알고리즘은 다른 항목 보다 데이터 요소 수에 보다 민감한 특성이 있다. 무엇보다도 데이터 집합이 큰 경우 시간제한이 있기 때문에 특정 알고리즘을 채택할 수 있다.

머신러닝 디자이너에서 기계 학습 모델을 만들고 사용하는 과정은 기본적으로 다음 3 단계로 진행된다.

첫째, 특정 알고리즘 유형을 선택한 다음 매개변수 또는 하이퍼 매개 변수를 정의하여 모델을 구성된다.

둘째, 레이블이 지정되고 알고리즘과 호환되는 데이터를 포함하는 데이터 집합을 지원

합니다. 데이터와 모델을 모두 연결하여 모델 학습 모듈을 학습한다.

셋째, 학습을 완료한 후 점수 평가 모듈 중 하나를 사용하여 학습된 모델을 사용하여 새 데이터에 대한 예측을 만든다.

3.2.3.2.3. 선형성

통계 및 기계 학습의 선형은 데이터 집합의 변수와 상수 간에 선형 관계가 있음을 의미한다. 일반적인 사례로써 선형 분류 알고리즘은 클래스를 직선(또는 더 높은 차원의 아날로그)으로 구분할 수 있다고 예상한다.

많은 기계 학습 알고리즘에서 선형성을 활용한다. Azure Machine Learning 디자이너에는 다음이 포함된다.

- 다중 클래스 로지스틱 회귀
- 2 클래스 로지스틱 회귀
- 지원 벡터 컴퓨터

선형 회귀 알고리즘은 데이터가 직선을 따르는 경향이 있다고 가정한다. 이러한 가정은 일부 문제에 대해서는 나쁘지 않지만 다른 경우에는 정확도가 떨어진다. 이러한 단점에도 선형 알고리즘은 첫 번째 전략으로 널리 이용되고 있다. 알고리즘 방식으로 간단하고 학습 시간이 최대한 빠른 경향이 있다.

3.2.3.2.4. 매개변수 수

매개변수는 데이터 과학자가 알고리즘을 설정할 때 스위칭하기 위한 노브이다. 이는 오류 허용 여부, 반복 횟수 등 알고리즘의 동작에 영향을 주는 숫자 이거나 알고리즘이 동작하는 방법의 변형 사이에 있는 옵션이다. 알고리즘의 학습시간 및 정확도는 적절한 설정에만 영향을 받는 경우가 있다. 일반적으로 많은 수의 매개변수를 포함하는 알고리즘에서는 가장 많은 평가판 및 오류가 발생하므로 좋은 조합을 찾을 수 있다.

또는 머신러닝 디자이너에 모델 하이퍼 매개변수 조정 모듈이 있다. 이 모듈의 목표는 기계 학습 모델에 대한 최적의 하이퍼 매개변수를 결정하는 것이다. 모듈은 다양한 설정 조합을 사용하여 여러 모델을 작성하고 테스트한다. 모든 모델에 대해서 메트릭을 비교하고 설정의 조합을 가져온다.

이 방법은 매개변수 공간을 확장하는 좋은 방법이지만 모델을 학습하는데 필요한 시간은 매개변수 수를 사용하여 급격하게 증가한다. 장점은 기본적으로 매개변수를 많이 포함할수록 알고리즘의 유연성이 향상된다는 것이다. 매개변수 설정의 올바른 조합을 찾을 수 있다면 매우 좋은 정확도를 얻을 수 있는 경우가 많다.

3.2.3.2.5. 기능 수

기계 학습에서 기능은 분석하려는 현상을 측정하는 변수이다. 특별한 데이터 형식의 경우 데이터 요소에 비해 기능 수가 매우 많을 수 있다. 보통 genetics 또는 텍스트 데이터가 그렇다.

많은 기능을 통해 학습시간을 unfeasibly 빠뜨릴 수 있다. 지원 벡터 컴퓨터는 기능이 많은 시나리오에 특히 적합하다. 이러한 이유로 대부분의 응용 프로그램에서는 텍스트 및 이미지 분류에 대한 정보 검색에서 사용된다. 지원 벡터 컴퓨터는 분류 및 회귀 작업 모두에 사용할 수 있다.

지정된 출력의 경우 기능 선택은 입력에 통계 테스트를 적용하는 프로세스를 의미한다. 목표는 출력의 예측 가능성이 더 높은 열을 선정하는 것이다. Machine Learning 디자이너의 필터 기반 기능 선택 모듈은 선정할 수 있는 여러 기능 선택 알고리즘을 제공한다. 선택모듈에는 카이 제곱 값 및 피어슨 상관관계와 같은 상관관계 메서드가 수반되어 있으며, 순열 기능 중요도 모듈을 이용하여 데이터 집합에 대한 기능 중요도 점수 집합을 산출할 수 있다. 그런 다음 이러한 점수를 활용하여 모델에서 사용하기에 가장 적합한 기능을 결정하는데 도움을 준다.

3.2.4. 머신러닝 주요 알고리즘 비교

3.2.4.1. 분류(classification) 기준

알고리즘	정확도	학습 시간	선형성	매개변수	참고
2 클래스 로지스틱 회귀	좋음	빠름	예	4	
2 클래스 의사 결정 포리스트	우수	보통	아니요	5	더 느린 점수 매기기 시간을 표시합니다. 누적 트리 예측의 디어지 잠금으로 인 한 더 느린 점수 매기기 시간 때문에 일대다 다중 클래스를 사용 하지 않는 것이 좋음
2 클래스 승격 된 의사 결정 트리	우수	보통	아니요	6	큰 메모리 공간
2 클래스 신경망	좋음	보통	아니요	8	
2 클래스 평균 퍼셉트론	좋음	보통	예	4	

알고리즘	정확도	학습 시간	선형성	매개변수	참고
2 클래스 지원 벡터 컴퓨터	좋음	빠름	예	5	큰 기능 집합의 적합
다중 클래스 로지스틱 회귀	좋음	빠름	예	4	
다중 클래스 의사 결정 포리스트	우수	보통	아니요	5	더 느린 점수 매기기 시간 표시
다중 클래스 승격 된 의사 결정 트리	우수	보통	아니요	6	적용 범위가 적은 몇 가지 위험으로 정확도를 향상 시키는 경향이 있음
다중 클래스 신경망	좋음	보통	아니요	8	
One-vs-all 다중 클래스	-	-	-	-	선택된 2클래스 메서드의 속성을 참조함

3.2.4.2. 회귀(Regression) 기준

알고리즘	정확도	학습 시간	선형성	매개변수	참고
선형 회귀	좋음	빠름	예	4	
의사 결정 포리스트 회귀	우수	보통	아니요	5	
승격 된 의사 결정 트리 회귀	우수	보통	아니요	6	큰 메모리 공간
신경망 회귀	좋음	보통	아니요	8	

3.2.4.3. 클러스터링(Clustering) 기준

알고리즘	정확도	학습 시간	선형성	매개변수	참고
K-클러스터링	우수	보통	예	8	클러스터링 알고리즘

3.4. 최신 연구 동향_알고리즘 적용 사례

3.4.1. 제조 분야

사례1) 제조기업에서 공장 센서 및 사물인터넷에서 수많은 양의 데이터를 수집하며

이는 머신러닝에 이상적인 모델이다. 컴퓨터 시각 및 이상 감지 알고리즘은 품질 관리에 이용되며 유지 보수 및 수요 예측으로부터 새로운 서비스 제공까지 모든 것들에 머신러닝 알고리즘이 이용되고 있다.

사례2) 자동차 제조기업의 재규어 랜드로버의 신형 차량에는 60개의 온보드 컴퓨터가 탑재되어 있고, 이 컴퓨터는 2만 개 이상의 매트릭스를 기준으로 매일 1.5GB의 데이터를 생성하고 있다.

재규어 랜드로버 엔지니어들은 머신러닝을 이용해서 이 데이터에서 고객이 차량운전 습관차원에서 어떻게 사용했는지를 파악한다. 이렇게 얻은 정확한 사용 데이터를 통해 설계자는 부품 고장과 잠재적 안전 위험을 예측할 수 있고, 이를 통해서 예상되는 조건에 따라 적절히 차량을 수리유지보수활동에 활용하고 있다.

사례3) 아이폰11 시리즈에는 iOS 13이 적용 업데이트 되었다. 여기에는 머신러닝을 기반으로 한 배터리 최적화 기능이 탑재되어 있었는데 이는 배터리 상태를 파악하고 배터리의 수명을 연장하는 역할을 하고 있다. 리튬이온배터리는 충·방전을 지속적으로 수행하면 수명이 짧아지며, 100% 충전은 배터리 수명을 앞당기는 것으로 알려져 있다.

일반적으로 배터리 잔량을 40-80% 수준으로 유지하면 더 오래 사용할 수 있는 특성에 따라서 iOS 13에 탑재된 '최적화된 배터리 충전' 옵션은 머신러닝을 통해 사용자의 휴대폰 이용 습관을 학습하고 충전 용량을 결정하는 방식으로 작동된다. 전에는 충전 케이블 연결 시, 무조건 100% 충전이 되었지만, 옵션이 활성화되면 우선 80%까지 충전이 된후 나머지는 사용자가 아이폰을 사용할 때 충전이 되는 방식이다.

3.4.2. 재무 분야

사례1) 수많은 데이터와 이력 레코드가 제공되는 금융은 머신러닝에 가장 적합한 산업 중에 하나이다. 주식 거래, 사기 감지, 대출 승인, 위험 평가 및 보험 인수에 알고리즘이 이용되고 있다. 그리고 고객에 대한 '일상적인 자문 및 사용자 목표에 따른 포트폴리오 조정에도 널리 이용되고 있다.

3.4.3. 의료 분야

사례1) 머신러닝 알고리즘은 투입한 시간과 관계없이 연구팀이나 의사들보다 더 높은

수준의 데이터를 처리하고 더 많은 패턴을 발견할 수 있는 특성이 있으며, 사물인식기술을 이용하여 환자의 건강 상태를 실시간으로 체크할 수 있는 웨어러블 장치와 센서 영향으로 의료 산업은 머신러닝이 빠르게 성장하는 분야가 되고 있다.

3.4.4. 마케팅 및 영업 분야

사례1) 고객이 좋아할 만한 상품을 추천하는 웹사이트도 머신러닝을 활발하게 이용하고 있다. 과거 고객의 검색 및 구매 기록을 분석하여 상품 추천 및 홍보에 사용할 수 있고, 또한 이렇게 데이터를 분석 및 활용하여 쇼핑 경험을 개별화하는 추세는 산업의 미래로 다가오고 있는 것이 오늘날 현실이다.

사례2) 광고 기술 기업 디스틸러리는 머신러닝을 사용해 Verizon, Williams-Sonoma와 같은 기업이 실시간 입찰 플랫폼에서 목표 디지털 디스플레이 광고를 진행하도록 하고 있다.

디스틸러리는 개인의 브라우징 내역, 방문, 클릭 및 구매에 대해 수집된 데이터를 사용한 번에 수천 개의 광고 캠페인을 처리하며 초당 수천 건의 예측을 실행하고 있다.

덕분에 디스틸러리는 투자대비 최고의 결과를 얻기 위한 목표 광고에서 인간 마케터보다 훨씬 더 좋은 성과 결과물을 만들어 내고 있다.

사례3) 컴캐스트는 X1 인터랙티브 TV 서비스 고객을 위해 각 고객의 이전 시청 습관을 기반으로 한 실시간으로 개인 커스터마이징 되어진 콘텐츠를 추천하고 있다.

Comcast가 운영하는 머신러닝은 수십억 개의 내역 기록을 사용해 각 고객별로 고유한 취향 프로필을 작성한 다음, 공통의 취향을 가진 고객을 클러스터로 구분하고 있고, 다음 각 고객 클러스터를 대상으로 가장 인기 있는 콘텐츠를 실시간으로 추적, 표시해서 고객이 현재 인기 있는 콘텐츠를 볼 수 있도록 지원하고 있다. 더 정확한 추천으로 이용율을 높이고 고객 만족도도 같이 상승하고 있다.

3.4.5. 정부 분야

사례1) 공공의 안전을 담당하는 정부 부처와 공공서비스를 제공하는 정부기관에서는 수많은 데이터를 보유하고 있기 때문에 머신러닝으로 인사이트를 획득할 수 있는 기회가 두드러지게 많다. 실제 사례를 보면, 센서 데이터를 분석하여 효율성을 높이고 비용부담을 절감할 수 있는 방법을 도출 할 수도 있고 머신러닝을 이용하여 사기를 감지하고 개인

정보 도용을 최소화할 수는 기능이 있다.

3.4.6. 운송 분야

사례1) 수익성을 높이기 위해 이동 경로를 최적화하여 배치하고 잠재적인 문제를 예측해야 하는 운송시장에서도 데이터를 분석하여 패턴과 트렌드를 찾아내는 기술이 핵심 기술로 각광을 받고 있다. 따라서 대중 교통 서비스, 택배 업체 및 기타 운송 기업은 머신러닝의 데이터 분석과 모델링 기술을 중요한 분석 솔루션으로 활발히 이용하고 있다.

3.4.7. 문화 및 예술 분야

사례1) 2017년 미국 구글 본사에서는 인간의 예술을 이해하고 이를 재창작하는 ‘마젠타 프로젝트’를 발표하였고, 이에 예술 창작 학습 AI 알고리즘을 설계하는 ‘마젠타 프로젝트’는 1천여 가지 악기와 30여만 가지의 음색이 담긴 데이터베이스를 구축하여 이를 AI에 학습시켜 새로운 소리와 새로운 음악을 창작하였다.

머신러닝이 인간의 고유 영역이었던 ‘예술 분야’까지 마스터할 시기가 미래에 곧 다가올 가능성을 보여준 사례이다.

3.4.8. 방송 분야

사례1) 최근에 머신러닝의 한 분야이면서도 더 앞서 나간 ‘딥러닝’을 활용한 얼굴합성 영상기술이 개발되었다.

얼굴 특징 추출과 피부합성, 감정표현 등 첨단기술을 적용하고 영상과 음성을 결합해 훈련 과정을 거쳐 실제 사람을 똑닮은 AI 영상을 제작하여 배포하였다.

인공지능 앵커는 기자들이 뉴스 기사를 입력하면 인공지능이 앵커의 목소리와 동작으로 똑같이 말할 수 있는 기술이다. 인공지능 앵커를 통해 TV 뉴스의 제작 생산성을 높이고 비용을 절감할 수 있으며, 긴급 보도 시 관련 영상을 빠르게 만들 수 있다는 장점까지 포함하고 있다. 업계 관계자는 얼굴합성 기술을 이용해 향후 인공지능 뉴스뿐 아니라 엔터테인먼트, 커머스 분야까지 확대 제공할 예정이다.

사례2) 머신러닝이 달성한 또 하나의 성공 사례로는 약 95% 정확도를 자랑하는 녹취 타이핑 서비스가 있다. 한국의 액션파워라는 기업은 음성을 그대로 받아써주는 ‘다글로’를 개발 출시하였으며, 자체 개발 기술로 정확도가 맥시멈 95%에 이르는 다글로는 가장

빠르고 쉽게 메시지를 전달할 수 있는 방법인 ‘음성’을 글자로 입력해주는 서비스를 제공하고 있다.

60~70%의 정확도를 가진 구글 음성인식 텍스트 변환 서비스보다 압도적인 성과를 도출하였고, 기자부터 애널리스트, 속기사, 일반 회사원들까지 인터뷰나 미팅에서 나온 녹음파일 자료를 손쉽게 정리할 수 있는 기능을 갖추게 되었다.

3.5 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN)

순환 신경망은 개체 간의 연결이 되어 있는 데이터의 형태를 구성하는 신경망을 말한다. 순환 신경망은 내부의 데이터를 활용하여 주기적인 재고 모형 등에 활용되거나 연결된 데이터를 분석하는데 많이 활용되고 있다. 데이터의 일정 패턴을 학습시켜 가장 오차가 적은 패턴으로 수요예측을 할 수 있도록 구성되어 있다. 순환 신경망을 구성할 수 있는 구조에는 여러가지 방식이 사용되고 있다. 다만 데이터의 사이즈가 매우 많이 요구된다는 점에서 한계점이 있다고 할 수 있다.

IV. 군시스템 의사 결정 시스템 적용 방안

4.1. 현 시스템의 문제점 분석 및 제안

현재 군 물자 정보체계는 통계적인 기법 혹은 기존의 다양한 의사 결정 시스템을 활용하여 운영하고 있다. 자료의 생성에서부터 관리와 보존 등에 있어서 방대한 양의 자료를 평가하고 일정 기간마다 의사 결정을 내리고 있다. 그러나 현재의 많은 이러한 의사 결정 시스템은 군의 의사 결정 현재 시스템은 다양한 군종 및 시스템에 세분화된 의사 결정 체계가 적용되지 못하고 있는 현실이다. 군에서의 의사 결정은 반복적이며 주기적인 패턴과 비상시의 급격한 변화에 대한 resilience를 확보하는 두 가지 축을 바탕으로 내려져야 한다. 현재의 의사 결정 지원시스템의 경우에는 이러한 두 가지 축을 평가하는데 있어서 세분화된 의사결정을 내리는 것에 한계가 있다고 하겠다.

현재는 데이터 수집 능력이 개선 되었을 뿐 아니라 처리 속도의 향상으로 인하여, 데이터 수집을 통해 각 품목별 형태를 분석할 수 있게 되었다.

따라서, 머신러닝 알고리즘 선택 방안 등을 통하여, 각 품목별 적용 및 도입에 대한

논의가 필요할 것이라 판단된다.

이러한 시스템의 도입을 통해 딥러닝 기반으로하여 전처리과정과 학습모델의 생성과 구축을 통해 각 데이터의 형태에 따라 적합한 알고리즘을 적용할 수 있게 될 수 있을 것이라 판단된다.

즉, 동적인 의사 결정 지원 시스템을 구축하여, 각 데이터의 변화 및 패턴에 따라 적합한 의사 결정 지원 시스템을 제안하여, 개선된 의사 결정을 내릴 수 있도록 지원 가능할 것이라 판단된다.

특히, 군의사 결정 시스템에 구축되어 있는 데이터의 양이 방대하며, 주기적인 패턴을 보이고 있다는 점에서 학습을 통한 딥러닝 기법의 적용이 요구되며 그 효과성이 크다 하겠다. 이를 위해서는 기존의 다른 연구에서도 지적되었던 데이터의 표준화된 입력과 저장, 그리고 관리가 주요한 과제라 하겠다. 이를 통해 각 제품별, 품종별 특성에 맞는 데이터의 형태를 스스로 학습하고 수요예측이 가능한 Recurrent Neural Network와 같은 순환 신경망 기법을 활용할 수 있을 것이라 판단된다. 해당 접근법을 통하여, 일정 기간별 수요를 예측하고 예측의 정확값에 대해 스스로 그 오차를 평가하여 학습하는 형태로 각 패턴에 적합한 값을 도출할 수 있을 것이라 기대된다.

〈참고 문헌〉

1. 영문

Dozic, S., "Multi-criteria decision making methods: Application in the aviation industry", *Journal of Air Transportation Management* 79 (2019), 1-22.
- Satty, T.L., *The Analytic Network Process* - Kadoic, N., Redep, N.B., Divjak, B., *Decision Making with the analytic Network Process*

Steering Committee for the Review of Commonwealth/State Service Provision 1997, *Data, Envelopment Analysis: A technique for measuring the efficiency of government service delivery*, AGPS, Canberra. pp. 10-18.

2. 국문

국방부령 제1010호 「군수품관리법 시행규칙」.

금융감독원, 2000, "새로운 상시감시수단으로서의 DEA 기법", *금융감독정보* 제2000-13호. pp. 8-24.

김동주 (2006), "네트워크 중심 전쟁 시대의 군수지원체계 발전연구 -One-stop 지원체계를 중심으로-, 경기대학교 정치전문대학원 박사학위 논문.

김재동, 이한준 (2017), 데이터 마이닝 기반의 수리부속 수요예측 연구, *한국인터넷정보학회논문지*, 18(1), 121-129.

김재동, 이한준 (2019), 기계학습 기반의 대공장비 수리부속 수요예측모형 연구, *한국데이터정보과학학회지*, 30(3), 587-596.

김한수 (2018), 국방물자정보체계 개선사항 도출을 위한 ATC-R기반 인지모델 개발, *군사논단*, 90, 172-191.

김형태, 김수환 (2019), 데이터마이닝 기반 육군 수리부속 수요예측, *한국데이터정보학회지*, 30(2), 429-444.

박창일 (2001), 정보화 정책 및 정보기술 발전과 국방부정보체계의 건설 및 관리에 관한 연구, *성균관대학교 석사학위 논문*.

선미선, 우제웅 (2009), 한국군의 수리부속 수요예측 발전방안 연구, *국방정책연구*, 25(3), 201-234.

- 오병훈 (2017), 딥러닝을 이용한 무기체계 수리부속의 간헐적 수요 예측, 고려대학교 정보통신대학원 석사학위 논문.
- 우훈식, 이봉호, 박정갑 (2009), 효율적인 국방물자 보급체인을 위한 웹 기반 정보체계의 설계 및 구현, 한국국방경영분석학회지, 35(1), 83-93.
- 원형묵 (2005), 제품특성에 따른 군수품의 유형분류와 공급사슬관리에 미치는 영향 분석, 명지대학교 박사학위 논문.
- 이기원 (2011), 자동인식기술을 활용한 군수정보시스템 발전방안에 관한 연구, 고려대학교 경영대학원 석사학위 논문.
- 이동진 (2004), 국방물자 정보시스템 구축의 주요 성공요인에 관한 연구, 호남대학교 경영대학원 석사학위 논문.
- 이보령 (2003), 국방물자 시스템 개발 성과와 효율적인 운용을 위한 개선방안에 관한 연구, 우석대학교 경영행정대학원 석사학위 논문.
- 조성립, 임규건, 이대철 (2012) 국방물자정보시스템 성능개선 사업평가에 대한 사례, 한국 IT서비스학회지, 11(1), 109-123.
- 조철희 (2004), M&S를 활용한 군 물류 정보체계 효과분석에 관한 연구 -육군 물류체계를 중심으로-, 국방대학교 국방관리대학원 석사학위 논문.
- 최종근, 최상영 (2002), 미래 국방 군수시스템 구축 방향 연구, 한국국방경영분석학회지, 28(1), 1-16.
- 홍정민 (2003), 국방 군수통합정보체계 구축에 관한 연구, 국방대학교 석사학위 논문.
- 조경수, 김영성 (2012), 미래 군단 중심의 군수지원을 위한 제대별 적정보급수준, 한국군사문제연구원.
- 조선이 (2016), 컨조인트 분석을 통한 항공사 선택속성에 관한 연구, 관광레저연구 28(2), 421-434(14 pages)
- 배준호 (2010), DEA분석을 이용한 특급호텔외식사업부의 경영효율성에 관한 연구:서울 지역 레스토랑 중심으로, 경희대학교 대학원
- 차성엽 (2014), DEA를 활용한 지사 성과 평가 방법론에 관한 연구, 한양대학교 대학원
- 김형수 (2006), 도시홍수 잠재위험도 및 피해액 산정, 도시홍수재해관리기술연구사업단
- 송원석 (2006), 항공운항의 품질보증(FOQA)시스템 선정에 관한 실증연구, 한국항공대학교 경영대학원
- 허의두 (2011), 항공사 프로모션 혜택에 대한 고객선호도 분석연구, 한국항공대학교 대학원

3. 인터넷 페이지

<https://blog.naver.com/minoodaum/221388371613>

<https://blog.naver.com/iknowiknow/221954048347>

<https://blog.naver.com/rion840915/221183567126>

<https://wooaie.tistory.com/8>

<https://thinkbot.tistory.com/>

<https://tcpschool.com/>

<https://cheshires.tistory.com/>

<http://media.fastcampus.co.kr/knowledge/data-science/ai2019/>

<http://expertchoice.co.kr>

<http://warrenpak.tistory.com>

<http://www.koreaserive.or.kr>

<https://docs.microsoft.com/ko-kr/azure/machine-learning/how-to-select-algorithms>

https://www.sas.com/ko_kr/insights/analytics/machine-learning.html

<https://1boon.kakao.com/gilbut/5a710121ed94d2000165fb01>

<https://www.sap.com/korea/products/leonardo/machine-learning/what-is-machine-learning.html>

장교인력 확대방안

: 초급장교 지원인력 확대를 중심으로

국방대학교 교수 손 승 연

국방대학교 교수 정 원 호

- I. 서론
- II. 이론적 배경 및 문헌분석
- III. 단기 복무장교 지원 현황 및 전직지원 제도
- IV. 단기 복무장교 지원인력 확대 방안
- V. 결론

요 약

군에서 장교로 복무한다는 것은 병역을 이행하면서 조직 관리자로서의 역량 및 리더십을 배양할 수 있다는 점, 군의 위계적 특성 상 장교에 대한 사회적 인식이 비교적 우호적이라는 점, 전역 후 취업 과정에서 장교로 군 복무한 것이 도움이 된다는 점 등으로 인해 학군사관 및 학사사관 후보생 과정에 대한 일반 대학생들의 관심은 지속되어 왔다. 아울러 장학금 제도 등 군에서 제공하는 재정적 후원 또한 장교로 복무하고자 하는 동기에 정적인 영향을 미치는 요인 중 하나이다. 이로 인해 우리 군은 다수의 지원자 중에서 지식, 체력, 덕성을 갖춘 우수한 자원들을 유인 및 획득하여 군의 초급장교 인력확충은 물론, 창끝부대 전투력 증진, 장교 집단의 질적 수준 유지에 활용해 왔다. 하지만 오늘날 군의 초급장교에 대한 대학생들의 인식은 예전 같지 않다. 인식 변화의 가장 큰 원인은 일반병사의 군 복무기간 단축이다. 그에 따라 복무기간이 상대적으로 짧은 일반병사로 군 복무를 희망하는 대학생들이 점점 늘어나고 있는 것이 현실이다. 관련하여 청년 실업률 상승으로 인한 사회·경제적 환경의 불리함은 미래에 대한 불안감을 야기시켜 조금이라도 일찍 전역하여 취업을 준비하고자 일반병사를 선호하는 대학생의 비율이 높아지게 하고 있다. 게다가

오늘날의 출생률 저하는 초급장교 획득 문제를 더욱 어렵게 하고 있다. 그에 따라 어떻게 하면 우수한 초급장교를 군이 필요로 하는 수준만큼 획득할 수 있는가 하는 문제는, 창끝 부대 전투력의 증진이라는 군의 일차적인 목표 못지 않게 국가안보의 기초를 공고히 한다는 점에서 매우 의미 있는 주제라 여겨진다. 그에 따라 단기 복무장교 지원에 대한 기피 원인과 현상을 확인하고 이를 해소할 수 있는 방안을 제안하는 것을 목표로 한다.

이를 위해 본 연구는 병 복무기간 연장, 단기 장교복무 기간 단축 등 군 차원에서 해결하기 어려운 주제보다는, 우수한 단기 복무장교 획득을 위한 방안으로 중장기 복무장교 중심으로 운용되고 있는 전직지원 제도의 개선에 초점을 두었다. 단기 복무장교 지원률 증진을 위한 다양한 방안이 고려될 수 있지만, 취업에 대한 불리함을 보완할 수 있는 보다 실용적이고 구체적인 방안을 제시하는 것이 유용성 증대 차원에서 적절하다고 여겨지기 때문이다. 문헌연구를 통해 병역환경이 어떻게 변화하고 있으며, 단기 복무장교들의 지원률은 어떻게 달라져 왔는가를 알아보았다. 다음으로 군 지원률 감소의 원인이 무엇이며 단기 복무장교 획득률 증진을 위한 선행연구들에는 어떤 내용들이 있는지 고찰한 후, 우리 군의 실제 단기 복무장교 지원 실태를 살펴보았다. 아울러 우리 군의 전직지원 서비스와 외국군 사례를 찾아본 다음, 단기 복무장교들의 취업률 제고를 통한 군 유인 동기를 자극할 수 있는 전직지원 제도 상 발전방안을 제안하였다.

구체적으로 본 연구는 군-기업-단기 복무장교 간 선순환체계 구축을 통해 단기 복무장교의 전역 후 취업률을 높이는 것이 중요하다고 주장하였다. 이런 단기 복무장교에 특화된 전직지원 제도가 그들에게 군과 기업에서 공통적으로 중요하게 생각하는 역량이 무엇인지 파악하게 한 후, 취업에 활용될 역량요인들에서 높은 점수를 받을 수 있도록 적극적으로 군 생활을 할 수 있게 하는 동기요인이 될 수 있다고 본다. 즉 군에서 우수하게 평가받은 단기 복무장교가 전역 후 재취업에서도 유리할 수 있도록 모범적으로 군 복무를 할 것으로 여겨진다. 환언하면, 군-기업-단기 복무장교 간 상호 선순환체계를 통해 군과 기업이 협력관계를 구축하게 되면, 군은 단기 복무장교의 복무 활성화라는 결과를, 기업은 원하는 우수한 인재를 획득하는 결과를, 단기 복무장교는 재취업에 유리한 결과를 각각 얻는 윈윈윈(win-win-win)이 된다. 이는 다시 잠재적 단기 복무장교 지원자의 관심과 선호를 이끌어 내어 지원률을 증진에도 기여할 것으로 여겨진다. 아래는 군과 기업 간 단기 복무장교를 대상으로 취업률 제고를 위해 어떤 협력이 필요한지에 대해 요약한 것이다.

〈군-기업 간 협력 절차〉

구 분	주요 내용
군-기업 MOU 체결	<ul style="list-style-type: none"> · 기업요구역량, 군 평가항목을 반영한 “장교 복무자 역량 평가서” 확정 및 제작 · 기업 정보 및 채용 정보 내용 및 제공 시기 협의(수시) · 기업 제공 체험 프로그램 내용, 시기 조율 및 확정(분기 1회) · 단기 복무장교 출신 지원자 서류심사 혜택 협의 · 장교출신 특별전형 채용 방식 조정
입대 시	<ul style="list-style-type: none"> · 기업 정보 및 취업 정보 제공 · 개인 기초자료 기업 제공(본인 동의 하 필요시)
2년 차	<ul style="list-style-type: none"> · 근무평정 시 “장교복무자 역량 평가서” 평가 · 기업 정보 및 채용 정보 제공(수시) · 기업 예비 선발 희망자 모집 및 예비선발 · 개인 기초자료 및 1년간 군복무 평가 자료 기업 제공(본인 동의 시) · 기업체험 프로그램 진행(분기 1회, 개인별 연 2회)
3년차	<ul style="list-style-type: none"> · 근무평정 시 “장교복무자 역량 평가서” 평가 · 기업 정보 및 채용 정보 제공(수시) · 군 복무 평가자료 기업 제공(본인 동의하 필요시) · 기업체험 프로그램 진행(분기 1회, 개인별 연 2회)
전역 시	<ul style="list-style-type: none"> · 군 복무 평가자료 종합 및 기업에 제공(본인 동의 하) · 취업 희망자 지원서 제출(군 복무 평가자료 우수자 서류 심사 혜택) · 예비 선발자 최종 선발

아울러 본 연구는 고용의 안정성을 확보하는 것도 초급장교 지원인력의 확대에 도움이 된다고 주장하였다. 외국군에 비해 상대적으로 짧은 근속기간은 재취업에 대한 부담감과 더불어 사회 및 국가의 짐이 된다. 본 연구는 다수 숙련된 간부들을 보다 장기적으로 군에 활용함으로써 군의 인적자원 활용성을 높이고, 개인에게는 생애 최대 경제 지출기까지 안정적인 군생활을 보장함으로써 군 복무의지 고취 및 가계 안정화를 도모해야 한다고 보았다. 이를 통해 초급장교 지원인력을 확대할 수 있다면, 이는 군 초급장교의 질적 수준 향상으로 우리 군의 창끝 전투력을 강화시켜 전반적인 전투력 증진에 기여할 수 있을 것으로 보았다.

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

우리 군의 장교 복무제도는 크게 장기복무 제도와 단기복무 제도로 구분할 수 있다. 이를 위해 사관학교 또는 일반대학 출신을 대상으로 초급장교를 획득하고 있는데, 일반대학 출신의 경우, 군별 비율의 차이는 있으나 대부분 학군사관 후보생과 학사사관 후보생 과정을 거쳐 양성되고 있으며, 그 비율은 한 해 장교 임관자의 약 89%를 차지하고 있다. 위의 두 가지 제도는 비록 군마다 역사는 다르지만(예: 육군 학사장교 81년 창설, 해군 학사장교 48년 창설) 우리 군의 초급장교 획득에 있어 중요한 축을 담당해오고 있는 것이 사실이다. 군에서 장교로 복무한다는 것은 병역을 이행하면서 조직 관리자로서의 역량 및 리더십을 배양할 수 있다는 점, 군의 위계적 특성 상 장교에 대한 사회적 인식이 비교적 우호적이라는 점, 전역 후 취업 과정에서 장교로 군 복무한 것이 도움이 된다는 점 등으로 인해 학군사관 및 학사사관 후보생 과정에 대한 일반 대학생들의 관심은 지속되어 왔다. 아울러 장학금 제도 등 군에서 제공하는 재정적 후원 또한 장교로 복무하고자 하는 동기에 정적인 영향을 미치는 요인 중 하나이다. 이로 인해 우리 군은 다수의 지원자 중에서 지식, 체력, 덕성을 갖춘 우수한 자원들을 유인 및 획득하여 군의 초급장교 인력확충은 물론, 창끝부대 전투력 증진, 장교 집단의 질적 수준 유지에 활용해 왔다.

하지만 오늘날 군의 초급장교에 대한 대학생들의 인식은 예전 같지 않다. 인식 변화의 가장 큰 원인은 일반병사의 군 복무기간 단축이다. 예를 들어 육군의 경우 1953년에는 복무기간이 36개월이었다가 1959년에는 33개월, 1962년에는 30개월로 축소되었다. 1968년 1·21 사태를 계기로(청와대 무장공비 침투사건) 다시 36개월로 늘어났지만, 1977년 33개월, 1993년 26개월로 다시 단축되었다. 특히 참여정부 시절부터 시작된 국방개혁 2020으로 2011년에 21개월로 단축되었으며, 2020년에는 18개월까지 줄어들었다. 그에 따라 복무기간이 상대적으로 짧은 일반병사로 군 복무를 희망하는 대학생들이 점점 늘어나고 있는 것이 현실이다(김기원, 2009). 두 번째 원인 또한 첫 번째 원인과 무관하지 않은데, 1990년대 후반 외환위기 이후 심화된 청년 실업률의 상승이다. 물론 사회의 실업률 상승이 상대적으로 안정적인 군 생활에 매력을 느끼게 하기도 하였다. 그에 따라 일정 부분 학군 및 학사사관 후보생 지원자 수의 증가로 이어졌다. 하지만 청년 실업률 상승으로 인한 사회·경제적 환경의 불리함은 미래에 대한 불안감을 야기시켜 조금이라도 일찍 전역하여 취업을 준비하고자 일반병사를 선호하는 대학생의 비율이 더 높아

지는 것이 일반적인 현상이다(김기원, 2009). 예를 들어, 서울대, 연세대, 고려대 등 서울 소재 저명 대학들은 과거와는 달리 학군사관 후보생 지원률이 계속해서 떨어지고 있다(서기정, 2012). 세 번째는 장교로서 군 복무 경력이 취업에 그리 유리하지 않다는 인식의 확산이다. 과거에는 장교로 군 복무한 경험이 취업 과정에서 공식, 비공식적인 혜택(예: 가산점 등)을 받기도 하였다. 하지만 최근 일반조직에서는 무형적인 강점보다는 해외연수 경험, 영어점수, 학점 등 정량적인 자료에 대한 의존도가 점점 더 심해지고 있다. 그에 따라 고스펙을 쌓기 위해 조금이라도 일찍 병역을 이행하고, 복학 후 학업과 취업 준비에 몰두하려고 하는 경향이 강하다(NEWS WiRE, 2014). 실제로 일반 대학생들 사이에서는 장교로 군 복무를 한 후 전역하여 공백 기간을 가지고 취업을 준비하는 것보다, 일반병사로 군 복무를 마친 후 복학하여 학업과 취업 준비를 병행하는 것이 더 유리하다고 생각하는 것으로 나타났다(서기정, 2012). 이는 일반기업 취업을 희망하는 대학생뿐 아니라 공무원 또는 교사 임용시험을 준비하는 대학생들도 마찬가지로 장교 복무 중이거나 전역 후 시험을 준비하는 것보다, 복학 후 재학생 신분으로 준비하는 것이 더 낫다고 인식한다는 것이다.

게다가 오늘날의 출생률 저하는 초급장교 획득 문제를 더욱 어렵게 하고 있다. 병역 자원의 감소는 불가피하게 전반적인 지원자 수의 감소를 가져오고, 이는 다시 우수 초급 장교 획득 가능성을 저하시킨다. 그에 따라 위에서 언급한 여러 가지 원인들에 의해 야기 된 문제를 더욱 심각하게 만든다. 어떻게 하면 우수한 초급장교를 군이 필요로 하는 수준 만큼 획득할 수 있는가 하는 문제는, 창끝부대 전투력의 증진이라는 군의 일차적인 목표 못지않게 국가안보의 기초를 공고히 한다는 점에서 매우 의미 있는 주제라 여겨진다. 아울러 초급장교들이 진급을 통해 고위급 장교가 되면 군의 의사결정 주체가 된다는 점에서 미래 국가안보 이슈와 직결된다.

환언하면 본 연구는 군 복무기간 단축, 청년 실업률 증가, 저출산 등 다양한 원인들에 의해 줄어든 군의 초급장교 지원률이, 군 및 국가안보에 심각한 영향을 미칠 수 있다는 것을 전제로 한다. 단기 복무장교로 대변되는 초급장교는 잠시 군 복무를 하는 자원이 아니라 위관장교 집단의 절대 다수를 구성하는 주요 참여자이며, 군 전투력의 기초가 되고, 장기 복무장교의 후보군이기도 하다. 따라서 우수인력 확보 인재풀의 축소와 우수자 획득의 감소는 군 전투력의 저하, 미래 군 지휘부 수준의 저하, 군에 대한 사회적 신뢰 저하 등으로 이어질 수 있다. 따라서 우수한 단기 복무장교를 획득하는 것은 군 본연의 임무 완수뿐 아니라, 국민으로부터 신뢰받고 존경받는 군 이미지를 제고하는 데 필수적이다. 그에 따라 본 연구는 단기 복무장교 지원에 대한 기피 원인과 현상을 확인하고 이를 해소할 수 있는 방안을 제안하는 것을 목표로 한다.

2. 연구범위 및 방법

병 복무기간 단축과 취업에 대한 상대적 불리함 인식이 단기 복무장교 기피의 주요 원인이었으나 상대적으로 짧아진 병 복무기간 연장은 군 차원에서 해결하기 어려운 주제이다. 그에 따라 우수한 단기 복무장교 획득을 위한 방안으로 우선적으로 중·장기 복무장교 중심으로 운용되고 있는 전직지원 제도의 개선에 초점을 두고자 한다. 단기 복무장교 지원률 증진을 위한 다양한 방안이 고려될 수 있지만, 취업에 대한 불리함을 보완할 수 있는 보다 실용적이고 구체적인 방안을 제시하는 것이 유용성 증대 차원에서 적절하다고 여겨지기 때문이다. 이를 위해 먼저 문헌연구를 통해 인력관리 및 국방인력관리의 특성, 인적자원과 군 인적자원, 국방인력관리의 특수성을 살펴볼 예정이다. 또한 병역환경이 어떻게 변화하고 있으며, 단기 복무장교들의 지원률은 어떻게 달라져 왔는가를 알아보고자 한다. 다음으로 군 지원률 감소의 원인이 무엇이며 단기 복무장교 획득률 증진을 위한 선행연구들에는 어떤 내용들이 있는지 고찰한 후, 우리 군의 실제 단기 복무장교 지원 실태를 살펴볼 예정이다. 아울러 우리 군의 전직지원 서비스와 외국군 사례를 찾아본 다음 단기 복무장교 지원인력 확대를 위한 방안을 제안하고자 한다. 즉, 단기 복무장교들의 취업률 제고를 통한 군 유인 동기를 자극할 수 있는 전직지원 제도 상 발전방안을 제안하고자 한다. 아울러 군 자체를 안정적인 직장, 안정적인 직업군으로 인식토록 하는 것도 군에 지원하는 동기에 영향을 미친다고 본다. 그에 따라 장교 정년 연장과 관련된 이슈와 방안을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경 및 문헌분석

1. 인력관리 및 국방인력관리의 특성

가. 인적자원과 군 인적자원

인적자원이란 사람으로부터 나오는 또는 나올 수 있는 경제적·사회적으로 가치있는 자원을 의미한다(Wright, McMahan, & McWilliams, 1994). 인적자원은 사람 개인에게 체화되어 있는 가치있는 지식과 정보, 기술과 기능, 경험과 지혜, 도덕적 품성 등 인적 요소의 총합으로 이해된다는 점에서 종전의 인력(manpower)의 개념보다 확대된 의미를

가진다. 「인적자원개발 기본법」을 보면 ‘인적자원’을 국민 개개인, 사회 및 국가의 발전에 필요한 지식·기술·태도 등 인간이 지니는 능력과 품성을 말한다고 규정하고 있으며(법 제2조 제1호), 또한 ‘인적자원개발’은 국가·지방·단체·공공기관·연구기관·기업 등이 인적자원을 양성·배분·활용하고, 이와 관련되는 사회적 규범과 네트워크를 형성하기 위하여 행하는 제반 활동으로 규정된다(법 제2조 제2호).

한편 인적자원관리의 틀에서 인적자원은 직접적인 고용관계의 테두리에서 조직이 관리, 감독할 수 있는 인력을 지칭하며, 조직이 목적달성을 위해 직접적으로 인적자원을 통제 및 관리하는 것을 인적자원관리라 한다(Wright et al., 1994). 즉 선발, 훈련, 평가, 보상 등의 하위 직능 활동들이 조화, 조정, 통합되어 개인이나 조직의 목표 달성을 위해 인적자원의 유인, 모집, 선발, 유지, 개발 및 이용하는 제반 과정을 일컫는다(Schein, 1988).

이를 군에 적용하면, ‘군 인적자원’은 군 개인에게 체화된 지식·기술·태도 등 군은 물론 사회 및 국가발전에 필요한 능력과 품성으로 정의할 수 있으며, 군 인적자원관리는 ‘군 인적자원의 효율적 개발과 활용을 위한 교육·훈련·기타 활동과 제도 개선을 포함한 군·사회의 제반 노력’으로 정의할 수 있다. 그 중에서도 획득은 군이 소요로 하는 인력을 충원시키는 활동이자, 제반 인적자원관리의 기초가 된다는 점에서 의의가 적지 않다.

나. 인력획득 접근방법

조직은 다양한 기준을 토대로 인력획득을 시도하고 있다. 먼저 학력 중심 대 능력 중심 관점이다. 우리나라의 조직체는 전통적으로 학력을 가장 중요시해 왔으며, 대졸 신입사원 선발에 있어서 입사시험도 그 내용이 대체로 대학교육과 밀접한 관계가 있어서 서울지역의 명문대학 출신에게 유리하게 작용해왔다. 그러나 국내·외의 경쟁압력이 거세지는 가운데 경쟁력 강화를 위한 경영전략과 더불어 선발 과정에도 성과와 능력 개념이 적용되기 시작하였다. 그에 따라 우리나라의 많은 조직들은 학력 중심에서 능력 중심으로 선발기준을 바꾸고 있으며, 따라서 교과서 중심의 지식을 확인하는 단순 입사시험을 없애고 능력을 평가하기 위한 심층 면접과 각종 종합평가제도(assessment center) 등이 선발 도구로 활용되고 있다.

두 번째 기준은 직무 중심 대 경력 중심이다. 조직체의 선발 전략이 직무 중심이나 또는 경력 중심이냐에 따라서 이에 적용되는 기준과 절차가 다르다. 먼저 직무 중심은 직무명세서 중심의 접근 방법(job-based approach)으로서, 이것은 선발 과정에서 주로 충원해야 할 직무의 직무명세서를 기준으로 그 직무를 가장 만족스럽게 수행할 수 있는 자격자를 선택하는 방법이다. 따라서 이 접근방법은 선발 과정에서 대상 직무를 중심으로

지능이나 자질보다는 실제 기술을, 잠재능력보다는 실제 경험을, 그리고 장기적인 개발 가능성에 부가하여 현재의 실적 가능성을 더 강조한다. 반면 경력 중심적 접근방법 (career-based approach)은 충원되어야 할 직무의 자격조건(직무명세서)보다도 지원자의 전체적인 능력을 중심으로 그의 전체 경력을 통하여 조직체에 기여할 수 있는 잠재 공헌도를 예측하고 이에 따라 적격자를 선발하는 방법이다. 그러므로 이 방법은 실제 기술보다는 지능이나 자질을, 경험보다는 잠재능력을, 그리고 단기적인 성과보다는 장기적인 능력 개발 가능성을 더 강조하게 된다. 따라서 이러한 특성을 측정하기 위한 도구들이 많이 활용된다. 이들 접근 방식은 직무의 성격과 조직체 상황에 따라서 그 적용성이 다른데, 직무 내용의 전문성이 높을수록 직무에 명시된 자격요건에 의하여 선발이 이루어지는 경향이 크고, 직무 내용이 일반성을 띄고 조직체 여건도 다변성을 지닐수록 경력 중심의 접근방법이 적용되는 경향이 높다. 마찬가지로 인력획득 접근방법에 따라서 선발 과정에서 적용되는 선발 도구와 선발기준이 달라진다.

다. 모집과 선발, 역량

모집(recruitment)은 조직이 필요로 하는 인력을 조직으로 끌어들이는 과정을 의미한다. 따라서 모집은 조직의 목표 달성에 기여할 수 있는 외부 인력의 원천을 개발하고, 이들 인력으로 하여금 조직에 관심을 갖고 조직에서 일할 기회를 찾도록 만드는 과정이다. 그러므로 모집은 인적자원 확보에 있어서 우선적인 인적자원관리 기능으로 조직의 이미지와 관련된 조직 전반에 대한 일반적인 정보 제공으로부터 시작하여 구체적인 홍보와 지원서의 접수에 이르기까지 여러 가지의 활동으로 구성된다. 모집을 통하여 지원서가 접수되면 선발 과정이 시작되는데, 선발(selection)은 주어진 조직 상황에서 지원자 중에서 가장 적합한 자격을 갖추었다고 생각되는 사람들을 선택하는 과정이다. 선발은 조직의 새로운 인적자원을 선택하는 과정인 만큼, 인적자원관리에서 가장 중요한 기능 중의 하나라고 할 수 있다. 모집과 선발에 노력을 기울이는 이유는 역량이 우수한 인적자원을 확보하기 위함이다. ‘역량(Competency)’이란 개념은 미국의 사회심리학자인 McClelland에 의해 처음 소개되었는데, 그는 역량을 ‘조직이 추구하는 가치나 비전을 달성할 수 있도록 업무를 성공적으로 수행해 낼 수 있는 조직원의 행동특성’으로 정의하였다(McClelland, 1973). 그의 초기 역량에 대한 개념은 그 이후에 나타난 역량과 관련된 논문들의 기초가 되는데 매우 중요한 공헌을 했으며, 이 후 수 많은 학자들에 의해 역량에 대한 개념이 다양하게 정의되고 있다. 다음은 연구자들에 의해 제시된 역량에 대한 다양한 정의들을 정리한 것이다.

〈표 1〉 역량에 대한 정의

구 분	정 의
Klemp(1980)	업무 효과성을 높이고 우수한 성과를 산출하는 개인의 잠재적인 특성
Jacobs(1989)	주로 조직 환경 속에서 탁월하고 효과적으로 업무를 수행해 낼 수 있는 조직원의 행동 특성
Dubois(1993)	삶에서의 역할을 성공적으로 수행하도록 사용되거나 소유하고 있는 개인의 특성에 기초함
Spencer & Spencer(1993)	직무나 상황에서 뛰어난 수행이나 준거관련 효과와 연관된 개인의 특성에 기초함
Parry(1996)	개인이 수행하는 업무의 주요한 부분들에 영향을 주며, 업무성과와 관련성이 높고, 조직에서 널리 받아들여지는 성과 기준에 대비하여 측정될 수 있으며, 교육훈련과 개발을 통하여 개선될 수 있는 지식과 기술, 태도의 집합체
McLagan(1996)	직무나 역할 수행에서 뛰어난 수행자와 관련된 개인의 능력 특성
Schippmann (1999)	측정 가능하고, 업무와 관련되고, 개인의 행동적 특징에 기초한 특성 또는 능력
가은희·이인숙 (2002)	준거에 따른 효과적이고 우수한 행동이나 수행의 원인이 되는 개인의 내적인 특성인 동기과 특질, 자기개념, 지식, 기술을 포괄하는 능력으로 관찰과 측정이 가능한 행동 용어로 작성되는 일반적이며 장기적인 행동 및 사고방식

* 출처 : 가은희·이인숙(2002), 이재경(2002).

역량에 대한 여러 개념적 정의에서 공통적으로 나타나는 특징은 대략 세 가지로 정리된다(이재경, 2002). 첫째, 공통적으로 업무 성과 및 수행과의 연결성을 강조하고 있다. 즉, 역량은 반드시 성과를 산출할 수 있는 수행 능력과 직결되어야 한다는 것이다. 둘째, 연구자에 따라 차이점은 있으나 통상적으로 역량은 객관적으로 습득되는 지식의 영역, 업무 기법과 절차를 다루는 기술 영역, 개인적 특성과 동기와 관련된 태도 영역의 집합체로 규정된다. 셋째, 관찰과 측정이 가능한 준거로 표현되어야 하며 이는 주로 수행, 행동 등의 개념으로 나타난다. 역량과 유사개념인 핵심역량은 조직체계 내에서 주어진 직급과 직무에 대해 성공적인 직무성과를 얻기 위해 필요한 핵심적이거나 주요한 역량, 또는 조직에서 직위나 역할에 상관없이 모든 조직 구성원에게 적절하고 필요한 역량으로 정의되고 있다(Lucia & Lepsinger, 1999).

라. 국방인력관리의 특수성

민간 조직과 비교하여 군의 인력관리는 몇 가지 특수성을 가지고 있다(최병순, 2002). 첫째, 정원에 의한 인력관리가 이루어진다. 군의 인력관리는 인력예산이 국가정책에 미치는

영향, 가용예산의 효율적 활용, 국방임무 수행을 위한 전투력 소요 등을 고려한 엄격한 군별, 신분별, 계급별 정원을 기준으로 이루어진다. 정원의 변동은 최고통수권자의 재가에 의해 승인되고, 모든 인력관리는 정원 범위 내에서 계획되고 집행되도록 통제되고 있다. 이러한 특성에 기인하여 인재 채용 시 지원자의 역량 등에 대한 고려가 상대적으로 어려우며, 우수한 인재 지원의 많고 적음과 무관하게 정원에서 명시하고 있는 수 만큼 인력을 채용하게 된다. 둘째, 폐쇄적인 인력획득 체계를 가지고 있다. 전투임무 수행을 전제로 한 군 업무의 특수성과 전문성으로 인해 군 인력소요 충족을 위한 획득인원의 대부분에 대해 군에서만 양성 및 개발이 가능하다. 민간 조직에서는 인력획득 소요 발생 시 조직 내 인원과 더불어 타 조직이나 교육기관을 통해 양성된 인력을 획득하여 사용할 수 있지만, 군에서는 일반사회에서 사용되지 않는 기술 및 업무의 특수성으로 인해 민간 조직처럼 사회에서 양성된 인력을 그대로 활용하지 못하고 선발 후 양성 및 개발이라는 과정을 거쳐야 한다. 또한 민간 조직의 경우, 상위직 관리자 또는 최고경영자까지도 외부에서 충원할 수 있지만, 군에서는 대부분의 지위가 단계별 경력관리를 거치지 않고는 임무를 수행할 수 없기 때문에 외부 충원이 거의 불가능하다. 따라서 최초 선발의 중요성이 더욱 커질 수 밖에 없다. 특히, 군 조직은 한번 선발하면 양성 교육과 보수교육을 거쳐 전역 시까지 활용해야 하기 때문에 더욱 우수자원 선발에 많은 비중을 두고 있다.

셋째, 인력획득의 경로가 상대적으로 다양하다. 대부분의 일반 조직은 신입사원 선발이라는 단일 경로를 통해 인력을 획득하며, 공개경쟁 과정을 거쳐 일정 수준 이상자만을 선발하기 때문에 조직 진입시 기본역량과 자질은 상대적으로 동질적이다. 하지만 군에서는 장교, 부사관, 병, 군무원 등 신분별로 상이한 선발 과정을 거쳐 인력을 획득하고 있다. 특히 장교의 경우에는 사관학교, 학군사관 후보생, 학사사관 후보생 등 다양한 경로를 통해 선발하므로 각 선발 과정별로 기본 역량 및 자질에 차이가 발생할 수 있다.

〈표 2〉 장교 복무구분별, 출신별 의무 복무기간

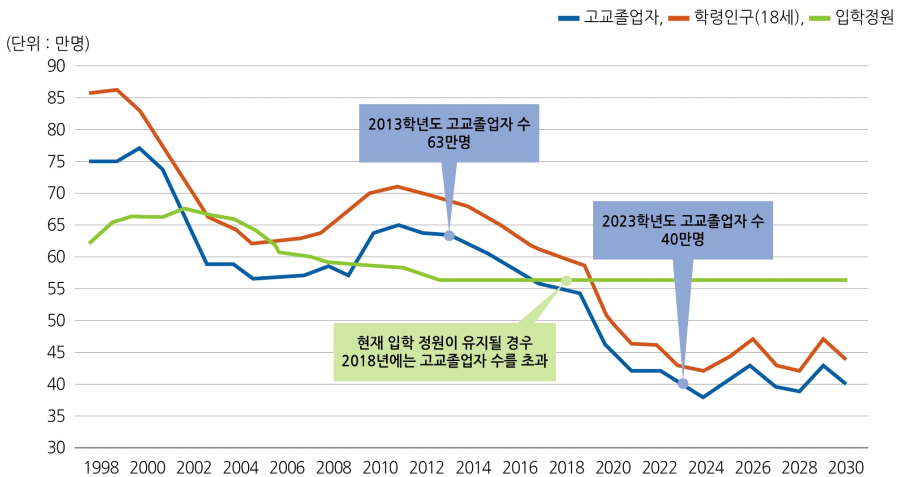
구 분	출신 유형	의무 복무기간
장기 복무장교	사관학교 졸업자	10년
	군 법무관	10년
	단기 복무장교 중 장기복무 선발자	10년
	비행자격 획득자(해군항공, 공군조종장교)	13~15년
단기 복무장교	육군 3사관학교 졸업자	5년
	국군 간호사관학교 졸업자	5년
	사관후보생	3년
	학생군사교육단 출신	2년

넷째, 인력 활용기간이 다양하다. 군의 복무기간은 신분, 장기복무 선발 여부, 가산 복무 등의 기준에 따라 다양하게 결정되고, 이에 따라 인력의 손실유형 및 신분별 교체 순환주기도 다르다. 이번 연구의 초점이 되는 장교의 경우 위의 표와 같이 복무 구분, 임무, 획득경로 등에 따라 복무기간이 다양하며, 특히 피라미드 형태의 군 계급 구조 및 의무복무 제도로 인해 단기 복무자의 비율이 현저히 높다는 특성을 지닌다.

2. 병역 환경 및 단기 복무장교 지원을 변화

가. 병역제도의 외부환경 변화

1998년에는 학령인구가 85만명, 고교 졸업자가 75만명에 달했으나, 최근 지속적인 출산율 저조에 따라 우리나라 고교 졸업자 수는 지속적으로 감소추세에 있다. 2016년을 기준으로 보면 56만여 명에 달하는 고교졸업자 수는 2023년에는 16만여 명이 감소한 40만명 수준에 이르러 이후 40만명 수준을 유지할 것으로 예상된다.



〈그림 1〉 우리나라 학령인구 및 고교졸업자 수 변화 추이

* 출처 : 통계청.

병무청 자료에 의하면 우리나라의 총인구는 2014년에는 5,020만 명 수준에서 2020년에는 6만 9천 명에 이르는 초과 병역자원이 발생할 것으로 예상된다. 그러나 출산율 저조로 인하여 2020년 이후 가용 병력자원이 급감하여 2024년에는 군소요 대비 가용 병력자원이 7천여 명 정도 부족할 것으로 전망된다. 이러한 가용 병역자원 부족현상은 2024년 이후

지속되어 2030년에는 3만 3천명이 부족해질 것으로 예상된다. 아래 표에는 병역 수급 전망이 제시되어 있다.

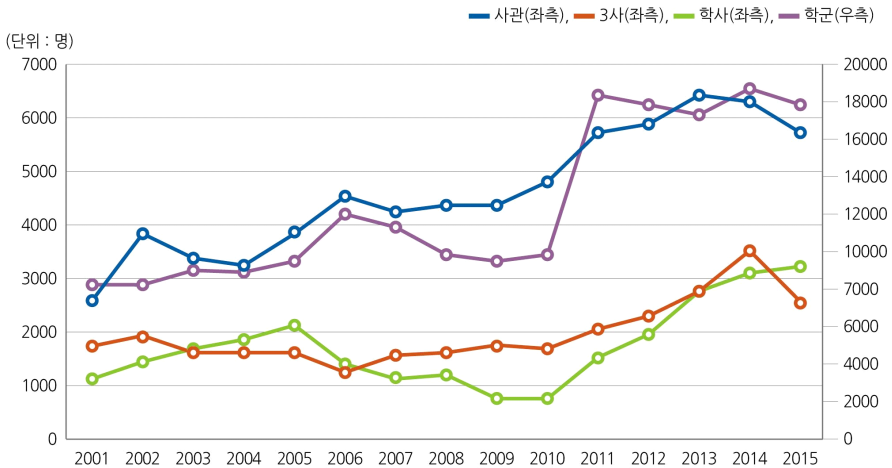
〈표 3〉 향후 병역 수급 전망

(단위 : 만명)

구 분	'17	'18	'19	'20	'21	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'30
20세 남자	34.6	33.2	32.1	33.1	28.8	25.3	24.2	22.1	22.7	24.7	23.3	21.1
① 현역가용 자원	29.6	28.4	27.4	28.3	24.6	21.6	20.7	18.9	19.4	21.2	19.9	18.1
② 현역자원 소요	24.1	23.1	22.1	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
③ 현역 부적합자	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
①-②-③ 과부족	5.1	4.9	4.9	6.9	3.2	0.2	-0.7	-2.5	-2.0	-0.2	-1.5	-3.3

* 출처 : 병무청.

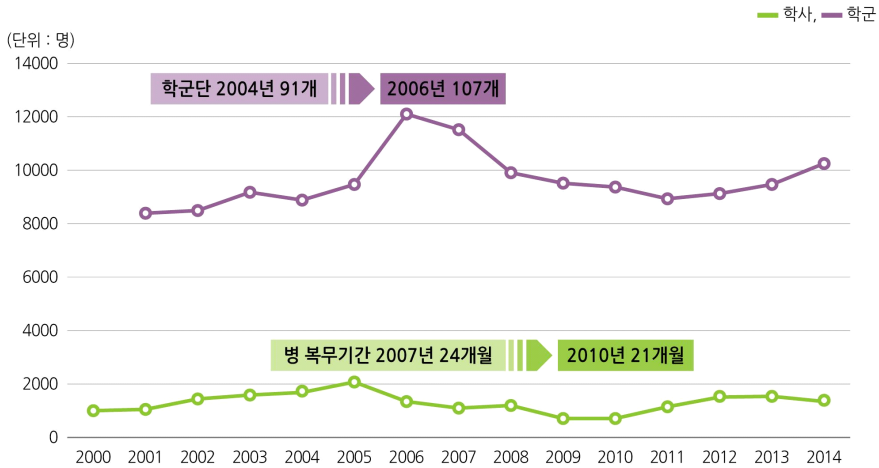
이런 병역자원의 변화는 장교 획득에 대한 어려움의 원인이 되기도 한다. 즉, 가용 병력 자원의 부족 현상은 초임장교 인력획득에 대한 전반적인 어려움을 가중시킨다. 장교의 복무기간이 병에 비해 상대적으로 길어짐에 따라 지원자들의 수 역시 감소하고 있는 추세였으나 2008년 이후 일시적으로 증가추세에 있다. 육군에서는 2011년 학군사관 후보생, 학사사관 후보생이 아래 그림과 같이 대폭 증가한 것으로 보고 있지만 이러한 현상은 2010년 도입한 예비 지원제도에 따른 착시현상으로 판단된다.



〈그림 2〉 연도별 양성과정별 육군장교 지원자 변화 추이

* 출처 : 조관호·조영진·박문언·정철우·신다윗(2016).

예비 지원과 정시 지원의 중복성을 고려한 추정인원은 아래 그림과 같으며, 육군에서 종합한 지원자 수보다는 큰 차이를 보이고 있으나, 그림에도 불구하고 2011년 이후 증가 추세에 있음을 확인할 수 있다. 비록 2011년 이후 지원률이 증가추세에 있으나, 전반적인 가용자원의 감소는 우수 인적자원의 확보에 대한 중요성을 더욱 부각시키며, 우수자원의 효율적인 획득을 위한 제도를 마련할 필요가 있음을 시사하고 있다.



〈그림 3〉 학군 및 학사사관 후보생 지원인원 추정

* 출처 : 조관호 등(2016).

인구의 감소문제 뿐만 아니라 국가경제와 사회적인 측면에서 봤을 때, 군 입대자원의 경우 안정적인 확보는 예측이 어렵다. 군 지원률은 국가경제 상황과 밀접한 관계가 있으며, 기업의 연쇄 부도, 저성장, 청년실업 등으로 인한 문제로 안정적인 예측이 더욱 곤란하다. 모든 기업체에서는 생존 전략의 일환으로 우수인력에 대한 획득 노력이 치열한 반면, 우리 군은 사회 흐름의 속도에 미치지 못하고 있다. 게다가 2008년 리만 브라더스 사태 이후 세계적으로 경제가 어려워지고, 우리나라 내부적으로는 취업률 저하가 확대되고 있다. 최근 단기장교 지원률이 증가하고 있는 현상은 이러한 외부 환경 변화에 따라 발생하는 현상으로 추정할 수 있다. 최근, 세계적인 경제성장 둔화와 우리나라 내부적인 성장 동력의 감소에 따라 2014년 이후 경제성장률은 지속적으로 감소할 것으로 예상되고 있다. 따라서, 당분간은 취업률 변화에 따른 장교지원률 증가가 지속된다든지, 현재 지원률이 유지될 것이라고 장담할 수 없는 것이다.

또한 사회변화와 더불어 새로운 의식구조를 형성한 이른바 신세대의 출현은 군 조직에도 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 신세대는 '나' 혹은 자기중심과 개인주의적 성향이

강하다. 신세대에 관한 기존 연구들에서는(예: 최광표·최광현·독고순, 1999) 신세대들의 부정적 사고 방식의 특징을 개인주의, 인내성 부족, 현실주의, 감성적, 도전적 탈 권위주의, 탈 조직현상, 자기지향적 사고, 의무감 및 책임의식 결여, 준법정신 및 윤리의식 희박 등으로 제시하고 있다. 또한, 차별을 통한 개별성과 다양성을 추구하며 파격적·혁신적·모험적 성향이 강하며, 편하고 즐길 수 있는 직장을 선호하지만, 일단 어려운 일이라도 원하는 일이거나 자신의 스타일에 맞으면 적극적으로 행동하고, 일에 대한 강력한 추진력과 창의력을 발휘하는 경향이 있다. 반면에, 군 조직은 책임의식과 집단적 가치추구라는 명제 하에 타인과 공유된 삶을 지향하며, '우리'라는 집단적·조직적 행동을 요구하며, 조직 속의 나를 통한 획일성을 추구하는 경향이 강하다. 또한, 보수적 성향이 강하고 명령 통일과 권위에 의하여 조직을 운영하고 있다. 신세대가 갖는 특성은 인적자원, 특히 초급장교의 획득체계에도 큰 변화를 요구하고 있는데, 종전 공급자 중심 체계에서 개인이 스스로 선택할 수 있는 폭을 넓혀 기회를 확대하고, 향후 이행하게 될 직무나 경력에 대해 이해하도록 지원하는 체계로 변화될 필요가 있다. 아래 표는 신세대의 특성과 군 조직의 특성의 차이점을 보여주는 것이다.

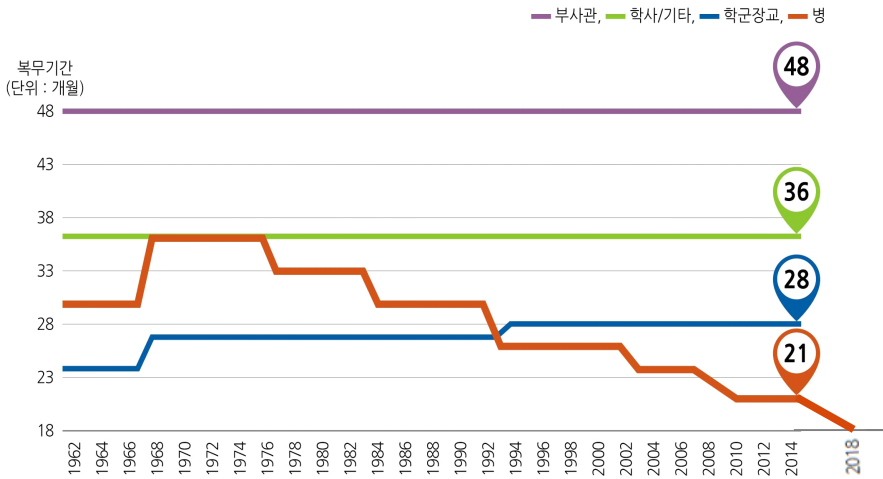
〈표 4〉 신세대 장병과 군 조직 특성비교

구분	새로운 세대	군 조직
특성요인	나 혹은 주체라는 개인주의 차별을 통한 개별성, 다양성 추구 간편을 통한 현재성, 편의성 파격이라는 혁신적 모험적 성향 평등사상과 탈 권위주의 즉흥적 유행과 감각주의	우리라는 집단적 조직행동 요구 조직 속의 '나'를 통한 획일성 추구 미래상황 대비를 위한 현재의 의미 보수적 성향 명령통일과 권위에 의한 조직운영 일관적 행동과 공동목표를 추구
행동양식	개인적 삶 추구, 자기실현 강조 남과 다른 삶 추구 편하고 즐길 수 있는 직장 스릴/자유를 만끽할 수 있는 일 추구 일방적 지시, 명령에 대한 거부 합리추구, 독특한 행동과 외모 추구	책임의식과 집단적 가치 추구 타인과 공유된 삶 힘들고 어려운 일에 대한 인내 규율과 제도 속의 일 강조 수직적 위계구조, 명령복종 공동목표, 집단 강조, 단결 중시

나. 단기 복무장교 지원률 변화

현역병의 복무기간 단축은 인생의 가장 중요한 시기에 병역 의무로 인한 부담이 너무 과중하다는 사회적 여론이 지속적으로 정책에 반영되어 축소되어 왔다. 반면, 육군 학사 장교는 36개월 체제를 유지하고 있으며, 학군장교의 경우 최초 24개월에서 27개월로

변화되었다가 1994년 28개월로 1개월 연장된 후 현재까지 적용되고 있다. 즉, 학사장교의 경우에는 병 복무기간과 동일하거나 길었으며, 학군장교의 경우에는 1994년 이전에는 병 복무기간보다 짧다가 병 복무기간이 26개월로 축소된 1994년부터는 병 복무기간보다 길어졌으며, 이후 지속적인 병 복무기간 추가단축으로 복무기간 차이가 확대되었다. 그런데, 현역병의 복무기간 단축은 장교의 수급문제에 있어서도 지원자들의 동기에 영향을 끼치고 있다는 것이다. 즉 장기선발에 대한 확신이 부족하고, 의무 복무기간이 길다는 점 등은 장교로 군 복무를 하는 것에 대한 주요한 기피요인으로 작용하고 있는 것으로 보인다. 아래 그림은 신분별 복무기간 변화 추이를 보여준다.



〈그림 4〉 신분별 복무기간 변화 추이

* 출처 : 조관호 등(2016), 연구자 수정.

군 복무기간의 조정은 일정한 기술과 적성을 소유한 숙련인력을 확보하는 것에 대한 문제를 일으키고 있는 동시에 장교나 부사관과 같은 간부의 지원자들을 줄이는 문제점도 있다. 특히 학업이나 기타 여러 가지 이유로 군 복무기간이 짧을수록 유리하다는 개인적인 판단과 사회 분위기는 장교 지원률이 떨어지는 중요한 요인이 되고 있다. 이러한 양적 감소는 결국 질적 감소로 이어지며, 전반적인 장교 집단의 수준 저하를 초래할 가능성이 높다. 따라서 초급장교 지원률 증진을 위해 다양한 제도적 노력이 필요한데, 본 연구에서는 전역 후 재 취업에 대한 불안을 줄여주는 것, 그리고 정년 연장을 통해 군을 안정적인 직업 군으로 인식하게 하는 것이 대안의 하나가 될 수 있다고 본다.

3. 지원인력 감소 원인 및 선행연구

가. 진로장벽 인식

대한민국은 징병제를 채택하고 있으므로 거의 모든 남성들은 국방의 의무를 가지게 되며, 각자의 복무 계획에 의해 복무유형(장교, 부사관, 병)을 선택하게 된다. 이 때 군 복무를 시작하는 시기가 대학 재학시기, 취업 준비시기 등 개인의 진로 결정의 중요한 시기와 겹친다. 그에 따라 복무계획 수립 시 진로에 대한 고민이 큰 영향을 미칠 수 있으며, 이로 인해 군 복무를 진로의 큰 장벽으로 인식하게 될 가능성이 크다. Swanson & Daniels(1995)는 진로 장벽을 인생에 있어서 개인의 진로발달을 어렵게 만드는 내적 또는 환경적 사건이나 조건들로 정의하였으며, 마찬가지로 손은령(2001, 2002)은 진로 계획에 있어서 자신의 진로 목표 실현을 방해하거나 가로막는 내적, 외적 요인들이라고 보았다. 이러한 정의들을 살펴보면, 진로장벽은 개인의 진로목표 달성 과정에서 일어날 수 있는 방해요인을 의미하는데, 이는 객관적인 요인이라기보다는 그러한 사실이나 상황에 대한 개인의 지각이 큰 비중을 차지한다.

진로장벽은 진로선택, 취업, 직장생활 등의 여러 측면에서 발생할 수 있고, 취업에 대한 고민이 많은 시기의 대상자들의 입장에서 군 복무는 가장 큰 진로장벽의 하나로 인식될 수 있다. 선행연구를 살펴보면 대한민국 남성 대학생의 상당수가 군 복무를 진로장벽으로 인식하는 것으로 나타났으며(김기원, 2009), 그 중에서도 취업이라는 중요한 경력 진로에 방해요인으로 간주되는 것으로 보인다.

나. 취업불안

단기 복무장교란 육군 3사관학교 및 국군 간호사관학교 졸업자, 사관후보생, 학생군사교육단 출신 중 장기복무로 선발되지 않은 자를 의미한다. 이들은 장교 임관자들의 89%에 해당된다. 단기 복무장교의 복무기간은 3~5년이며, 전역 후 재취업을 통해 사회로 돌아가게 되는데, 선행연구들에 의하면 다수의 단기 복무장교들이 재취업에 대한 불안감을 느끼고 있는 것으로 나타났다(조영호, 2014). 선행연구들에서는 취업과 관련된 심리적 상태에서 취업불안과 취업 스트레스라는 용어를 주로 사용하였다. 취업불안이란 취업을 앞둔 사람들이 취업 준비과정에서 느끼는 불안으로, 지나칠 경우 심리뿐 아니라 신체적인 평형도 깨뜨려 우울증이나 대인기피증과 같은 병적인 상태로 이어질 수 있다(박영우, 1994). 취업 스트레스에 대한 정의는 연구자들마다 다소 상이하다(김혜정, 2004; 나희진,

2005; 황성원, 1998). 하지만 공통적으로 취업을 준비하는 과정에서 주관적으로 경험하는 압박으로, 신체적 및 심리적 평형상태가 파괴되고, 위기, 불안감, 긴장감을 느끼는 상태라는 의미를 담고 있다. 이를 종합해 보면, 취업불안과 취업 스트레스는 미취업에 대한 불안, 취업에 대한 자신감 상실, 일상생활에서의 부정적 정서 등을 내포하는 개념으로 여겨진다.

중요한 것은 다수의 단기 복무장교들이 재취업에 대한 불안감을 느낀다는 것이다. 이는 현실적인 그들의 어려움을 반증하는 것이라 할 수 있다. 이들이 느끼는 재취업의 불안감은 일상생활 및 조직생활에도 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 나아가 잠재적인 단기 복무장교 후보군이 되는 일반대학생들의 지원률에도 적지 않은 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

다. 단기 복무장교 획득관련 선행연구 요약

이해승(2004)은 계약 간부제라는 개념을 제시하였는데, 이는 전역 예정 병사 중 희망자를 계약에 의해 일정 기간 동안 간부로 임용하여 부소대장 등의 직책을 수행하도록 한 후, 자격을 구비한 자는 장교로 진출하도록 하자는 것이다. 이를 통해 초급장교 획득문제로 어느 정도 해결하고, 특히 초급 장교의 리더십 부족 문제를 보완할 수 있다고 보았다. 진중근(2008)은 전투병과 중에서도 기갑병과 장교에 초점을 두고 우수한 지적 능력, 전술과 전기분야에 대한 탁월한 능력, 외국어 의사소통 능력, 지휘통솔 능력, 체력적 조건 등의 요소들을 필수구비 요소로 보고 서류 심사 및 면접을 통해 양질의 자원만을 선발하는 것이 필요하다고 주장하였다.

서기정(2012)은 서울시내 주요 대학 학군단 지원률을 감소 실태를 분석하고, 이를 개선하기 위해 학군단에 위임된 홍보가 아닌 군 차원의 주요 언론매체의 의한 전략적 홍보의 필요성, 병역에 대한 긍정적 평가가 가능한 사회적 인식 전환, 단기 복무장교와 병 간 복무기간의 형평성 제고, 학군사관 후보생 혜택 증가, 학업보장을 위한 교육체계 개선 등이 필요하다고 주장하였다. 김성진(2014)은 미국, 영국, 이스라엘, 독일 장교단 충원 제도를 소개하면서, 국가마다 고유한 역사적 특성과 환경에 맞게 장교단을 충원하고 있다고 설명하였다. 하지만 문화적, 역사적 고유성에도 불구하고 이들 국가들은 균형된 복무관리의 기회 부여, 상위계급 진출 간 자유 경쟁체계의 확립, 이직을 위한 재취업 및 전직지원 교육 활성화 등을 적극 유도함으로써 국민들로부터 두터운 신뢰를 받고 있다는 공통점이 있다고 하였다. 이는 군이 조직 내부에서의 경력관리 뿐 아니라 전역 후 사회의 일원으로 기능할 수 있도록 돕는 역할 또한 매우 중요함을 시사하고 있는 것이다.

신용성(2015)은 우수한 학군사관 후보생의 획득은 단순히 홍보·모집·선발 제도의 개선

만으로 만들어지는 것이 아니라 사회보다 전반적으로 뒤떨어져 있는 군의 생활환경, 복지, 재취업, 미래보장 등에 대한 열등한 현실을 극복하는 것이 더 중요하다고 보았다. 그에 따라 우수한 학군사관 후보생 선발을 위해 병 복무기간 단축에 비례하여 단기 복무기간을 축소하고, 홍보의 개념과 방법을 개선하며, 학교별이 아닌 권역별 학군후보생 선발 제도를 도입해야 한다고 주장하였다.

양충식(2016)은 미래 한반도 안보정세, 국방 및 병역환경 변화추세, 북한의 군사위협 변화를 전망하면서, 육군 초급장교 정예화를 위해 인력획득, 양성교육, 복무관리, 전직지원 4개 분야의 취약점 및 발전방안을 제시하였다. 그 중에서 우수 초급장교 획득을 위해, 육군 인력획득센터 설치, 직접 및 간접 홍보·모집 전략 추진을 주장하였다. 특히 학군사관 후보생 선발을 해당 학교 인원으로 한정하는 현 선발체계를 개선하여 일정 비율을 권역별 선발체제로 전환해야 한다고 제안하였다. 아울러 초급장교들의 전직지원에 대해서도 군의 책임감 있고 주도적인 역할을 강조하였지만, 단기 복무장교가 아닌 중기복무 전환자에 초점을 둔 제언이라는 약점이 존재한다.

김지덕(2018)의 연구는 주로 중기 및 장기복무자 중심으로 추진되고 있는 우리 군의 전직지원 정책을 단기 복무자들에게까지 실질적으로 확장할 필요성이 있다는 주장을 담고 있다. 구체적으로 국가적인 청년 실업문제와 연계하여 단기 복무장교들의 전역 후 겪는 심각한 취업난은 개인의 문제가 아니라 군과 사회의 문제로 보았다. 그에 따라 단기 복무장교를 위한 취업지원과 연관된 제도와 법령에 대한 정비소요 도출, 취업지원 제도와 전역 후 기업에서 요구하는 적합한 인재에 맞는 단기복무자의 군 복무 간 경력관리 모델방안을 제시하였다. 김지덕(2018)의 연구는 단기 복무장교 획득과 전직지원을 연결시켰다는 점에서 시사점이 적지 않다. 하지만 단기 복무장교 취업지원 방안이 왜 단기 복무장교 획득에 중요한 이슈가 될 수 있는지, 구체적인 취업지원 방안이 무엇인지에 대해서는 추가적인 연구 필요성이 요구된다.

Ⅲ. 단기 복무장교 지원 현황 및 전직지원 제도

우리 군의 단기 복무장교 제도의 경우, 육군은 학군, 해군 및 공군은 학사장교 출신이 주를 이루고 있다. 과거 단기 복무장교 출신이 취업에 비교적 유리했지만, 현재는 병 의무복무기간 단축 등 여러 가지 사회, 경제적 요인에 의해 단기 복무장교 지원률에 저하되고 있다. 특히 상대적으로 우수하다고 인정되는 대학들의 경우 지원률 하락은 더욱 심각한

수준이다. 이는 단기적으로는 장교 충원률 감소를 넘어 장기적으로 장교 집단의 질적 수준 저하로 연결될 수 있다. 그에 따라 본 연구에서는 단기 복무장교 지원 실태를 알아보고, 현재의 전직지원 제도가 어떠한지, 외국군의 전직지원 제도는 어떤 내용인지를 살펴보고자 한다.

1. 단기 복무장교 지원 실태

일반 공무원과는 달리 군의 장교, 부사관은 장기 복무과 단기 복무로 구분되어 있다. 공무원의 경우 임용되면 정년에 도달할 때까지 직업의 안정성이 보장되지만, 군의 간부들, 특히 단기 복무자들은 일정기간만 복무를 하고 전역하는 시스템을 취하고 있다. 이는 군의 피라미드형 계급구조에 기인한다. 군에서는 상위계급일수록 인력 수요가 적어진다. 따라서 장관급, 영관급 장교로 진출할수록 강제 도태율이 높아지게 된다. 따라서 앞에서 언급한 바와 같이 전역 후 취업에 대한 불리함 인식과 더불어, 계급과 정년의 연동으로 인한 상대적으로 짧은 근속 보장기간은 직업의 불안정성, 신분의 불안정성을 유발함으로써 직업 군인의 길을 택하려는 지원자를 줄이게 하는 주요 원인이 되고 있다.

우리 군은 병역법상 의무면한 기간을 채우고, 장기로 선발되지 않거나 희망하지 않는 인원에 대해서는 30세를 전후로 전역하여 재취업의 기회를 가질 수 있도록 하고 있다 (임천영, 2012). 비록 단기 복무장교의 복무기간은 상대적으로 짧지만, 우리 군에서 차지하는 양적 비율은 매우 높다. 예를 들어, 아래 표는 육군의 장교 모집 현황이다. 표를 보면, 2019년 기준으로 장교 선발인원 5,877명 중에 학군 및 학사사관 후보생이 3,963명으로 약 67%를 차지하고 있으며, 3사 및 군 장학생 출신까지 포함하면 90%에 이른다. 해군의 경우에도 2019년 임관자 503명 중 학군 및 학사사관 후보생은 374명으로 74%를 차지하고 있으며, 공군은 2019년도 총 임관자 875명 중에 726명이 학군 및 학사사관 후보생으로 83%였고, 해병대의 경우에는 2019년도 275명의 임관자 중 255명이 학군 및 학사사관 후보생으로 무려 93%에 이른다. 이처럼 각 군 초급장교의 절대다수가 단기 복무장교 후보군인 학군과 학사사관 후보생으로 충원됨을 알 수 있다.

〈표 5〉 육군 임관구분별 획득 규모

(단위 : 명)

구 분	2010년		2011년		2012년		2013년		2014년		2015년	
	지원	선발	지원	선발	지원	선발	지원	선발	지원	선발	지원	선발
소 계	22,269	6,988	31,771	7,685	32,565	7,870	34,159	7,426	37,141	6,522	32,214	6,364
육사	5,700	240	5,905	270	6,403	290	6,378	310	5,756	310	3,825	310
학군사관	9,875	4,730	18,559	4,900	17,652	5,401	17,298	4,795	18,555	4,082	17,799	4,026
학사사관	779	474	1,510	779	1,952	727	2,768	670	3,095	613	3,210	533
3사	2,574	590	1,517	600	2,322	600	3,213	600	4,028	550	1,930	550
간부사관	320	144	547	246	468	208	347	120	205	88	120	26
여군사관	785	200	795	200	870	140	828	50	828	50	642	50
전문사관	316	103	322	129	457	138	564	146	624	141	708	114
군장학생	1,920	507	2,616	561	2,441	366	2,763	735	4,050	688	3,980	755
현역 재임용	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

구 분	2016년		2017년		2018년		2019년	
	지원	선발	지원	선발	지원	선발	지원	선발
소 계	35,192	6,245	33,142	6,478	30,872	5,437	33,366	5,877
육사	9,659	310	10,159	310	11,281	330	14,663	335
학군사관	15,978	4,055	13,785	3,975	12,698	3,710	11,670	3,673
학사사관	1,906	481	1,525	692	916	298	859	290
3사	3,002	550	3,658	550	3,352	550	3,317	550
간부사관	84	19	98	33	68	31	67	27
여군사관	-	-	-	-	-	-	-	-
전문사관	609	135	504	144	369	146	397	133
군장학생	3,806	671	3,256	726	2,051	323	2,241	798
현역 재임용	148	24	157	48	137	49	152	71

* 출처 : 국방부.

이들은 야전에서 직접지휘를 통해 부하들의 전투력에 영향을 미치고, 연대 및 대대급 이하 부대에서 참모 직위를 수행하며, 정책부서에서 실무자의 역할을 맡기 때문에 이들의 역량 수준이 전반적인 군의 수준과 장교들의 질적 수준에 지대한 영향을 미칠 수 있다.

한편 2019년 국방통계 연보에 따르면, 2018년도 사관학교 경쟁률은 육사 34.2:1, 해사 38.5:1, 공사 39.4:1, 간사 47.7:1로 높은 수치를 보이고 있다. 이는 1990년대

후반 외환위기 이후 취업에 대한 불안감이 높아진 사회적 인식으로 인해, 사관학교 졸업 시 장기복무로 인한 직업의 안정성이 큰 장점으로 작용한 것으로 여겨진다. 3사의 경우에는 2018년 경쟁률이 6.1:1로 다른 사관학교에 비해 상대적으로 떨어지지만, 장기복무 선발 비율이 학군이나 학사출신보다는 높다는 점은 지속적인 지원률 증가로 이어질 것으로 여겨진다. 반면 단기 복무장교의 양대 축이라 할 수 있는 학군 및 학사사관후보생의 지원률은 아래와 같다.

〈표 6〉 단기 복무장교 지원률

연 도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
학군사관후보생	2.1:1	2.0:1	3.3:1	3.2:1	3.5:1	4.4:1	4.8:1	3.8:1	3.3:1	3.3:1
학사사관후보생	2.3:1	2.6:1	2.3:1	3.7:1	6.2:1	4.6:1	5.8:1	4.9:1	5.0:1	4.0:1

* 출처 : 국방부

물론 경쟁률은 지원자 수와 모집인원에 영향을 받는다. 그럼에도 불구하고 단기 복무 장교 지원률은 다른 사관학교에 비해 매우 떨어지는 것이 사실이다. 단기 복무장교 지원률의 부침을 살펴보면, 병 복무기간 단축의 지속적인 추진으로 2011년에 21개월로 줄어든 이후, 전반적인 경쟁률이 하락되는 것으로 나타났다. 이런 현상은 국방부의 장교획득 정책에 변화를 고민하게 만들었고, 이는 다양한 간부지원 장려책 발굴 및 시행으로 이어진다. 하지만 이런 정책은 한시적으로만 경쟁률의 미미한 증가를 이끌었다. 게다가 2018년 병 복무기간이 21개월에서 18개월로 추가 단축이 추진되면서 향후 학군 및 학사사관 후보생 지원률을 더욱 하락할 것으로 여겨진다.

위와 같은 단기 복무장교 지원률 감소의 주된 이유 중 하나는 상대적으로 장기 군 복무 후 전역 시 취업 준비에 불리하다는 인식 때문으로 여겨진다. 예를 들어, 취업포털 커리어에서 구직자 463명을 대상으로 실시한 설문조사 결과, 응답자의 82%가 “자신의 주변에 많은 학우들이 대학 졸업 유예를 고려하고 있다”고 하였으며, 졸업 유예의 가장 큰 이유로 “취업 실패(56%)” 및 “기업의 졸업생 기피 현상(22%)”이 언급되었다(NEWS WiRE, 2014). 졸업 유예의 두 가지 주된 이유 중에서 두 번째로 많은 응답이었던 “기업의 졸업생 기피 현상”이 다시 첫 번째 이유인 “취업 실패”에 영향을 미치고 있다는 점에서 결국 기업에서 직원 채용 시 졸업생을 기피하는 현상이 실제적인 졸업 유예의 이유라고 할 것이다. 따라서 졸업 후 일반병보다 상대적으로 긴 군 복무를 마친 다음 취업의 길로 들어서는 단기 복무장교 출신이 취업에 더 불리하다고 인식할 가능성이 높다. 이런 인식은

군 복무기간의 단축과 더불어 단기 복무장교 지원인력을 더 하락시킬 것으로 여겨진다. 이러한 양적 감소는 질적 수준의 감소로 이어질 수 있으며, 질적 수준의 감소는 전반적인 장교집단의 질적 수준 저하로 연결될 것이다. 즉 지원인력의 감소는 곧 우수 인력 확보의 어려움과 직결됨을 의미한다. 장교집단의 능력은 곧 전투력과 밀접하게 연결되기 때문에 전투력에 있어서, 나아가 국민들의 대군 신뢰도에도 영향을 미칠 수 있다.

대학생들의 전반적인 단기 복무장교 지원 기피는 최근 주요대학의 학군단 지원인력 미달 사례로 확연히 드러난다. 아래 표는 2021년 임관 예정자를 기준으로 선발소요 대비 합격자 수가 미달된 일부 대학의 현황이다.

〈표 7〉 2021년 임관 예정자 기준 학군단 미달 현황

대 학	선발 소요	합격자	미 달
서울교대	14	9	5
고려대	42	38	4
홍익대	35	32	3
교원대	19	16	3
서울대	29	27	2
성균관대(수원)	26	24	2

* 출처 : 국방부

물론 전체적인 ROTC 경쟁률은 미달 수준이 아니다. 하지만 지속적으로 감소하는 추세는 분명하다. 즉, 2014년에 4.4 : 1로 소폭 상승했지만, 그 후 꾸준히 하향곡선을 그리고 있으며, 2019년에는 3.1 : 1로 떨어졌다. 또한 일부대학의 경우 ROTC 폐지를 고려 또는 실제 폐지로 이어지고 있다. 예를 들어, 1992년에 ROTC를 창설한 춘천교대의 경우 지원자 감소로 인해 2021년 2월에 완전 폐지로 결정됐다. 비록 춘천교대의 경우 남학생의 비율이 1/3 수준이라는 점에서 다른 대학으로의 일반화는 어렵지만, 이런 단기 복무장교 지원 인력 감소는 국방인력 수급계획에 어려움을 초래한다.

물론 단기 복무장교 지원인력 저하가 최근의 출산율 감소와도 무관하지 않다. 하지만 서울 시내 주요대학들의 학생 정원에 큰 변화가 없음에도 불구하고 단기 복무장교 지원 인력이 감소하고, 학군단 지원률이 떨어지고 있다는 것은, 과거와 달리 장교로 군 복무하는 것에 대한 매력이 떨어지고 있다는 것이다. 이로 인해 많은 수의 군 복무 대상자들은 장교 복무가 아닌 다른 형태의 군 복무를 선호하고 있다고 판단된다.

2. 전직지원 제도

전직지원 서비스 또는 전직지원 제도는 제2차 세계대전 후 미국에서 제대군인의 취업을 지원하기 위해 시작된 상담서비스를 기원으로 보고 있다(구관모, 2009). 1960년대 미국에서 구조조정에 따른 대량해고가 확산되자 전직지원의 개념이 기업에 도입되기 시작했다(김정한, 2002). 국내의 경우, 1997년 외환위기 이후 기업경쟁력 제고를 위한 구조조정이 일반화되면서 도입되었다. 전직지원 서비스의 의미는 연구자의 견해에 따라 조금씩 다르지만, 노동부는 “사업주의 지원 하에 경영상의 이유로 퇴직하는 근로자가 신속하게 재취업할 수 있도록 서비스를 제공해주는 프로그램”으로 정의하였으며, 주로 교육, 컨설팅, 상담 등을 통해 지원에 이루어진다. 군의 경우에는 대통령령인 군인사법 시행령(제25484호, 2014. 7. 18.)에 의해 전직지원을 위한 교육, 취업 추천 등의 방식으로 시행되고 있다.

미국, 영국, 호주 등 선진국들의 전직지원 서비스 도입사례를 보면, 상당수 취업에 실질적인 도움을 받는 것으로 나타났다(이용재, 2011). 또한 이런 프로그램은 퇴직자에 대한 조직의 관심과 배려를 보여주는 신호로서 남아있는 구성원들의 사기와 조직에 대한 헌신을 높이는 데에도 효과적인 것으로 제시되었다(Foxman & Polsky, 1990). 퇴직은 이혼과 사별과 같은 인생에서 가장 충격적이고(Finley & Lee, 1981), 스트레스를 가장 많이 받는 사건 중의 하나로 간주되어 왔으며, 부정적인 심리적 변화를 초래한다. 이러한 스트레스는 우울, 걱정, 적대감, 편집증 등을 발생시킬 수 있으며, 퇴직자들은 외로움, 사회적 격리감 등을 느낀다(Jahoda, 1982; Leana & Feldman, 1992). 비록 절차적으로 공정한 퇴직이라고 인식할 경우에는 비교적 분노의 수준이 낮기는 하지만(Bies, Martin, & Brockner, 1993), 퇴직으로 인한 상실감과 혼란은 여전하다.

이러한 개인적 및 사회적 손실을 줄이기 위해 시작된 전직지원 서비스는 구직활동과 관련된 구직효능감(job-seeking self-efficacy)을 높이는 순기능이 있다. 구직효능감이란 구직활동에 대해 얼마나 자신감을 갖고 있는지를 의미하는 것으로, 성공적인 구직활동에 대한 자기능력의 확신이라고도 한다(Wanberg, Watt, & Rumsey, 1995). 그런데 구직효능감은 과거의 구직활동, 경험, 언어적 설득, 타인의 구직행동에 대한 관찰 등을 통해 개발될 수 있다. 특히 사회적 지지는 구직효능감 및 구직활동에 유의한 영향을 미친다. 실제로 구직효능감을 높아진 퇴직자는 상대적으로 재 취업률이 높은 것으로 나타났다(Caplan, Vinokur, Price, & Van Ryn, 1989). 따라서 실제적인 구직정보를 제공할 뿐 아니라, 구직효능감을 높이는 교육, 상담, 컨설팅 등 다양한 서비스를 제공하는 전직지원제도의 효용성에 대해서는 많은 사람들이 인정하고 있다(Eden & Aviram, 1993).

군에서는 성실하게 복무하고 명예롭게 전역하는 간부들에 대해서 취업 추천이나 전직 지원에 필요한 교육을 제공함으로써 전역 후 생활 안정과 군 복무 의욕 고취를 도모하고 있다. 군인사법 및 동법 시행령에는 전직지원교육(법 제46조의2), 전직지원교육대상(시행령 제60조의2, 전직지원교육비의 지원(시행령 제60조의3)에 대해 명시되어 있다. 또한 군 전직지원 업무에 관한 훈령을 보면 복무 중 교육과 전직지원 기간 중 교육으로 구분되어 있으며, 복무 중 교육에는 진로설계 및 진로교육, 전직지원 기간 중 교육은 기본교육, 컨설팅, 연계교육 및 주문식 교육으로 이루어진다. 또한 단기복무자(5년 미만 군 복무자), 중기복무자(5년 이상 10년 미만 군 복무자), 장기복무자(10년 이상 군 복무자)로 구분하여 교육을 실시하도록 되어 있다.

또한 훈령에는 전직지원에 대해 국방부, 각 군, 교육원의 임무를 부여하고 있는데, 구체적으로 국방부는 전직지원 정책 수립·조정·시행, 전직지원 관련 법령·제도개선, 취업 직위 개발·관리 및 통계관리, 군내·외 사회진출 지원교육 총괄, 전직지원 교육기관(단체) 지정·위탁, 각 군 및 교육원의 업무지도, 감독, 전직지원 관련 홍보의 임무를 수행한다. 각 군의 경우에는 전직지원 정책 실시계획 수립·시행·성과분석, 전직지원 관련 제도개선, 각 군 특성 맞춤형 교육과정 개발 및 복무 중 취업역량 강화, 전직지원 교육대상자 선발·관리, 취업지원 및 추천, 취업직위 개발·관리 및 통계유지, 취업상담실 운영, 홍보활동을 책임진다. 국방전직교육원은 전역예정군인에 대한 전직관련 교육 및 취업역량 제고를 위한 사업, 전역예정군인에 대한 취업정보의 제공, 전역예정군인 채용박람회 개최 등 취업촉진 관련 사업, 전역예정군인 취업희망자 데이터베이스 관리 및 관련 통계 유지·분석, 전역 예정군인에 대한 전직지원 관련 정책 및 제도 발전 등에 필요한 연구사업, 전역예정군인 전직지원과 관련하여 국가, 지방자치단체 및 공공기관의 장이 위탁하는 사업, 그 밖에 교육원의 목적을 달성하기 위하여 필요한 사업을 책임지는데, 2014년에 국방전직교육원법 및 시행령이 제정되면서 전직지원 교육 및 취업지원에 대한 국방전직교육원의 역할은 점차 늘어나고 있다.

국방전직교육원에서 실시되는 전직교육은 크게 전직지원 교육, 취업지원 교육, 컨설팅으로 구분되는데, 전직지원 교육의 경우에는 주로 중기 및 장기 복무자를 대상으로 하며, 새로운 경력목표를 탐색 및 수립하는 과정인 진로교육, 전직목표 맞춤형 구직역량 향상과정인 전직기본 교육, 직무능력 특성을 고려한 군 특성화 맞춤형교육으로 이루어져 있다. 취업지원 사업의 경우에는 단기 복무장교를 포함한 전 장병을 대상으로 하며, 찾아가는 진로도움 프로그램, 전역 예정장병 취업박람회, 청년장병 뉴스타트로 이루어져 있다. 이 중에서 청년장병 뉴스타트는 일자리 위원회 및 관련 부처 “청년 일자리 확대” 정책과 연계된 사업으로 청년장병 취업사관학교, 기업 맞춤형 취업과정으로 세분화 된다. 마지막으로

전직컨설팅은 맞춤형 컨설팅을 통한 전역 후 빠른 재취업과 안정적 사회정착 지원을 목적으로 하며, 중기 및 장기 복무자를 대상으로 진로교육이나 기본교육과 병행되며, 전역 1년 전까지 지원된다. 아래 표는 국방전직교육원의 전직교육 현황을 정리한 것이다.

〈표 8〉 국방전직교육원 전직교육 현황

구 분		주요 내용	대 상	기 간
전 직 지 원 교 육	진로교육	군 복무중 개발, 향상된 개인별 직무역량을 확인하고 전역 이후에도 군 경력을 활용할 수 있도록 새로운 경력목표를 탐색, 수립하는 과정	중기 및 장기 복무자	1박 2일
	전직기본교육	전역예정 간부의 전직준비를 지원 하기 위한 전문교육 과정으로 구직역량 향상 과정	중기 및 장기 복무자	2박 3일 또는 3박 4일
	군 특성화 맞춤교육	직무능력, 특성을 고려한 경쟁력 있는 자격과정 개발 및 맞춤형 교육으로 전역 예정 간부의 안정적 취업 지원 과정	중기 및 장기 복무자	2주~3개월 (전직기본교육 수료자 대상)
취 업 지 원 사 업	찾아가는 진로도움 프로그램	청년장병 진로고민 해소를 위한 청년장병 특화 진로도움 프로그램	청년장병	진로도움 교육: 3시간 진로/취업상담: 연 3회
	전역예정장병 취업박람회	취업 정보제공, 맞춤형 컨설팅, 취업 세미나, 구인기업과의 현장면접 등 취업지원 토탈 케어 서비스 제공	전 장병	수시
	청년장병 뉴스타트	취업 매칭 중심의 실질적인 청년 장병 취업도움 프로그램	청년장병	청년장병 취업사관학교: 1박 2일 기업 맞춤형 취업과정: 2~5일
전직컨설팅		개인별 전직희망분야에 맞는 맞춤형 컨설팅을 통해 전역후 빠른 재취업과 안정적인 사회정착지원	중기 및 장기 복무자	수시

3. 외국군 전직지원 사례

가. 미국

미국은 모병제라는 군의 특성으로 인해 군 복무자에 대해 여러 가지 혜택을 제공하고 있다. 미 국방부 산하 교육지원단에서 군 복무 기간 중에도 군인들이 지속적으로 전직지원 교육을 이수할 수 있도록 지원하고 있으며, 전역 후에도 제대군인들의 사회복귀 및 재취업을

돕기 위한 다양한 프로그램을 지원한다. 구체적으로 미국은 군 복무 중 협약을 통해 군에서의 교육 및 훈련을 대학의 관련학과와 연계하여 학점으로 인정받는 제도를 운영 중이다. 또한 원거리 복무자 및 해외 파병장병을 위해 통신 교육 프로그램을 이용하여 학위 취득의 기회를 제공한다. 아울러 복무기간 중 60여 개의 공인된 자격증 분야에 대한 정보 제공 및 자격증 관련 시험을 치를 수 있도록 지원하여 취업에 도움을 주고 있다.

또한 실질적인 취업 프로그램도 운영하고 있는데(정철영·김재호·양안나·조 정·조영아·임효신 등, 2012), 예를 들어 군 경력 및 훈련 인증 시스템을 통해 인증서를 발행함으로써 제대 군인의 구직을 지원하고 있다. 이를 위해 개인의 인적사항, 일 경험, 자격, 훈련 경력, 군 외 교육, 언어 능력 등을 국방인력 자료센터에서 기록 및 관리한다. 또한 전역(예정) 장병이 포춘 500대 기업을 포함하여 전국의 우수한 기업에 우선적으로 취업될 수 있도록 군 차원에서 기회를 제공하며, 유 자격자 중에서 공립학교 교사로 이직을 희망할 경우 각종 지원을 제공하는 교사 자격증 획득 지원 프로그램 등 다양한 취업 지원 프로그램을 운영한다. 아울러 1994년에 제정된 법(USERRA; Uniformed Services Employment and Reemployment Rights Acts)에 따라 제대 군인이 예전 직장으로서의 복직을 희망할 때 복직권을 부여하고, 공무원 공개 채용 시 5~10%의 가산점을 준다. 부가적으로 제대 군인 취업 및 고용 교육 서비스는 1990년부터 운영하는 재적응 지원 프로그램을 통해 더욱 구체적으로 실행되고 있다.

국방부 외에도 제대군인부 또한 제대 군인에게 직업 재활 및 고용 혜택을 제공하는데, 예를 들어, 제대 군인 공무원 우선임용 정책은 상이 제대군인이거나, 군사작전에 참가하여 군 복무메달을 받거나, 최근 3년 이내 명예 전역 또는 일반 전역을 한 장병에 대해 연방기관에서 예외적으로 채용하는 정책을 말한다. 또한 제대군인부는 본인에게 맞는 새로운 직업을 찾아주거나, 스스로 독립적인 삶을 개척할 수 있도록 전반적인 교육과정을 제공하는 직업 재활 및 고용 프로그램을 운영하고 있으며(안형주, 2005), 전역 1년 전 또는 퇴역 2년 전 전역 전에 상담을 통해 교육, 훈련, 고용 및 취업 지원 프로그램, 의료혜택 및 금융지원에 관한 정보를 제공한다. 아울러 전역(예정) 장병에게 필요한 정보 제공을 위해 기업 관련 정보를 탑재한 웹 사이트를 구축하고 창업 신속제도를 통해 신속한 자금 지원이 이루어지도록 도움을 준다(정철영 등, 2012).

나. 영국

영국은 국방부 내 조직인 제대군인청을 통하여 제대 군인과 그들의 가족들에게 도움을 제공하고 있다(하태연, 2006). 이 중 전직지원 및 취업 프로그램을 살펴보면, 먼저 재취업

훈련센터를 운영하는데, 경영, 무역업, 경비업 등 다양한 내용을 다루는 50여 개가 넘는 교육과정이 있다. 이를 통해 자격증 취득 또는 지역별 취업센터와 연계하여 취업을 돕고 있다. 또한 전문가 이행 동반자 제도를 운영하고 있는데, 이는 전역(예정) 장병에게 전역 이후 정착 및 전직 과정에서 도움을 받을 수 있도록 하는 제도로, 전역 이전부터 하여 전역 후 최대 2년까지 서비스를 제공 받을 수 있는데 복무기간별 프로그램 지원 범위는 아래와 같다.

〈표 9〉 영국의 복무 기간별 전문가 이행 동반자 제도 지원 기간

복무기간	정규 제대 군인	상이 제대 군인
1년 미만	-	10 개월
1년 이상	-	30 개월
3년 이상	-	30 개월
5년 이상	20 개월	30 개월
8년 이상	25 개월	30 개월
12년 이상	30 개월	30 개월
16년 이상	35 개월	35 개월

* 출처 : 정철영 등(2012).

또한 재취업 설계 시작과정부터 실제로 재취업을 할 때까지 도움을 줄 수 있는 개인별 취업 컨설턴트를 제공하는 지원 프로그램을 운영하는데, 이를 통해 개인별로 단기, 중기, 장기 활동을 반영한 재취업 계획서를 구상할 수 있도록 돕고 있다. 취업 박람회 및 산업계 인식 제고의 날을 운영하여 민간 기업과 전역(예정) 장병이 대면하여 전반적인 취업 시장 상황과 특정 산업 분야에 대한 정보를 얻을 수 있도록 하며, 특히 산업계 인식 제고의 날에 특정 산업 분야의 고용주가 참여하여 지정된 산업 분야를 집중적으로 소개하고 이해를 넓히는 기회로 활용하고 있다. 아울러 전역(예정) 장병은 소속 군대에 상관 없이 가까운 부대에서 재적응 지원 상담을 받을 수 있도록 하였으며, 이를 통해 제대 군인에게 제공 되는 혜택 및 취업에 대한 유용한 정보를 얻을 수 있도록 하고 있다.

다. 호주

호주는 연방정부 내에 보훈부의 설립을 시작으로 1920년에 호주군인 귀환법을 제정하고 1986년에 제대군인법을 제정하여 현재에 이르고 있다(박혜란, 2011). 호주의 제대

군인부는 제대 군인을 대상으로 의료지원, 연금지원, 주택지원 등의 사업을 진행하고 있고, 비용 지원, 정보 제공, 상담 제공 등 다양한 방식으로 제대 군인을 지원하고 있다. 그 중에서도 제대 군인을 위한 취업지원 프로그램으로는 직업능력 개발지원, 취업 및 전직 지원 서비스, 센터링크 취업지원 서비스, 직무 네트워크 취업 지원 서비스, 전직지원 프로그램 등이 있다. 먼저 직업능력 개발지원은 사회의 교육훈련기관에서 사회적응교육, 직업전환 교육, 원격교육 등을 실시하는 것으로 직업교육훈련 전달기구를 통해 주로 실습 및 강의 방식으로 취업 및 창업 교육훈련을 제공한다. 이 때 대상과 시기를 특화하여 운영한다. 취업 및 전직지원 서비스는 전역 후 실직 기간 최소화, 취업에 필요한 교육 프로그램 제공 등을 통해 고용시장에서 경쟁력 확보, 기존 소지 자격 및 능력 활용, 취업 시 제대 군인의 욕구와 가치관 반영 등에 초점을 두고 전역하는 모든 장병들을 대상으로 서비스를 제공한다.

센터링크(centerlink) 취업지원 서비스는 직무 네트워크와 협력하여 구직자에게 적합한 기업과 연계를 도모하는 등 집중 취업 알선 서비스를 제공하는 것을 말한다. 이는 제대 군인을 포함하여 일반 국민들도 센터링크를 통해 고용서비스를 받을 수 있다는 점이 독특하다. 직무 네트워크 취업 지원 서비스는 개별 구직자의 특성을 고려하여 수요자 특성 맞춤형 고용 서비스를 제공하고 있는데, 1단계 구직지원 및 2단계 집중지원으로 단계별 지원을 제공한다. 이 중 1단계는 일자리 검색 시스템을 통해 구직자의 이력서 및 경력 사항 등을 등록하고 매일 업데이트 되는 구직정보를 연결시켜 줌으로써 적합한 일자리를 찾을 수 있도록 해준다. 2단계는 실직기간에 따라 차별화된 서비스를 지원하는데, 실직 후 3개월, 6개월, 12개월로 구분되어 특화된 서비스를 제공받는다(정철영 등, 2012).

마지막으로 전직지원 프로그램은 호주 전역에 소재하는 제대 군인 및 가족 지원센터에서 진행된다. 대상은 전역 절차가 진행 중이거나 1년 이내에 전역자 및 전역 군인의 가족들이다. 주요 내용은 군인에서 민간인으로 신분변화에 따른 적응, 민간생활의 경험, 향후 계획 설계, 동기부여 및 적응기술 등의 교육을 실시한다.

라. 일본

일본은 모병제의 특성 상 우수자원이 획득되어야 자위대의 발전이 가능하다는 인식을 가지고 있다. 이를 위해서는 전역 후 취업이 보장되어야 한다는 기초 아래 취업지원을 강조한다(정철영 등, 2012). 그에 따라 다양한 제도 및 프로그램을 운영하고 있는데, 예를 들어, 정년 후에도 계속해서 대원으로 근무할 의지와 능력이 있는 사람을 다시 채용하는 군 재임용 제도는 고령의 우수 인재 적극 활용, 고용과 연금의 제휴 확보 등이 가능하도록

하는 장점이 있다. 아래는 재 임용 제도에 대한 내용이다(홍선이·박동열·김선학·이정표, 2009).

〈표 10〉 일본 군 재임용 제도

구 분	사무관 등	자위관
내 용	현행의 정년연령을 유지하면서 60대 전반에 공무 내에서 근무할 의욕과 능력이 있는 자원을 재임용	현행의 정년연령을 유지하면서 퇴직 후에도 자위관으로서 일할 의욕과 능력이 있는 사람을 특정한 업무를 행하는 자리에서 계속해서 재임용
임용 형태	풀타임 근무, 단시간 근무	풀타임 근무로 한정
임 용	1년 이내 갱신 가능	· 1년 이내 갱신가능(60세 전은 3년 이내) · 출동 등의 경우는 일정기간(6개월~1년) 연장가능
임용상한 연령	65세	
급여	직무의 급 또는 계급마다 단일한 봉급월액이 지급되고 통근수당 등의 여러 가지 수당 지급	

* 출처 : 홍선이 등(2009).

일본의 자위대는 정년제와 임기제라는 두 가지 제도가 있다. 이 중 정년제는 대부분 50세 중반, 임기제는 대부분 20대 중반에 퇴직하게 된다. 그에 따라 정년제 및 임기제 제대 군인 전직지원으로 나누어지는데, 먼저 정년제 제대 군인의 경우에는, 전역 10년 전부터 직업능력개발 설계훈련을 실시하며, 전역 2~3년 전에는 업무관리교육, 기능훈련, 통신교육 등 맞춤형 직업교육훈련을 실시하고, 전역 1년 전에는 구인정보제공, 구인 및 구직 매칭을 통해 전직을 준비하게 하며, 전역 당해 년도에 취직을 할 수 있도록 해준다. 반면 임기제 제대 군인 전직지원은 입대 후 3년이 지나면 인생계획이 제공되고, 이후 취직보도교육, 기능훈련 및 통신교육이 실시되며 전역 1년 전에 재취업준비, 구인정보제공, 구인 및 구직 매칭을 통해 전역 당해 년도에 마찬가지로 취직을 할 수 있도록 돕고 있다.

또한 기업들이 중요하게 여기는 커뮤니케이션 능력, 직업인 의식, 기초학력, 비즈니스 매너 등과 같은 취직에 필요한 기초역량 습득을 지원하는 청년 취직 기초능력 지원 사업을 제공하는데, 후생노동성에서 인정한 강좌나 시험에 합격하고 정보, 경리, 어학 등의 자격 중 한 개 이상을 취득하면 청년 취직 기초능력 습득 증명서를 발급함으로써 제대 군인들이 취업에 유리하도록 돕고 있다.

IV. 단기 복무장교 지원인력 확대 방안

군의 주요 의사결정 집단인 장교집단의 자질을 향상 및 수준 유지하기 위해서는 우수 장교의 획득이 중요하다는 것에 대해서는 이견이 없어 보인다. 더군다나 군은 상대적으로 폐쇄된 시스템으로 인해 인사관리 제도 또한 그 속성을 따라가기 때문에, 최초 선발 인원이 진급을 통해 대부분 상위직에 채워진다. 그에 따라 처음에 어떤 자원을 뽑느냐가 매우 중요할 것이다. 단기 복무장교는 장차 군의 주요 의사결정을 내릴 고급 장교 집단의 후보 군이며, 또한 직접 전투 등 군의 직무를 현장에서 수행하는 중간 관리자이다. 따라서 그들의 역량과 복무의지를 관리할 필요가 있는 것이다. 하지만 입대한 다수의 단기 복무장교들이 장기선발이 되지 않거나 자발적으로 군을 떠나는 것이 현실이다. 이런 경우에 군을 떠날 그들에게 다가오는 취업에 대한 부담은 남은 군 복무에도 영향을 미칠 뿐 아니라, 잠재적인 단기 복무장교 지원자들에게도 부정적인 이야기들이 전해질 수 있다. 이는 결과적으로 단기 복무장교 지원인력의 감소 및 자질 저하로 이어진다.

지금까지의 내용을 종합하면, 단기 복무장교 지원인력이 저하되는 것은 무엇보다도 전역 후 취업에 대한 불리함 인식이라는 것이다. 외국의 경우에는 복무기간에 따라 차이가 있지만, 단기 복무장교를 포함하여 군 또는 공공기관 재 활용 및 취업 지원 제도가 존재한다. 그에 따라 단기 복무장교 지원 의도에 영향을 미칠 수 있는 전역 후 삶, 즉 전직지원을 위한 제도 강화를 통한 지원인력 확대 방안을 제안해 보고자 한다. 아울러 직업의 안정성을 높이는 것 또한 군의 지원동기를 자극하고 인력을 유인하는 방안이 되기도 한다. 그에 따라 정년 연장과 관련된 방안을 제안하고자 한다.

1. 전직지원 제도 보완: 군-기업-단기 복무장교 선순환체계 구축

단기 복무장교의 군복무, 전역 후 재취업과 관련하여 3개의 주체가 존재한다. 하나는 그들을 선발하고 복무시키는 군, 전역(예정) 단기 복무장교를 직접적으로 고용하는 기업/조직, 그리고 당사자인 단기 복무장교이다. 이 세 주체가 협력하여 서로 윈윈윈(win-win-win)할 수 있는 선순환체계를 구축한다면 군의 입장에서는 우수한 초급장교 획득이라는 군의 필요를 채우는데 도움이 되고, 기업의 입장에서는 자질과 역량이 검증된 우수인력을 채용하게 될 것이며, 단기 복무장교의 입장에서는 취업에 대한 불안감을 다소 줄일 수 있게 될 것이다. 이를 위해서는 기존의 전직지원 제도에 단기 복무장교에 특화된 맞춤형 방식을 보완하는 것이 요구된다. 한해 단기 복무장교 전역자의 수 및 군

기여도를 고려할 때 중기 또는 장기 복무자와 동등한 예산지원, 교육훈련 프로그램 지원은 어려울 수 있다. 하지만 기업 체험 프로그램 참가기회 확대, 기업 및 채용정보 실시간 제공, 기업의 장교 특별채용제도 개선, 군-기업 간 유사 직무에 대한 군경력 인정 등은 비교적 현실적으로 가능한 방안으로 여겨진다.

특히 단기 복무장교 맞춤형 전직지원 제도는 기업의 입장에서 다음과 같은 도움이 된다. 90년대 후반 외환위기 이후, 또한 오늘날 사회·경제적 상황으로 기업 구성원들의 이직률은 높아진 편이다. 복리후생 및 급여수준이 상대적으로 높으며 고용이 비교적 안정적인 대기업도 평균 근속기간이 10년 정도로 높은 이직률을 보이는데, 이는 대부분 일반 기업에서 찾아볼 수 있는 보편적인 현상이다. 물론 기업의 구조적인 문제가 퇴사의 원인이 되기도 하지만, 이직의 주요 원인은 개인의 적응문제, 대인관계 갈등, 더 나은 이직기회 포착 등으로 인한 자발적 이직이 많다. 문제는 직원들의 이직률이 높아질수록 기업의 입장에서는 신입사원 채용, 재교육 비용 등의 추가적인 재원이 소모된다. 따라서 보다 장기적으로 조직생활이 가능한 자원을 선발하고자 하는 것이 기업의 인재획득의 핵심 중 하나가 된다. 따라서 군이 사회에서 원하는 인재를 잘 육성 및 관리하고, 기업에서 필요로 하는 역량에 대한 자료를 축적 및 제공하며, 군 복무를 통해 기업에서 희망하는 경험과 지식을 쌓게 한다면, 그리고 맞춤형 전직지원 제도를 통해 그런 질적평가 결과를 군이 인증해주고 이를 기업이 수용한다면 기업 또한 그들이 원하는 검증된 인재를 영입할 수 있다는 점에서 도움이 될 것이다. 각 주체들의 역할을 보다 구체적으로 살펴보면 아래와 같다.

가. 군의 역할

먼저 군은 공기업, 공공기관을 시작으로, 국내뿐 아니라 외국계 기업까지 포함하여 시총 순위 상위권에 있는 기업을 중심으로 장교 출신 전역자들의 취업과 관련하여 협약 체결을 확대할 필요가 있다. 이 때 기업들에게는 군이 인증한 양질의 인적자원을 선발 후보군에 넣을 수 있다는 장점을 부각시키고, 국가를 위해 희생 및 봉사한 이들의 취업이라는 사회적 책임을 군과 기업이 함께 부담한다는 명분을 강조해야 할 것이다. 이는 군이 적극적으로 나서서 구축해야 할 부분이다. 둘째, 군에서 필요하며 기업에서도 필요한 역량평가 정보를 제공하는 것이다. 군에서 장교의 인사고과는 전반적인 역량, 리더십 등을 종합적으로 반영하는 것으로, 비록 군 조직에 한정된 평가결과이지만, 일반기업의 핵심역량 요인과도 중복성이 높을 것으로 여겨진다. 따라서, 기업들이 요구하는 역량이 무엇인지 확인 후 이를 역량평가에 반영할 필요가 있다. 아래 표는 2020년 9월을 기준으로 국내 대기업에서 필요로 하는 역량이다.

〈표 11〉 국내 대기업의 인재상

구분	인재상
삼성	<ul style="list-style-type: none"> · 끊임 없는 열정으로 미래에 도전하는 인재 · 창의와 혁신으로 세상을 변화시키는 인재 · 정직과 바른 행동으로 역할과 책임을 다하는 인재
현대	<ul style="list-style-type: none"> · 말은 분야에 대한 전문적 기술과 노하우 뿐 아니라 폭넓은 안목과 식견을 키움으로써 회사의 지속성장에 기여하는 전문인 · 기존의 틀에서 벗어난 새로운 생각을 기반으로 발상과 인식의 전환을 통해 자율창의를 실현하는 창조인 · 뜨거운 열정으로 실패와 좌절을 두려워하지 않고 지속적으로 새로운 도전을 감행하는 역동적인 도전인 · 건전한 가치관과 윤리의식을 가진 책임감 있는 사회인으로서 사내 구성원, 고객, 협력사와의 상생 추구를 통해 회사의 명예와 자긍심을 높이는 도덕인 · 고객지향적 입장에서 가족, 동료, 회사, 사회와의 약속을 지키며, 기업 구성원으로서의 역할과 책임을 다하는 책임인 · 적극적인 자세와 강한 추진력으로 업무혁신을 실현하는 실행인
LG	<ul style="list-style-type: none"> · 꿈과 열정을 가지고 세계 최고에 도전하는 사람 · 팀워크를 이루며 자율적이고 창의적으로 일하는 사람 · 고객을 최우선으로 생각하고 끊임 없이 혁신하는 사람 · 꾸준히 실력을 배양하여 정정당당하게 경쟁하는 사람
SK	<ul style="list-style-type: none"> · 스스로 동기부여하여 높은 목표에 도전 · 기존의 틀을 깨는 과감한 실행 · 필요한 역량의 개발을 위한 노력 · 팀워크 발휘

위의 표를 보면 기업마다 다소 표현방식에 차이는 있지만, 공통적인 키워드가 반복됨을 알 수 있다. 구체적으로 위에서 언급된 대기업들은 모두 창의성 및 혁신, 도전정신, 정직 및 도덕성, 책임감, 전문성, 팀워크, 실행력 등을 중요하게 여기는 것으로 판단된다. 또한 오늘날은 글로벌 경쟁이 심화되고 사업이 다각화 및 세계화됨으로 인해 외국어 능력과 글로벌 비즈니스 마인드를 높이 평가한다. 또한 보다 참신하고 혁신적인 인재를 끌어모으기 위해 추천제, 인턴제, 공개채용제, 캠퍼스 리쿠르팅, 특채 등 채용채널을 다변화하고 있다. 채용과정에서는 단순한 필기시험이 아닌 직무 수행역량, 대인관계 및 팀워크 역량 등 개인의 능력, 지원직무에 대한 이해, 협업 능력 등을 중요하게 여긴다. 그에 따라 정보/지식형 인재, 전문가적 지식을 소유한 창의적인 인재를 선호한다. 따라서 일반적인 고용환경에서도 혁신적 사고 및 창의성, 외국어 구사능력 및 전문성, 협업 능력, 관리적 마인드 또는 리더십, 적응력을 갖춘 사람이 요구된다(류동희·이종구·김홍유, 2012).

그런데 위에서 언급한 이런 역량들은 하루 아침에 달성될 수 있는 것이 아니다. 또한 일시적인 관찰이나 면접을 통해서 파악하기도 어렵다. 즉 기업에서 필요로 하는 역량의

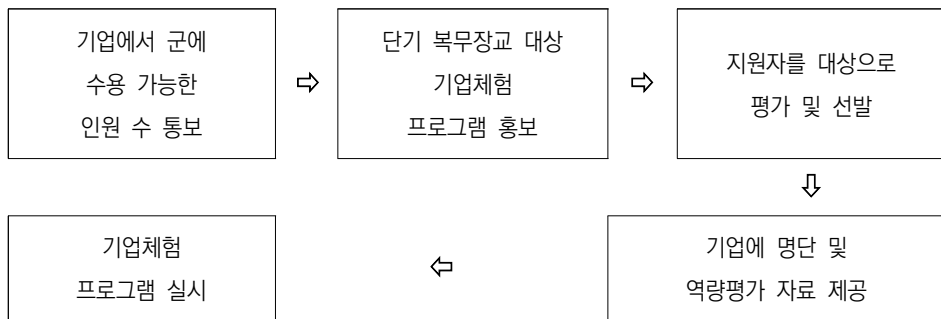
다양성과 중요성에도 불구하고 이를 정확하게 확인 및 평가하기란 쉽지 않다. 그에 반해 군은 단기 복무장교들에 대해 군 복무기간 중에 다양한 관찰자를 통해(상급자, 동료, 하급자) 여러 가지 역량을 확인하고 평가할 수 있다. 예를 들어, 업무수행 과정에서 창의성 및 혁신의 정도, 도전정신 및 실행력, 도덕성 및 책임감 등을 확인할 수 있다. 또한 단체 생활 및 관리자적 역할의 특성 상 팀워크 및 리더십에 대한 평가가 가능하다. 즉 군에서는 단기 복무장교들의 리더십, 협조심, 팀워크, 책임감, 실행력, 도전정신, 창의성 등을 다면 평가를 통해 보다 엄밀하고 체계적으로 비교적 장기간 확인할 수 있다는 것이다. 물론 평가의 온정주의 오류에 빠지는 것을 막기 위한 제도적인 보완이 필요하지만, 군 뿐만 아니라 기업이 중요하게 여기는 역량을 비교적 장기간 관찰 및 평가를 통해 축적된 자료는 기업의 인재 선발 시 귀하게 활용될 것으로 여겨진다. 그에 따라 군과 MOU를 체결한 기업을 대상으로 전역 및 취업을 원하는 단기 복무장교들의 역량평가 결과를 개인의 동의 하에 제공해 준다면, 기업은 원하는 인재풀을 보다 경제적이고 신뢰할 만한 루트를 통해 얻을 수 있다.

추가적으로 군 또한 조직이라는 점에서 다양한 업무가 존재하며, 이 중 기업의 직무와 유사한 일들 또한 어렵지 않게 찾을 수 있다. 예를 들어, 군의 인력 및 인사부분은 민간 기업의 인적자원관리와 일맥상통하며, 보급은 군수관리, 수리는 정비 및 품질관리 등과 밀접하게 연결되어 있다. 아래는 군과 기업간 유사 직무에 대한 몇 가지 사례이다. 표에 제시된 것 이외에도 군과 기업간 호환될 수 있는 직무들은 매우 많다. 그리고 이런 유사 직무들을 경험한 자원은 군에서 쌓은 경력으로 인해 일반기업에서 적응이 상대적으로 빠를 수 있고, 성과 또한 더 우수할 가능성이 높다. 군은 이런 업무 유사성 또는 호환성을 고려하여 단기 복무장교들이 군에서 경험한 직책 또는 직무에 대해 경력인증 시스템을 구축하고 기업에서 이들을 채용할 때 참고 또는 가점을 줄 수 있도록 협력하는 것이 요구된다.

〈표 12〉 군-기업 간 유사 직무(사례)

군	민간 조직
인사 분야	인적자원관리, 경영지원 등
보급 분야	재고관리, 자재관리 등
수리 분야	품질관리 등
정보통신 분야	통신장비 관리, 소프트웨어 개발 등
공보정훈 분야	대언론, 사내 교육 등
지휘관리, 기획 분야	전략경영, 비전 등

둘째, 군은 단기 복무장교들에게 보다 많은 기업체험 참가기회를 부여할 필요가 있다. 예를 들어, 군 복무 1년이 경과한 자 중에서 희망자에 대해 연 1~2회 기업 체험 프로그램에 참여토록 해주는 것이다. 기간은 3박 4일 또는 일주일 정도의 단기간으로 하고, 이를 통해 자신의 적성과 맞는 기업 또는 직무를 실제 현장에서 경험할 수 있도록 해주는 것이다. 또한 이 과정에서 기업에 대해 보다 구체적이고 현실적인 모습을 알게 되고, 실제 직원들이 일하는 모습을 관찰하면서 업무에 대한 정보도 획득하며, 미래의 구직희망 후보 기업으로 둘 것인지를 판단할 수 있는 기회를 갖게 해준다. 물론 군의 현장 전투력에 영향을 줄 만큼 다수 인원을 대상으로 비 계획적으로 프로그램을 운영하는 것은 옳지 않다. 따라서 군은 협약을 맺은 기업을 중심으로 수용 가능 인원을 받은 다음, 단기 복무장교들을 중심으로 기업체험 프로그램을 홍보하고, 군내 자체 기준(예를 들어, 근무평정이나 역량 평가)에 따라 인원을 선발한 다음에, 기업에 명단 및 역량평가 자료를 제공하고 기업 체험을 할 수 있도록 한다면 체계적으로 프로그램을 운영할 수 있을 것이다. 아래는 기업 체험 프로그램의 운영절차를 나타낸다.



〈그림 5〉 기업체험 프로그램 운영 절차

군은 기업체험 프로그램을 점차 많은 기업과의 협약을 통해 확대할 필요가 있다. 그렇게 되면, 단기 복무장교들은 보다 다양한 기업의 현장을 체험할 수 있게 되어, 전역 후 구직 활동에 큰 도움을 받을 수 있을 것이다. 아울러 단기간의 기업체험을 한 인원이, 전역 후 해당 기업의 취업을 원할 경우에는 보다 성실하게 군복무를 마치기 위해 노력할 것으로 여겨진다. 또한 기업의 입장에서는 향후에 적성이 맞는, 조직의 현실을 직접 체험한 전역자를 선발할 수 있다는 점에서 조기퇴사 및 이직률을 낮출 수 있을 것이다. 이는 인력관리비용의 절감을 가져오며, 군, 기업, 단기 복무장교 개인 모두에게 도움이 된다.

나. 기업의 역할

단기 복무장교들이 대학생들에 비해 취업전선에서 가장 불리한 점 하나가 인턴십을 경험하지 못하고, 대학에서 제공하는 최신 취업 정보를 얻지 못한다는 것이다. 이는 앞서 살펴본 군과 협약을 맺는 기업을 대상으로 기업체험 프로그램을 도입함으로써 어느 정도 보완이 될 수 있다고 본다. 대부분의 구직자들은 취업정보 사이트를 통해 간접적으로 기업에 대한 정보를 얻게 된다. 하지만 실제 기업에서 직무를 수행하면서 얻는 채용 풍토 및 기업 정보는 보다 현실적이고 구체적인 구직 정보가 될 것이다. 또한 단기적으로 기업체험을 통한 인턴십을 경험하면서, 채용정보 뿐만 아니라 기업의 각종 활동, 업무수행 방법, 사보, 업무 흐름, 문화 등을 체험적으로 획득함으로써 실제적인 지식을 축적할 수 있다. 반면 기업의 입장에서는 채용 후보군을 가까이에서 직접적으로 관찰할 수 있는 기회가 되기도 한다. 채용은 구직 희망자와 기업의 이해가 맞아떨어질 때 가능하다. 기업은 협약을 맺은 군에서 제공하는 기업체험 프로그램을 사회적 책임의 일환으로만 여기는 것이 아니라, 장교로 복무한 미래의 채용 후보군을 미리 관찰하고 평가하는 기회로 삼아야 할 것이다. 즉 기업체험 프로그램을 통해 조직에 보다 필요한 인재가 누구인지 대면하여 엄밀하게 살펴볼 수 있다. 이 과정에서 피상적인 인재와 실제적인 인재를 구분해야 할 것이다. 이를 위해서는 보다 실질적인 기업체험이 될 수 있도록 프로그램을 진행해야 하며, 기업의 각종 채용 정보 및 인재상, 지원 시 주요 착안사항 등에 대해 내실 있는 정보를 제공해야 한다. 또한 단기적인 기업체험 기간 중 자체 평가 시스템을 구축하고 프로그램 종료 후 이를 참가자에게 피드백해 줌으로서 미래의 구직활동에서 어떤 점을 보완하면 좋은지에 대한 가이드를 제공해 줘야 할 것이다. 이는 기업의 이미지 제고에도, 프로그램 체험자의 역량 증진을 위해서도 도움이 되는 것이다.

둘째, 군과 협약을 체결한 기업들은 우수한 인재의 지원을 늘리기 위한 유인책도 구비해야 한다. 현재 일부 기업의 경우에는 개별적으로 장교출신에 대한 채용 우대제도가 있지만, 기업 전반적으로 이 제도가 활발하게 시행된다고 보기는 어렵다. 따라서 군과의 협약을 전제로, 우수 인재 채용을 위한 다양한 방안을 고안하여 실행해야 할 것이다. 예를 들어, 기업체험 프로그램에서 우수한 평가를 받을 경우 동일인이 전역 후 해당 기업에 지원할 때 서류전형에서 혜택을 주는 것이다. 아울러, 군에서 발급한 경력 인증서가 있거나 또는 역량평가 결과가 우수한 단기 복무장교에 대해서는 채용과정에서 가점을 주는 방법을 도입하는 것이다. 이는 재학 중 구직활동을 진행하는 대학생들을 선호하는 기업들의 특성상 단기복무 후 전역하는 장교 출신들이 서류전형에서 받을 수 있는 불이익 보완하는 것이다. 혹은 군 복무 중 일정 점수 이상의 근무평정 및 역량평가를 받은 지원자에 대해서는

서류심사를 통과시키고 다음 채용과정은 자력으로 경쟁하도록 하는 방법도 생각해볼 수 있을 것이다.

위와 관련하여 현재 일부 기업을 중심으로 진행되는 장교 특별전형의 절차도 개선되면 좋을 것이다. 현재의 제도는 전역이 임박한 자를 대상으로 일부 인원을 선발한다. 이를 입대 1년 후, 개인 자력 및 1년 간 군 복무 결과를 토대로 희망자에 대해 예비 선발하는 것으로 조정하는 것이다. 이 또한 군과 기업 간 협약을 기초로 한다. 물론 예비 선발로 인해 군 복무를 게을리하거나 군 복무 중에 기업 친화적인 행동을 하는 등의 부작용이 존재할 수 있다. 이를 예방하기 위해 예비 선발된 자원에 대해서는 기업이 군에 복무 성실도에 대해 주기적인 자료를 요청할 수 있게 해준다. 또한 전역 임박 시 복무 중 일정 점수 이상의 근무평정 또는 역량평가를 받는 자에 한해 최종 선발을 하게 한다. 이렇게 되면 비록 단기간 군 복무를 하더라도, 군 복무 후 취업할 곳이 정해지더라도 군 복무를 부실하게 할 가능성이 줄어든다. 오히려 현재 군 생활에 대한 평가가 미래의 취업 및 직장에서의 평가에까지 연결된다는 점에서 더욱 성실하게 군 복무를 할 동기가 된다.

다. 단기 복무장교의 역할

단기 복무장교들의 역할은 군 및 기업에 비해 상대적으로 간단하다. 이들은 군 복무의 전반적인 평가가 전역 후 취업에 유리할 수 있도록 성실하게 군 복무를 하면 되는 것이다. 군과 기업의 협약 하에 역량평가 자료 공유 및 인재풀 지원이 진행된다면, 더 이상 군 복무와 전역 후 취업을 별개의 사안으로 보지 않게 된다. 즉 군과 기업에서 채용 정보 및 기업 정보를 제공해 주며, 기업체험 프로그램을 통해 실제 기업을 경험할 수 있게 해줌으로써 군 생활 중에 어떤 경력과 경험을 쌓는 것이 군 뿐만 아니라 장차 취업할 조직에 도움이 될 것인지에 대해 보다 체계적인 계획을 세울 수 있을 것이다. 게다가 군 생활이 취업과 연계되면 군 복무 의지 활성화에도 기여할 수 있다. 예를 들어, 본인이 취업을 희망하는 기업의 경우에 책임감과 주도성을 중요하게 생각한다면, 또는 리더십과 관리역량을 우선으로 여긴다면, 군 복무 중 해당 역량을 높일 수 있는 업무, 보직을 수행해야 할 뿐만 아니라, 우수한 평가를 받을 수 있도록 성실하게 역할을 완수해야 할 것이기 때문이다. 지금까지 군-기업-단기 복무장교 선순환체계 및 각 주체의 역할에 대해 살펴보았다. 이 중 군과 기업의 협력 절차는 아래의 표와 같다.

〈표 13〉 군-기업 간 협력 절차

구 분	주요 내용
군-기업 MOU 체결	<ul style="list-style-type: none"> · 기업요구역량, 군 평가항목을 반영한 “장교 복무자 역량 평가서” 확정 및 제작 · 기업 정보 및 채용 정보 내용 및 제공 시기 협의(수시) · 기업 제공 체험 프로그램 내용, 시기 조율 및 확정(분기 1회) · 단기 복무장교 출신 지원자 서류심사 혜택 협의 · 장교출신 특별전형 채용 방식 조정
입대 시	<ul style="list-style-type: none"> · 기업 정보 및 취업 정보 제공 · 개인 기초자료 기업 제공(본인 동의 하 필요시)
2년 차	<ul style="list-style-type: none"> · 근무평정 시 “장교복무자 역량 평가서” 평가 · 기업 정보 및 채용 정보 제공(수시) · 기업 예비 선발 희망자 모집 및 예비선발 · 개인 기초자료 및 1년간 군복무 평가 자료 기업 제공(본인 동의 시) · 기업체험 프로그램 진행(분기 1회, 개인별 연 2회)
3년차	<ul style="list-style-type: none"> · 근무평정 시 “장교복무자 역량 평가서” 평가 · 기업 정보 및 채용 정보 제공(수시) · 군 복무 평가자료 기업 제공(본인 동의하 필요시) · 기업체험 프로그램 진행(분기 1회, 개인별 연 2회)
전역 시	<ul style="list-style-type: none"> · 군 복무 평가자료 종합 및 기업에 제공(본인 동의 하) · 취업 희망자 지원서 제출(군 복무 평가자료 우수자 서류 심사 혜택) · 예비 선발자 최종 선발

위에서 살펴본 군-기업-단기 복무장교 간 선순환체계를 통한 전직지원 제도 보완은, 기업의 입장에서는 인재 채용 및 관리 비용 절감, 우수한 인재 선발을 도울 수 있다. 단기 복무장교 입장에서는 기업체험 프로그램을 통해 기업에 대한 이해의 증진과 더불어 채용에 대한 최신 정보를 얻을 수 있다. 군의 입장에서는 군 복무와 전역 후 취업을 연계시킴으로써 군 복무 의지를 고취시킬 수 있고, 취업을 고려한 군의 인력 정책으로 인해 장교 지원인력의 증대를 도모할 수 있다. 이는 장교 집단의 질적 수준 향상으로 전투력 향상에 도움이 된다는 점에서 상생의 방안으로 여겨진다.

2. 장교 정년연장 분야

우수자원은 획득이 중요한 이슈가 되지만 지속적으로 유지하는 것이 오히려 장기적으로 조직의 생존과 번영에 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 이는 우리 군도 마찬가지이다. 그런데 구성원(현재뿐 아니라 미래의 잠재적 구성원까지 포함한)의 주요 관심사항 중 하나는 내가 몸 담고 있는 조직에서 내가 얼마나 안정적으로 일할 수 있는가, 즉 고용을 안정적으로 보장받을 수 있느냐에 대한 것이다. 실제로 고용안정성에 대한 관심은 조직 유입 전보다

조직 유입 후에 더 커지게 된다. 이는 생계와도 연결되기 때문이다. 그런데 고용안정성은 동기요인이라기보다는 위생요인에 가깝다(Herzberg, Mausner, & Snyderman, 1959). 즉 고용안정성은 업무성과 증진을 위한 동기를 부여하는 요인이기보다는 이것이 확보되지 않으면 직무에 불만족을 가질 수 있는, 그래서 기본적으로 충족되어야 하는 요인이라는 것이다. 이를 욕구단계로 이해하면 고용안정성은 상위욕구가 아니라, 안전 및 안정과 관련된 저차원적 욕구에 해당한다(임창희, 2018). 따라서 고용안정성이 흔들리면 직장생활에 심각한 불안을 야기하고, 이는 조직에 대한 불만으로 이어질 것이다. 문제는 그런 고용안정성이 흔들리거나 불안하다고 인식되면, 현 조직 구성원뿐 아니라 구직자들의 취업대상 조직 선택에도 심각한 영향을 미친다는 것이다.

군의 입장에서 다수 숙련 간부들이 일반 공무원들에 비해 상대적으로 조기에 전역하고 있다. 공무원의 경우에는 2008년 ‘국가공무원법’, ‘지방공무원법’, ‘경찰공무원법’, ‘소방공무원법’, ‘군무원인사법’의 개정으로 정년이 60세로 단일화 되었다. 또한 2013년에는 ‘고용상 연령차별 금지 및 고령자 고용 촉진법’의 개정에 따라 2016년부터 일반 기업의 근로자들의 정년도 60세로 의무화 되었다. 하지만 군인의 경우에는 국방개혁과 연계하여 간부 정년 연장으로 직업성을 보장하겠다는 주장 및 제안이 여러 차례 있었지만, 1993년 이후 현재까지 정년 연장은 진행되지 않고 있는 것이 현실이다.

숙련된 간부들의 다수가 조기에 전역하는 것은 군의 입장에서 손실이 적지 않다. 참모 및 지휘관을 역임하면서 군의 구석구석에서 전투력 증진을 위해 매진하며, 정책부서 근무를 통해 우리 군의 미래를 설계하기 위해 고군분투 하며, 군에 특화된 전문성과 마인드를 갖추었지만 상위계급으로 진출하지 못해 전역할 경우, 또는 상대적으로 짧은 계급정년으로 인해 사회에 나가게 될 때, 군은 전역자와 함께 그 동안 그에게 투자했던 그리고 그가 가지고 있는 모든 것을 잃게 되는 것이다. 자원기반관점에서 보면 군에 특화된 인적자원 즉, 가치있고, 희귀하며, 모방할 수 없고, 대체할 수 없는 자원을 손실하는 것이다 (Wright et al., 1994). 아래는 대위 이상 장교 및 영관급 장교의 정년 현황을 나타낸다.

〈표 14〉 장교 정년 현황(93년 이후 현행 유지)

구 분	대령	중령	소령	대위
1954년	56	52	49	45
1962년	50	47	43	43
1980년	50	47	43	43
1989년	56	49	45	43
1993년	56	53	45	43

* 출처 : 국방부.

군 복무자 개인을 고려할 때 중령 이상은 되어야 정규직으로 인정받고 안정성을 얻었다고 여길 수 있다. 하지만 아래의 생애주기를 보면 중령 이상이 되었다고 해도 인생의 최대 지출시기에 대부분 전역을 하게 된다. 즉 조직에 활발하게 기여하면서 자아실현을 해나갈 뿐 아니라, 자녀양육 및 교육으로 인해 경제적인 지출이 한창일 때 전역하게 된다는 것이다. 이는 복무전념 의지를 꺾고, 전역 후 생계를 위해 군 복무 중에 재취업에 마음을 쓰게 만드는 원인이 되기도 한다.

정상준(2017)의 연구에 의하면, 우수인력이 군에서 장기복무를 꺼리는 이유에 대한 설문조사 결과, 응답자 103명 중에서 59명(57%)이 '정년으로 인한 직업의 안정성 보장 제한'이라고 응답할 만큼 군의 고용안정성이 떨어져 있는 것으로 나타났다. 진급을 못하면 조기에 전역을 하게 되고, 진급을 하더라도 상대적으로 일찍 군문을 나서야 하는 군의 특성 상 재취업의 시기를 놓치는 경우가 적지 않다.

나 이:	30세	35세	40세	45세	50세	55세
정 년:			대 위 (43세)	소 령 (45세)	중 령 (53세)	대 령 (56세)
생 애:	결혼 및 출산	자녀 양육 및 교육			자녀 결혼	
		유·초등학생	중·고등학생	대학생		
경 제:	저축기	지출기	최대 지출기			

〈그림 6〉 생애주기와 정년

* 출처 : 정상준(2017), 연구자 수정.

군 간부의 조기 전역은 국가 및 사회적으로도 부담을 초래한다. 다수 숙련 간부출신 전역자들의 재취업을 위한 고가의 교육 및 훈련 비용 초래, 연금 부담, 전문성을 갖춘 생산가능 인력의 비활용 등은 국가 전체적으로 인력 낭비 및 고용불안을 야기한다. 문제는 이런 상대적으로 짧은 정년 제도가 군의 직업안정성을 떨어뜨려 초급장교의 지원인력 감소로도 이어질 수 있다는 것이다.

외국군의 경우에는 한국보다 군인 정년이 상대적으로 더 길거나 짧은 정년을 문제점을 보완하는 국가차원의 시스템이 갖추어져 있다. 예를 들어, 미국은 기본적으로 소령~준장까지 연령 정년을 60세로 동일하게 적용하고 있으며, 소장은 62세, 중장 및 대장은 64세이다. 하지만 실제로 근무 가능한 연령 정년보다는 진급이 아니면 전역하는 인사정책으로 근속

정년에 걸려 조기에 전역하는 경우가 많다(김남훈, 2010). 하지만 미국은 연금지급률, 진급률, 재취업률 등이 높아 단기 정년제도가 갖는 문제점을 상당 부분 보완하고 있다. 호주군의 경우에도 장교, 부사관 구분 없이 정년이 55세이며, 군목 등 특수병과의 경우에는 60세까지 근무가 가능하다. 일본은 자위대원은 국가공무원 특별직으로 분류되어 원칙상 국가공무원에 준한 정년 적용 및 연금을 받도록 되어 있다. 하지만 젊은 자위대를 유지하기 위해 공무원보다 빠른 정년을 적용하되, 희망자 및 유자격자에 대해서는 재 임용하는 제도를 운용하며, 전역자에 대해 국가에서 재취업을 보장함으로써 조기 퇴직에 대한 불안과 불만을 해소하고 있다(조인상·송원길·김정명, 2007).

독일은 인구 고령화로 인해 연금에 대한 재정부담이 가중되면서 정년을 늘리는 추세이다. 그에 따라 위관은 55세~57세, 영관은 59~61세의 연령 정년을 적용한다. 캐나다의 경우에는 2004년 이후 고령화로 인해 젊은 층의 인구분포 감소로 정년 연장에 대한 의견이 거세지면서, 정년을 60세로 올렸다. 프랑스도 57세 정년을 기준으로 하되, 특정직위는 계급에 따라 최대 64세까지 근무가 가능하다. 이 외에도 많은 국가에서 양질의 고급인력인 간부들을 군에서 장기적으로 활용함으로써 고용안정화와 더불어 전투력 증진을 도모하는 것으로 나타났다. 아래는 지금까지 살펴본 외국군 군인 연령 정년을 비교한 것이다.

〈표 15〉 외국군 군인 연령 정년

구 분	대위	소령	중령	대령	장군
미 국	60				60~64
호 주	55세(정년도래 1년 전 신청 시 65세까지 연장 가능)				
일 본	54	55		56	60
독 일	55~57	59		61	62
캐나다	60				
프랑스	57(특정직위는 계급에 따라 최대 64세까지)				61

* 출처 : 조인상 등(2007), 연구자 수정.

따라서 우수한 인력을 유인해 전투력 증진에 필요한 인적자원으로 활용하여 군에 도움이 되도록, 사회적 책임의 일환으로 군에서 고용을 보장하여 생산가능 인력을 적극 활용함으로써 사회 및 국가에 도움이 되도록, 군 복무에 전념할 수 있도록 복무의지를 고취시키고 가계의 경제적인 안정화를 꾀해 개인에게 도움이 되도록 장교의 정년연장을 추진할 필요가 있다. 국방부에서 현재 정년 연장에 대한 논의가 진행되는 것으로 확인되었지만, 보다 혁신적이고 선제적인 접근이 필요하다고 여겨진다. 구체적으로 생애 경제 최대 지출기에는

가계안정화를 보장할 수 있도록 외국군의 사례를 참고하여 계급 구분 없이 대위 이상은 최소 55세로 연장하는 것이 필요하다. 이렇게 될 경우, 직업의 안정성 보장은 우수인력들이 군에 매력을 느끼고 지원하는 또 다른 유인책이 될 것이며, 이는 초급장교 지원인력 확대에도 도움이 될 것으로 여겨진다.

V. 결론

병 복무기간 단축이 단기 복무장교 기피와 관련된 제반 원인의 토대가 되지만, 이는 한반도 안보환경 변화, 군사기술의 발달, 출생률 저하 등을 복합적으로 고려한 정부의 병역정책에 의해 결정된다. 따라서 병 복무기간을 다시 늘리자는 식의 주장은 과거로의 단순 회귀로 적절한 방안이 결코 될 수 없다. 따라서 군 더 나아가 정부 차원에서 단기 복무장교 지원률을 높일 수 있는 효과적인 유인책을 찾아내는 것이 보다 현실적일 것이다. 그런데, 병 복무기간 단축, 청년 실업률 상승, 재학생 신분으로 취업 준비 선호 등을 종합해 보면 결국 장교로 군 복무 후 취업에 대한 불리함에 대한 인식이 장교 지원률을 저하시킨다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구는 단기 복무장교들의 가장 큰 관심사인 전역 후 취업과 관련해서 군의 효과적인 지원책을 도출하는 것을 목적으로 하였다.

민간조직의 입장에서는 조직에서 필요로 하는 역량을 갖춘 인재를 늘 찾고 있다. 따라서 단기 복무장교들이 민간조직에서 가치 있게 여기는 역량을 갖춘 차별적 인재라면, 구체적으로 군에서 그런 역량을 개발 및 훈련시켜 양질의 인재로 만들 수 있다면 이는 민간조직 입장에서도 환영할 인적자원인 것이다. 따라서 군 생활 동안 단기 복무장교의 각종 평가를 전역 후 취업에 어떻게 활용하면 좋을지에 대해서 제안하였다. 본 연구는 단기 복무장교 획득 문제 해결을 위해 전략적 홍보, 권역별 선발 등에 집중했던 선행연구들과는 달리, 전직지원 제도 보완을 통한 재취업 도움에 초점을 두고 문제 해결 방안을 제시하였다. 이는 선행연구 관점의 확장이자 차별화 전략이 된다. 이 과정에서 왜 전직지원 제도가 단기 복무장교 지원률에 도움이 되는지를 문헌연구 및 자료분석을 통해 논리적으로 주장하였다.

특히 본 연구에서는 군-기업-단기 복무장교 간 선순환체계 구축, 즉 각 행위자들의 구체적 역할, 협력 관계 구축 방법을 제시함으로써 단기 복무장교들의 재취업 불안을 해소하기 위한 실질적인 정책 방안을 제시하려는 독창성을 추구하였다. 기업의 입장에서는 전역예정 단기 복무장교를 대상으로 한 기업체험 프로그램을 일반 지원자들과 비교해서

보다 실질적이고 체계적으로 준비하고, 군과 협조하에 취업 희망자를 대상으로 프로그램을 운영할 필요가 있다고 보았다. 이를 통해 기업에 대한 보다 정확한 이해, 지원자-기업 간 적합성 확인 등의 기회로 삼도록 해야 한다고 주장하였다. 이는 취업 후 이직, 불만족에 의한 성과 저조 등의 문제를 미연에 방지할 수 있다는 점에서 기업에 도움이 될 것이다. 아울러 인재풀과 역량평가 정보를 제공하는 군에 보답하는 차원에서 채용의 일정비율을 단기 복무장교에게 할당할 필요가 있다고 주장하였다. 이는 기업이 원하는 역량을 갖춘 미래형 인재를 모신다는 점에서 특별채용의 방식으로 진행될 수 있는 것이다. 아울러 군에서 추천하는 단기 복무장교의 경우 서류심사 면제 등 완화된 채용절차를 적용하는 것도 하나의 아이디어가 될 수 있다고 제안하였다.

본 연구는 이런 단기 복무장교에 특화된 전직지원 제도가 그들에게 군과 기업에서 공통적으로 중요하게 생각하는 역량이 무엇인지 파악하게 한 후, 취업에 활용될 역량요인들에서 높은 점수를 받을 수 있도록 적극적으로 군생활을 할 수 있게 하는 동기요인이 될 수 있다고 주장하였다. 이는 본 연구의 시사점 중 하나이다. 예를 들어, 조직에 대한 헌신, 관리역량, 문제해결 능력, 대인관계 등은 군이든 일반 기업이든 모두 중요하게 여기는 역량들일 것이다. 따라서 군에서 우수하게 평가받은 단기 복무장교가 전역 후 재취업에서도 유리할 수 있도록 모범적으로 군 복무를 할 것으로 여겨진다. 이를 요약하면, 군-기업-단기 복무장교 간 상호 선순환체계를 통해 군과 기업이 협력관계를 구축하게 되면, 군은 단기 복무장교의 복무 활성화라는 결과를, 기업은 원하는 우수한 인재를 획득하는 결과를, 단기 복무장교는 재취업에 유리한 결과를 각각 얻는 윈윈윈이 되는 것이다. 이는 다시 잠재적 단기 복무장교 지원자의 관심과 선호를 이끌어 내어 지원률을 증진에도 기여할 것으로 여겨진다.

아울러 본 연구는 고용의 안정성을 확보하는 것도 초급장교 지원인력의 확대에 도움이 된다고 주장하였다. 외국군에 비해 상대적으로 짧은 근속기간은 재취업에 대한 부담감과 더불어 사회 및 국가의 짐이 된다. 본 연구는 다수 숙련된 간부들을 보다 장기적으로 군에 활용함으로써 군의 인적자원 활용성을 높이고, 개인에게는 생애 최대 경제지출기까지 안정적인 군생활을 보장함으로써 군 복무의 지고취 및 가계 안정화를 도모해야 한다고 보았다. 이를 통해 초급장교 지원인력을 확대할 수 있다면, 이는 군 초급장교의 질적 수준 향상으로 우리 군의 창끝 전투력을 강화시켜 전반적인 전투력 증진에 기여할 수 있을 것이며, 군의 이미지 및 신뢰에도 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이다.

〈참고 문헌〉

- 가은희·이인숙 (2002). 온라인 교수자의 역할 및 역량 규명을 위한 델파이 연구. 한국교육공학회 2002년 추계학술대회 자료집.
- 구관모 (2009). 전직지원활동 특성이 퇴직자 및 잔류구성원에게 미치는 영향에 관한 연구. 서강대학교 박사학위논문.
- 김기원 (2009). ROTC 우수자원 선발의 영향요인에 관한 연구: 개정된 병역제도에 따른 SWOT 분석을 통해. 한양대학교 석사학위논문.
- 김남훈 (2010). 한국군 간부(장교) 정년 적정화를 통한 인력활용 방안 연구. 서울벤처정보대학원대학교 박사학위논문.
- 김성진 (2014). 한국 육군의 장교단 충원제도와 직업안정성에 관한 연구. 국민대학교 박사학위논문.
- 김정환 (2002). 전직지원 제도의 의의와 정책 과제. 매일노동동향 11월호, 4, 11-21.
- 김지덕 (2018). 군 단기복무장교의 전역 후 취업지원 방안 연구. 융합보안 논문지, 18, 11-19.
- 김혜정 (2004). 대학생의 취업 스트레스와 우울, 불안, 신체적 증상과의 관련성. 경북대학교 석사학위논문.
- 나희진 (2005). 무용전공 대학생들의 취업 스트레스와 대처방안 연구. 단국대학교 석사학위논문.
- 류동희·이종구·김홍유 (2012). 한국 대기업의 채용패턴 변천과정과 시대별 특성 비교분석에 관한 연구: 1980년대 이후 삼성·현대·LG·SK 중심으로. 경영사학, 27, 33-58.
- 박영우 (1994). 대학생 진로선택과 취업 불안에 관한 연구. 건국대학교 석사학위논문.
- 박혜란 (2011). 호주의 보훈정책, 한국보훈논총, 10, 201-236.
- 서기정 (2012). 학군사관후보생(ROTC) 지원률 제고방안: 서울대, 고려대, 연세대 및 서울교육대학을 중심으로. 경북대학교 석사학위논문.
- 손은령 (2001). 여자대학생이 지각하는 진로장벽. 서울대학교 박사학위논문.
- 손은령 (2002). 여자대학생이 지각하는 진로장벽과 개인 심리적 변인의 관계. 한국심리학회지: 상담 및 심리치료, 14, 415-427.
- 신용성 (2015). 우수인력 확보를 위한 현 학군사관 후보생 제도분석. 국민대학교 석사학위논문.
- 안형주 (2005). 외국의 보훈제도(미국). 서울: 국가보훈처.
- 양충식 (2016). 육군 초급장교의 정예화 방안에 관한 연구. 조선대학교 박사학위논문.
- 육군본부 (2011). 군리더십: 야전 교범. 계룡: 육군본부.

- 이용재 (2011). 전직지원서비스의 영향요인과 결과요인에 관한 연구: 제대군인의 학습몰입 및 교육만족도의 매개효과를 중심으로. 한남대학교 박사학위논문.
- 이재경 (2002). 역량기반 교육과정 개발 방법론에 대한 고찰: 마케팅 역량 강화 교육과정 체계 개발 사례를 중심으로. 교육공학연구, 18, 25-56.
- 이해승 (2004). 군 초급간부 우수인력 획득 및 유지에 관한 연구. 수원대학교 석사학위논문.
- 임창희 (2018). 조직행동(6판). 서울: 비엔엠북스
- 임천영 (2012). 군인사법. 서울: 법률문화원.
- 정상준 (2017). 한국군 장교 정년제도 발전방안에 대한 연구. 상명대학교 석사학위논문.
- 정철영·김재호·양안나·조 정·조영아·임효신·김보경·김태환 (2012). 제대군인 지원정책 중장기 발전방안 연구. 서울: 국가보훈처.
- 조관호·조영진·박문연·정철우·신다윗 (2016). 단기복무간부의 적정 의무복무기간 연구. 서울: 한국국방연구원.
- 조영호 (2014). 단기복무장교의 재취업 불안이 군복무 적응도에 미치는 영향. 동국대학교 석사학위논문.
- 조인상·송원길·김정명 (2007). 외국 군인·공무원 연금제도 조사 연구. 서울: 국방부.
- 진중근 (2008). 국방 개혁의 시대 군 인적자원관리 발전방향: 기갑병과 초급장교의 선발과 교육훈련을 중심으로. 경희대학교 석사학위논문.
- 최광표·최광현·독고순 (1999). 한국적 리더십의 발전모형과 과제. 서울: 한국국방연구원.
- 최병순 (2002). 국방인력관리론. 서울: 국방대학교.
- 하태연 (2006). 영군의 보훈제도. 서울: 국가보훈처.
- 홍선이·박동열·김선학·이정표 (2009). 제대군인 지원정책 국제 비교 연구. 서울: 한국직업 능력개발원.
- 황성원 (1998). 대학생의 취업 스트레스와 우울증, 자아자아존중감 및 신체건강과의 관계 연구. 학교생활연구, 33, 85-101.
- Bies, R J., Martin, C. L., & Brockner, J. (1993). Just laid off, but still a “good citizen?” Only if the process is fair. Employee Responsibilities and rights Journal, 6, 227-238.
- Caplan, R. D., Vinokur, A. D., Price, R. H., & Van Ryn, M. (1989). Job seeking, reemployment, and mental health: A randomized field experiment in coping with job loss. Journal of Applied Psychology, 74, 759-769.

- Eden, D., & Aviram, A. (1993). Self-efficacy training to speed reemployment: Helping people to help themselves. *Journal of Applied Psychology*, 78, 352-360.
- Finley, M. H., & Lee, A. T. (1981). The terminated executives: It's like dying. *Personnel and Guidance Journal*, 59, 382-384.
- Foxman, L. D., & Polsky, W. L. (1990). Outplacement results in success. *Personnel Journal*, 69, 27-39.
- Herzberg, F., Mausner, B., & Snyderman, B. S. (1959). *The motivation to work*. New York, NY: Wiley.
- Jahoda, M. (1982). *Employment and unemployment*. England: Cambridge University Press.
- Leana, C. R., & Feldman, D. C. (1992). *Coping with job loss: How individuals, organizations, and communities respond to layoffs*, New York, NY: Macmillan/Lexington Books.
- Lucia, A. D., & Lepsinger, R. (1999). *The art and science of competency models*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for intelligence. *American Psychology*, 28, 1-14.
- NEWS WiRE(2014). 취업포털 커리어 설문조사 결과 10명 중 8명, 취업 때문에 대학졸업 유예 고려(2014. 10. 27).
- Schein, E. H. (1988). *Organizational psychology* (3rd. ed.). Englewood Cliff, NJ: Prentice Hall.
- Swanson, J. L., & Daniels, K. K. (1995). *The career barriers inventory-revised*. Unpublished manuscript. Southern Illinois University.
- Wanberg, C. R., Watt, J. D., & Rumsey, D. J. (1995). Individuals without jobs: An empirical study of job-seeking behavior and reemployment. *Journal of Applied Psychology*, 81, 76-87.
- Wright, P., McMahan, G., & McWilliams, A. (1994). Human resources and sustained competitive advantage: A resource-based perspective. *International Journal of Human Resource Management*, 39, 836-866.

4차 산업혁명 시대의 군에서의 디지털 트윈 적용과 발전방안

덕성여대 교수 남 현 정

- I. 연구개요
- II. 디지털 트윈의 이론적 배경
- III. 디지털 트윈의 민간 활용 동향 분석
- IV. 국방 분야에서의 디지털 트윈 적용방안
- V. 결론

I. 연구개요

1.1. 연구배경 및 필요성

1.1.1. 연구배경

오늘날 과거에는 상상조차 할 수 없었던 새로운 과학기술과 무기체계가 발전하면서 장차 전쟁의 본질, 작전 개념, 조직 편성, 교육 훈련, 리더십, 군수지원 등 전쟁 및 군사 패러다임에 혁명적 변화가 초래될 것으로 분석된다. 이제까지의 문명은 컴퓨터와 인터넷 기반 디지털 혁명에 따른 정보화 혁명으로 정보의 생성 및 가공과 공유를 추구하는 정보 기술 시대였다. 앞으로는 IoT와 빅데이터 기반 초연결·초지능 혁명에 따른 스마트 혁명이 가속화됨에 따라 데이터가 경쟁력의 원천이 될 것으로 예상된다. 사이버-물리 시스템 (CPS: Cyber-Physical System) 혁신을 추구하는 기술 융합 시대라고 할 수 있다.

4차 산업혁명에 따른 새로운 문명이 발달함에 따라 국방 패러다임도 혁신적 전환이 요구된다. 미국을 비롯한 선진국들은 1990년대 초부터 3차 산업혁명인 정보화 혁명에

대미한 군사혁신(RMA: Revolution in Military Affairs)을 야심차게 추진하고 있다. 중국도 미래 전쟁을 핵 억제 하의 첨단 기술 전쟁 또는 국지적 정보 전쟁으로 상정하고 중국 특색의 군사혁신을 추구하고 있다.⁵⁵⁾

국제적인 시장조사 전문기관인 가트너(Gartner)는 2017년과 2018년에 ‘디지털 트윈(digital twin)’을 디지털 변혁시대를 맞아 기업들이 주목해야 할 10대 전략 기술 트렌드 중 하나로 지속적으로 언급하고 있다. 또 다른 시장조사 기관인 마켓스 앤 마켓스(Markets and Markets)에 따르면 2016년의 2조원 시장규모가 2023년에는 18조원이 될 것이며 2017~2023년 동안에 연평균성장률이 37.87%나 될 것으로 전망하고 있다. 이 중 전자 및 전기/기계 제조업체는 2016년 디지털 트윈 시장에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이는 산업 장비, 컴퓨터, 프린터, 변압기, 발전기, 모터 및 가전 장비와 같은 전자 장비의 설계 및 제조 프로세스와 함께 일반적으로 매출 흐름의 상당한 성장으로 이어지는 판매 후 서비스를 위한 디지털화의 필요성 증가에 기인했다고 할 수 있다. 가트너는 “3~5년 내에 수백만 개의 사물이 디지털 트윈으로 표현될 것이다”, “기업은 디지털 트윈을 통해 장비 수리, 서비스 계획 수립, 제조 공정 계획, 공장 가동, 장비고장 예측, 운영 효율성 향상, 개선된 제품 개발 등을 할 수 있다”라고 강조하고 있다.⁵⁶⁾

1.1.2. 연구의 필요성

국내에서 디지털 트윈에 대한 연구는 최근에 일부 이루어졌으나 국방분야에서 디지털 트윈에 대한 적용 혹은 발전방안에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 다만 4차 산업혁명에 관한 국방분야의 연구가 일부 이루어져 있다. 그러나 이들 연구는 4차 산업혁명 시대의 패러다임 전환과 방향성, 4차 산업혁명 내에서의 군사혁신에 대해 논의를 하고 있기 때문에 디지털 트윈에 대해 조사가 부족하다. 더욱이 해외연구 중 디지털 트윈의 국방 분야에 대한 적용방안을 다룬 연구는 찾을 수가 없다. 디지털 트윈에 대한 연구는 미미했으며 주로 스마트 제조 혹은 생산시스템과 관련한 것이 대부분이다.

다시 말하면, 디지털 트윈 기술은 생산, 장비개발 분야, 장비운용 분야, 자원관리 등 다방면에서 사용되고 있지만 국방분야에서의 적용은 아직 미미하다. 더욱이 적의 가공할 위협에 대비하기 위해 4차 산업혁명을 대표하는 기술들을 적용한 첨단화된 군사력 건설이 절실히 요구되고 있으나 관련 연구조차 충분히 이루어지고 있지 않다. 따라서 혁명적인 변화를 겪고 있는 오늘날 국방의 혁신이 절실히 요구되는 시점에서 디지털 트윈의 국방분야

55) 정춘일 (2017), 4 차 산업혁명과 군사혁신 4.0. 전략연구, 24(2), p.183-211.

56) 이광기, 유호동, 김탁곤 (2018), 디지털 트윈 기술 발전방향. KEIT PD, p.18-19

적용방안을 제시하고 발전전략을 제고하기 위해서는 이에 대한 깊은 논의가 필요하다.

본 연구는 4차 산업혁명이 아니라 디지털 트윈을 연구의 범위로 삼고 있으며, 특히 국방분야에서 디지털 트윈을 정의하고 디지털 트윈의 적용 분야 및 추진방안을 제시함으로써 차별성과 독창성을 가진다. 또한 국방분야에서 타국의 사례를 이론적으로 조사한 연구가 없었기 때문에 해외보고서 및 사례를 통해 국방분야에서의 디지털 트윈의 동향에 대해 분석하는 것도 차별성을 가진다.

1.2. 연구목표

가. 연구목표

본 연구는 다음과 같은 연구목표를 가지고 있다.

첫째, 선행연구를 통해 4차 산업혁명 내에서의 디지털 트윈 및 디지털 변혁에서의 디지털 트윈의 관계를 종합적으로 분석하면서 디지털 트윈의 정의와 원리를 파악한다.

둘째, 생산운용 프로세스 및 각 산업에서의 디지털 트윈 적용 동향을 및 사례를 분석한다.

셋째, 해외국방분야에서의 디지털 트윈 적용방안 및 사례를 분석하고 이어 국내국방분야에서의 디지털 트윈 적용방안을 분석한다.

넷째, 이를 통해 국방분야에서의 디지털 트윈 추진방향을 제시한다.

II. 디지털 트윈의 이론적 배경

2.1. 디지털 트윈 정의

가. 디지털 트윈 용어의 개요

학자들은 디지털 대상과 물리적 대상을 짝짓는 일이 우주 탐험 초기부터 미 항공우주국(NASA)이 물리적 제품을 디지털 모델과 연결하고자 하는 노력에서 시작되었으며, 시뮬레이션 프로그램 혹은 넓은 의미로는 각종 CAD 모델을 그 시초로 보고 있다(Rhodes, 2017).

이후 디지털 트윈이라는 용어는 2003년에 Michael Grieves 박사가 미시간 대학에서 PLM(Product Lifecycle Management)에 대해 가르치던 과정에서 사용했다. Grieves는 실제 제품(물리적 트윈)과 가상 대응물(디지털 트윈) 간의 동기화된 연결을 제안하였다.

그러나 두 쌍을 동기화하는 방법에 대한 그의 개념은 두 트윈이 비교할 수 있는 공유 데이터베이스를 채우는 것으로 제한되었다.⁵⁷⁾ 기술의 발전에 따라 디지털 트윈은 제품 수명주기의 설계, 프로토타입, 시뮬레이션 및 제조 단계를 최적화뿐만 아니라 현장 서비스를 혁신하거나, 기존 제품과 계획된 제품 간의 루프를 닫거나 새로운 비즈니스 모델을 활성화할 수 있게 되었다.

한편 IT 리서치 기관인 가트너(Gartner)에 의해 2019년 10대 전략 기술에 자율 사물, 증강 분석, 인공지능 주도개발에 이어 네 번째로 디지털 트윈이 선정된 데 있어서 2020년 10대 전략 기술에서도 첫 번째로 초 자동화(Hyperautomation)를 제시하며 디지털 트윈을 초 자동화 프로세스의 필수 부분으로 설명하고 있다.⁵⁸⁾

디지털 트윈은 물리적 세계와 가상 세계의 융합을 나타낸다. 디지털 트윈은 설계 및 개발단계부터 배포 및 최종단계까지 사용자가 자산 또는 제품 수명의 디지털 발자국을 가질 수 있도록 하는 물리적 자산, 제품, 프로세스 또는 시스템의 디지털 모델 또는 복제본이다. 자산 또는 제품의 수명주기, 연결된 디지털 트윈을 통해 기업은 장비 또는 프로세스를 사전에 모니터링할 수 있다. 디지털 컴패니언과 물리적 객체를 결합하면 비용 효율적인 제품과 개선된 생산 프로세스를 가능하게 할 수 있다. 센서 데이터를 활용하는 것 외에도 디지털 트윈 기술은 빅데이터, AI, 기계 학습 및 IoT와 같은 고급 기술을 통합하며 이러한 기술이 기회를 찾고 있기 때문에 디지털 트윈은 더 많은 채택을 목격할 것이다.⁵⁹⁾

나. 디지털 트윈의 학술적 정의

디지털 트윈에 대한 학술적 정의는 다양한 시각의 연구를 통해서 구체화되고 있다. Auweraer(2018)은 기존 또는 신규 사업 기회에 활용하기 위하여 엔지니어링, 시운전, 운영 및 서비스 중에 생성된 제품, 공장, 환경 시스템의 모든 데이터, 모델(엔지니어링, 데이터 기반, 시뮬레이션) 또는 구조화된 정보를 통합하는 것을 디지털 트윈으로 정의하고 있다. 국내에서는 변상의 등(2018)이 물리적 사물 및 시스템의 동적 소프트웨어 모델로 센싱 데이터로 물리적 대상의 현재 상태를 파악하고, 변화에 대응하며, 운영을 개선하고 가치를 부가하는 기술로 디지털 트윈은 현실 세계에 존재하는 물리적 대상의 형상, 성질, 상태 등의 정보를 디지털상에 동일하게 구현하는 것으로 정의하고 있다.⁶⁰⁾

57) Frost & Sullivan(2019), Digital Twins Outlook in Healthcare, 2019-2025

58) Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2020 [Gartner]. Retrieved from <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2020/>

59) Frost & Sullivan(2018), Digital Twin Transforming Manufacturing

디지털 트윈에 대한 산업계, 솔루션 사는 다음과 같이 이해하고 있다. GE는 디지털 트윈이 물리적 기계류와 분석 기술을 통하여 가상 세계에서 기계를 시험하고 오류를 제거하며 최적화를 가능하게 해주는 것으로 분석하며, Siemens는 제품 수명주기의 모든 측면에 걸쳐 일관된 데이터 모델을 기반으로 실제 운영의 일부를 정확하고 확실하게 시뮬레이션 하는 것을 디지털 트윈으로 정의한다.⁶¹⁾

디지털 트윈은 기존의 CAD(Computer Aided Design)와 다르며 단순히 다른 센서 지원 사물 인터넷(IoT) 솔루션으로도 사용되지 않는다. CAD는 복잡한 환경을 모델링하는데 상당한 성공을 거둔 컴퓨터 시뮬레이션 환경에 완전히 갇혀 있다. 보다 단순한 IoT 시스템은 전체 구성 요소에 대한 위치 및 진단과 같은 것을 측정하지만 구성 요소와 전체 수명주기 프로세스 간의 상호 작용은 측정하지 않는다.

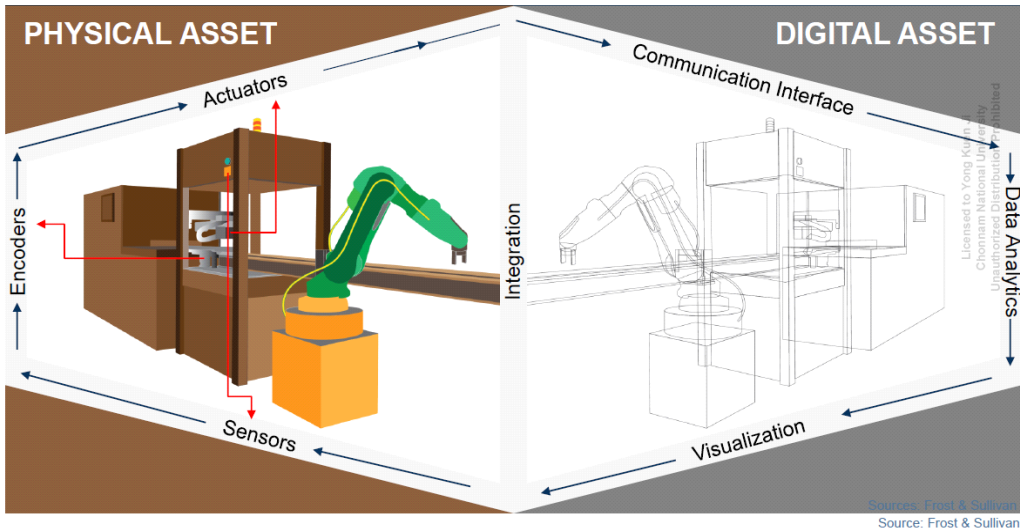
반면 디지털 트윈은 기본적으로 비즈니스 성과를 최적화하는 데 도움이 되는 물리적 개체 또는 프로세스의 과거 및 현재 동작에 대한 진화하는 디지털 프로필로 정의할 수 있다. 디지털 트윈은 다양한 차원에 걸친 대규모 누적 실시간 데이터 측정을 기반으로 한다. 이러한 측정은 시스템 성능에 대한 중요한 통찰력을 제공할 수 있는 디지털 세계에서 객체 또는 프로세스의 진화하는 프로필을 생성하여 제품 설계 또는 제조 프로세스의 변경과 같은 물리적 세계에서 작업으로 이어질 수 있다.

실제로, 디지털 트윈의 진정한 힘과 그것이 그토록 중요한 이유는 물리적 세계와 디지털 세계 사이에 거의 실시간에 가까운 포괄적인 연결을 제공할 수 있다는 것이다. 제품 또는 프로세스의 실제 세계와 디지털 세계 간의 이러한 상호 작용으로 인해 디지털 트윈이 예측 불가능성에 대한보다 현실적이고 전체적인 측정을 제공하는 더 풍부한 모델을 약속할 수 있다. 더 저렴하고 강력한 컴퓨팅 기능 덕분에 이러한 대화형 측정은 실시간 예측 피드백 및 오프라인 분석을 위한 현대의 대규모 처리 아키텍처와 고급 알고리즘으로 분석할 수 있다. 이를 통해 현재의 방법으로는 달성할 수 없는 근본적인 설계 및 프로세스 변경이 가능하다.⁶²⁾

60) 조용원(2019), 제품 설계 시 디지털 트윈 기술사용의도에 영향을 미치는 요인에 대한 연구, 숭실대학교 박사학위 논문

61) Qi, Q., Tao, F., Zuo, Y., & Zhao, D., (2018), Digital Twin Services Towards Smart Manufacturing, 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, p.237-242

62) Deloitte(2017), Industry 4.0 and the Digital Twin



〈그림 1〉 디지털 트윈의 물리적 자산과 디지털 자산

* 출처 : Frost & Sullivan (2019), Digital Twin Application Landscape and Opportunity Assessment

다. 디지털 트윈, 시뮬레이션, 디지털 스레드

디지털 트윈은 시뮬레이션과 종종 유사한 개념으로 여겨지기도 한다. 그러나 현실의 모습을 추상화(Abstraction)하여 이를 공학적으로 단순화(Simplification)하여 표현하는 일반적인 방법론인 시뮬레이션과의 주요한 차이점은 디지털 모델(Digital Model)이 어느 정도로 세분화 되어 표현되는가에 있다.⁶³⁾ 예를 들어 어떤 물체(Physical Entity)를 표현하는 CAD 모델을 고려해 볼 때, 이 물체에 부착된 센서 또는 증강현실(Augmented Reality) 툴을 통한 정보를 이용하여 쌍둥이와 같이 비교적 정확하게 현실의 물체와 디지털 세계 속의 객체를 매칭하는 것이 디지털 트윈의 개념이다. 반면, 시뮬레이션은 위에서 구현된 디지털 모델을 그대로 사용할 수도 있지만 시뮬레이션 분석을 위해 사용되는 정보들이 ‘시뮬레이션 모델의 일부’로서 만들어진다는 차이점이 있다. 시뮬레이션에서 결과의 신뢰성을 개선하기 위해 실시되는 반복실험 시 입력값으로 생성되는 데이터는 디지털 트윈이 주는 정보가 아니라 시뮬레이션 모델이 생성한 데이터인 것이다. 이러한 특성으로 인해, 디지털 트윈은 시뮬레이션 분석의 시작점이 될 수 있다. 예를 들어, 현실의 물체 또는 시스템의 작동 원리를 묘사하는 ‘특성’을 유추하기 위해 디지털 트윈 자료를 유추 분석할 수 있는 것이다. 만약 어떤 엔진의 디지털 모델이 만들어졌다면 디지털 트윈은 엔진의 소비, 전기 또는 열 산출물정보를 정확하게 파악할 수 있지만 엔진 내 구성요소들의

63) Electronic Design(2018), What’s the Difference between a Simulation and a Digital Twin?

실제 움직임은 알 수 없다.⁶⁴⁾

디지털 트윈은 종종 디지털 스레드라는 용어와 같이 사용되고 있는데 디지털 트윈에 대한 의미있는 논의에는 이에 대한 논의도 포함되어야 한다. 가장 높은 수준에서 디지털 스레드는 설계에서 생산, 현장 사용에 이르기까지 제품 수명주기의 각 단계를 연결하는 연속적이고 원활한 데이터 가닥이다. 실제로 제품에 대한 데이터가 이동하는 채널을 제공한다. 스토리지, 준비된 액세스, 모델링 및 분석과 같은 이러한 데이터는 생산을 모델링하고 효율적인 공급망 커뮤니케이션을 추진하는 기능을 생성한다.⁶⁵⁾

이를 정리하자면 디지털 트윈은 물리적 객체(자산, 프로세스 및 시스템)들에 대한 디지털 복제로서 수명주기 전체에 걸쳐 대상 객체 요소들의 속성, 상태를 유지하며 이들이 어떻게 작동하는지에 대한 동적 성질을 묘사하는 가상의 모델이라고 할 수 있다⁶⁶⁾. 이는 현실 상황을 반영하면서 현실에서 발생할 수 있는 상황을 예측하거나 운영 최적화 조건을 알려 주는 등 산업 경쟁력 강화의 주요 수단으로 인식되고 있으며, 디지털 트윈이 가지고 있는 잠재력을 확인한 산업계와 솔루션 업계에서 다양한 시각으로 디지털 트윈의 적용 및 개발을 진행하고 있다⁶⁷⁾

2.2. 디지털 트윈의 구현

일반적으로 디지털 트윈을 생성하기 위해서는 두 가지 주요 관심 영역이 포함된다. 첫째, 자산 설계에서 실제 자산의 현장 사용 및 유지 보수에 이르기까지 제품 라이프 사이클에서 디지털 트윈 프로세스 및 정보 요구사항을 설계한다. 둘째, 회사의 핵심 시스템으로부터 센서 데이터와 운영 및 트랜잭션 정보의 실시간 흐름을 위해 물리적 자산과 디지털 트윈을 통합하는 지원 기술을 생성한다.

2.2.1. 디지털 트윈 프로세스 디자인과 정보 요구사항

디지털 트윈 생성은 프로세스 설계에서 시작된다. 트윈이 모델링 할 프로세스 및 통합 지점은 무엇인가? 표준 프로세스 설계 기술은 비즈니스 프로세스, 프로세스를 활성화하는

64) 국방대학교(2019), 4차 산업혁명의 국방/안보분야 적용 방안

65) Deloitte(2017), Industry 4.0 and the Digital Twin

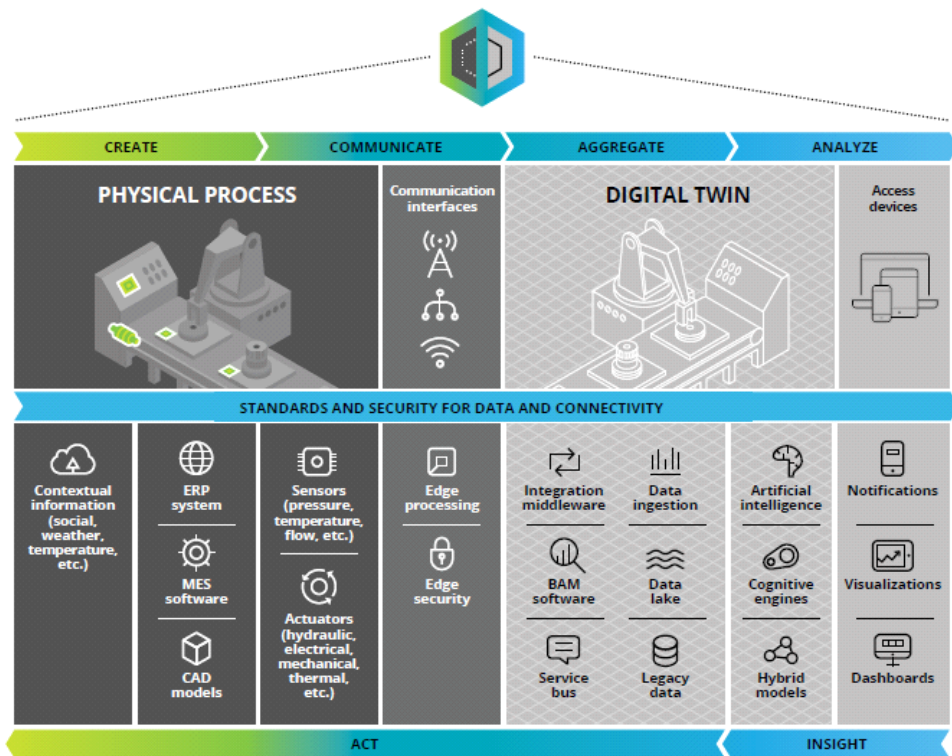
66) 강효은, 김호원 (2018), 제조 산업 기반 디지털 트윈 요소 기술 및 동향, 한국통신학회지(정보와 통신), 35(8), p.24-28.

67) 조용원 (2019), 제품 설계 시 디지털 트윈 기술사용의도에 영향을 미치는 요인에 대한 연구, 숭실대학교 박사학위 논문

사람, 비즈니스 애플리케이션, 정보 및 물리적 자산이 상호 작용하는 방식을 보여주도록 사용되어야 한다. 이때 프로세스 흐름을 응용 프로그램, 데이터 요구사항 및 디지털 트윈을 만드는 데 필요한 센서 정보 유형에 연결하는 다이어그램이 만들어진다. 프로세스 설계는 비용, 시간 또는 자산 효율성을 개선할 수 있는 속성으로 강화된다.

2.2.2. 디지털 트윈의 개념적 구조

디지털 트윈의 개념적 구조는 <그림 2>와 같다.



Source: Deloitte University Press.

Deloitte University Press | dupress.deloitte.com

<그림 2> 디지털 트윈의 개념적 구조

* 출처 : Deloitte(2017), Industry 4.0 and the Digital Twin

가. 생성 : 생성 단계는 물리적 프로세스와 주변 환경에서 중요한 입력을 측정하는 수많은 센서를 물리적 프로세스에 장착하는 것을 포함한다. 센서에 의한 측정은 크게 두 가지 범주로 분류할 수 있다. 첫째, 인장 강도, 변위, 토크 및 색상 균일 성과

같은 생산 자산의 물리적 성능 기준(진행중인 여러 작업 포함)과 관련된 운영 측정이 있다. 둘째, 주변 온도, 기압 및 수분 수준과 같이 물리적 자산의 운영에 영향을 미치는 환경 또는 외부 데이터. 측정은 보안으로 변환될 수 있다. 인코더를 사용하여 디지털 메시지를 전송한 다음 디지털 트윈으로 전송한다.

센서의 신호는 제조 실행 시스템, 전사적 자원 계획 시스템, CAD 모델 및 공급망 시스템과 같은 시스템의 프로세스 기반 정보로 보강될 수 있다. 이는 디지털 트윈에 분석을 위한 입력으로 사용할 광범위한 지속적 업데이트 데이터를 제공한다.

나. 통신 : 통신 단계는 물리적 프로세스와 디지털 플랫폼 간의 원활한 실시간 양방향 통합 / 연결을 지원한다. 네트워크 통신은 디지털 트윈을 가능하게 한 근본적인 변화 중 하나이다. 세 가지 주요 구성 요소로 구성된다.

a. 에지 처리 : 에지 인터페이스는 센서와 프로세스 히스토리를 연결하고 소스 근처에서 신호와 데이터를 처리하고 데이터를 플랫폼으로 전달한다. 이를 통해 독점 프로토콜을 보다 쉽게 이해할 수 있는 데이터 형식으로 변환하고 네트워크 통신을 줄일 수 있다. 이 분야의 주요 발전은 과거에 디지털 트윈의 실행 가능성을 제한했던 많은 병목 현상을 제거했다는 것이다.

b. 통신 인터페이스 : 통신 인터페이스는 센서 기능에서 통합 기능으로 정보를 전송하는 데 도움이 된다. 인사이트를 생성하는 센서는 고려 중인 디지털 트윈 구성에 따라 이론적으로 거의 모든 위치에 배치 할 수 있으므로 이 영역에는 많은 옵션이 필요하다.

c. 에지 보안 : 새로운 센서 및 통신 기능으로 인해 새로운 보안 문제가 발생했으며 아직 개발 중이다. 가장 일반적인 보안 접근 방식은 방화벽, 애플리케이션 키, 암호화 및 장치 인증서를 사용하는 것이다. 디지털 트윈을 안전하게 활성화하기 위한 새로운 솔루션의 필요성은 점점 더 많은 자산이 IP를 활성화함에 따라 더욱 시급해질 것이다.

다. 집계 : 집계 단계는 분석을 위해 처리 및 준비된 데이터 저장소의 데이터 수집을 지원할 수 있다. 데이터 집계 및 처리는 구내에서 수행할 수 있다.

데이터 집계 및 처리를 지원하는 기술 영역은 설계자가 과거에 비해 훨씬 적은 비용으로 민첩성을 높이고 대규모 확장 가능한 아키텍처를 만들 수 있도록 지난 몇 년 동안 매우 발전했다.

라. 분석 : 분석 단계에서 데이터가 분석되고 시각화된다. 데이터 과학자와 분석가는

고급 분석 플랫폼과 기술을 활용하여 통찰력과 권장 사항을 생성하고 의사결정을 안내하는 반복적 모델을 개발할 수 있다.

마. 통찰력 : 통찰력 단계에서 분석의 통찰력은 시각화가 있는 대시 보드를 통해 제공되며, 디지털 트윈 모델 및 물리적 세계 아날로그의 성능에서 허용할 수 없는 차이를 하나 이상의 차원에서 강조하여 잠재적으로 조사 및 변경이 필요한 영역을 나타낸다.

바. 행동 : 행동 단계는 디지털 트윈의 영향을 달성하기 위해 이전 단계의 실행 가능한 통찰력을 물리적 자산 및 디지털 프로세스에 제공하는 것이다. 통찰력은 해독기 통과 한 다음 자산 프로세스의 이동 또는 제어 메커니즘을 담당하는 작동장치로 공급되거나 공급망과 주문 행동을 제어하는 백엔드 시스템에서 업데이트된다.

디지털 트윈 애플리케이션은 일반적으로 기업의 기본 시스템 언어로 작성되며, 위 단계를 사용하여 물리적 자산 및 프로세스를 모델링한다. 또한 프로세스 전반에 걸쳐 데이터 관리 및 상호 운용 가능한 연결을 위해 표준 및 보안 조치가 적용될 수 있다.

빅데이터 엔진의 계산 능력, 분석 기술의 다용성, 집계 영역의 방대하고 유연한 스토리지 가능성 및 표준 데이터와의 통합을 통해 디지털 트윈을 사용하여 이전 보다 훨씬 풍부하고 덜 고립 된 환경을 모델링한다. 결과적으로 이러한 개발은 보다 정교하고 현실적인 모델로 이어질 수 있으며 모두 저렴한 소프트웨어 및 하드웨어의 잠재력을 가지고 있다.

위의 개념적 아키텍처는 분석, 처리, 센서 및 메시지 수 등의 측면에서 유연성과 확장성을 위해 설계되어야 한다는 점에 유의하는 것이 중요하다. 이를 통해 아키텍처는 시장의 지속적이고 때로는 기하급수적인 변화와 함께 빠르게 발전할 수 있다.⁶⁸⁾

2.3. 디지털 트윈의 선행연구

국내에서 디지털 트윈에 대한 연구는 최근에 일부 이루어졌으나 국방분야에서 디지털 트윈에 대한 적용 혹은 발전방안에 대한 연구는 거의 이루어지지 못하였다. 국내에서의 디지털 트윈에 대한 연구는 디지털 트윈 기술의 일반적인 소개 및 4차 산업혁명의 맥락

68) Deloitte(2017), Industry 4.0 and the Digital Twin

안에서 전략을 모색하고 있다. 이광기 등(2018)은 디지털 트윈 기술의 발전방향(디지털 트윈의 기술개요와 산업응용, 기술발전의 주요이슈, 국내외 동향 및 전망, 시사점 및 정책 제언), 사공호상과 임시영(2018)은 4차 산업혁명을 견인하는 디지털 트윈 공간(DTS)구축 전략을 국토정책 분야에서 모색하고 정책방안 도출하고 있다.

그러나 국방 분야에서 디지털 트윈 적용에 대한 연구는 극히 미미하다. 석근봉 등(2019)은 디지털 트윈 기술의 국방분야 적용방안에 대해 논의하고, 유승근과 백두권(2019)은 디지털 트윈을 활용한 LVC 훈련체계의 개선에 대해 논의하고 있다.

디지털 트윈 기술이 속한 4차 산업혁명에 관한 국방분야의 연구는 일부 이루어져 있다. 그러나 이들 연구는 4차 산업혁명 시대의 패러다임 전환과 방향성, 4차 산업혁명 내에서의 군사혁신에 대해 논의를 하고 있기 때문에 디지털 트윈에 대해 조사가 부족하다. 예를 들어 정춘일(2019)은 4차 산업혁명 시대의 국방 스마트 전략 방향에 대한 연구, 정춘일(2017)은 4차 산업혁명과 군사혁신 4.0, 장상훈(2018)은 4차 산업혁명과 국방분야의 과제를 연구하였다.

해외연구 중에서는 디지털 트윈의 국방 분야에 대한 적용방안을 다룬 연구는 더욱 이루어지지 않았다. 디지털 트윈에 대한 연구는 미미했으며 주로 스마트 제조 혹은 생산시스템과 관련한 것이 대부분이다. Qi et al.(2018)은 스마트 제조(Smart Manufacturing)으로의 디지털 트윈 서비스에 대해 연구하였으며, Leng et al.(2019)은 스마트 워크숍의 병렬식 관리를 위한 디지털 트윈 기반 제조 사이버-물리 시스템에 대해 연구, Leiva(2016)은 디지털 스레드와 디지털 트윈 개념을 이해하기 위한 연구를 제시, Ding et al.(2019)은 스마트 작업 현장에서의 자율적 제조를 위한 디지털 트윈 기반 사이버-물리 생산 시스템 정의하고 있다.

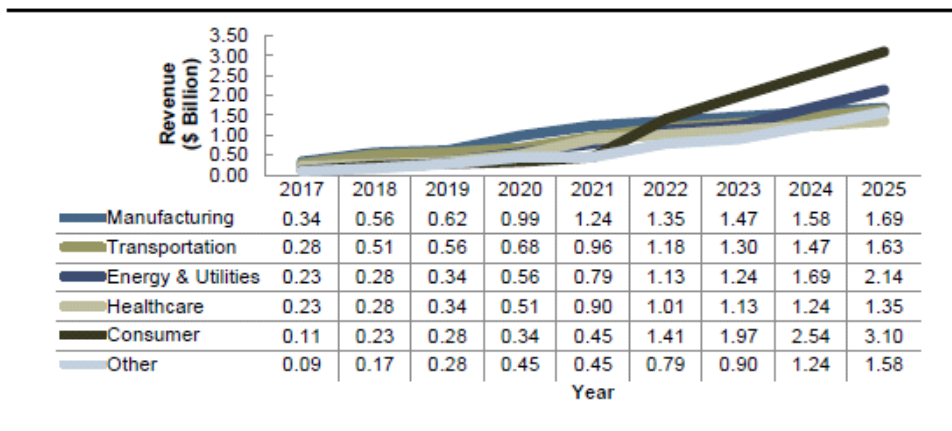
Ⅲ. 디지털 트윈의 민간 활용 동향 분석

산업분야에서 사업의 가치 창출 등 긍정적인 효과를 기대할 수 있는 디지털 트윈의 적용 범위는 매우 다양하다. 설계, 제조(생산), 판매, 운영 및 유지보수 등의 단계에서 최적화, 성능관리, 고장진단 등의 응용 목적으로 적용할 수 있으며, 관심 대상에 따라 부품, 제품, 시스템, 공정, 공장 또는 공급망 전체를 범위로 디지털 트윈이 구축되어 활용될 수 있다.

디지털 트윈은 제조, 전력, 의료, 항공, 자동차, 스마트 도시 등 산업 전반에 걸쳐 사용

되고 있다. 먼저 제조 부문에서는 제품 설계에서부터 플랜트 운영 감시, 작업량/로드 예측, 생산 손실 예측, 고장진단/예측 등 제조 공정의 효율성 제고 및 최적화를 위해 널리 사용되고 있다. 항공 및 전력 산업에서는 프로펠러, 터빈 등 기계의 고장진단, 예측 등의 목적으로 사용된다. 자동차 분야에서 가상 모델은 차량의 성능을 분석하고 고객에게 맞춤형 경험을 제공하여 설계, 판매 등에 도움이 된다. 의료 분야에서 IoT 플랫폼의 데이터를 활용한 개인화된 의료 서비스 제공 및 효율적인 환자 모니터링을 가능하게 한다. 스마트 도시에서는 해당 도시에 대한 교통, 에너지, 환경 등의 새로운 정책을 가상 도시를 통해 사전 검증할 수 있다.

이와 같이 디지털 트윈은 다양한 분야에서 사용이 될 수 있으며, 향후 더욱 발전가능성이 높다고 할 수 있다. <그림 3>은 미국 디지털 트윈 시장의 업종별 수익 예측을 2017년부터 2025년까지 예측한 것이다.



<그림 3> 디지털 트윈 시장: 업종별 수익 예측, US, 2017-2025

* 출처 : Frost & Sullivan (2019), Digital Twins Outlook in Healthcare, 2019-2025

3.1. 생산운용 프로세스에서의 활용

3.1.1. 생산분야에서의 디지털 트윈 적용

생산 공장에서의 디지털 트윈은 현실의 물리적 공장과 가상의 공장을 연결해 단일 생산 장비나 시스템의 상태를 모니터링하고, 고장 사항이나 유지보수 시기 등을 알려줌으로써 공장의 효율을 높이는데 사용된다. 디지털 트윈을 적용하면 사소한 부분에서부터 큰 부분에 이르기까지 모든 문제가 발생 단계에서부터 실시간으로 감지되고 그 결과는 시각적 이미지

또는 다양한 소프트웨어를 통한 구조 분석 결과로 전환되어 공장의 생산성 및 안전에 관한 구조적 문제 등에 적절하게 대처가 가능하다.



〈그림 4〉 디지털 트윈 개념의 가상공장과 실제공장

* 출처 : <http://kidd.co.kr/news/1993>

3.1.2 장비개발분야에서 디지털 트윈 적용

장비를 개발하는 과정에서의 디지털 트윈은 설계초기 단계부터 현실의 물리적 장비와 동일한 장비를 가상의 공간에 구현하여 장비운용 간 발생할 수 있는 다양한 문제점을 사전에 파악하여 개발단계에 적용함으로써 성능이 우수한 장비 개발이 가능하다.

3.1.3 장비운영분야에서 디지털 트윈 적용

또한 장비운영분야에서도 디지털 트윈이 적용가능한데, 장비 운용 시 최상의 장비상태를 유지하고, 고장을 예측하여 사전에 대처함으로써 지속적인 운용이 보장될 수 있도록 해준다.

3.2. 디지털 트윈의 각 산업별 활용

3.2.1. 제조

디지털 트윈은 제조회사가 생산 프로세스를 사용하고 최적화하는 방식을 변화시킴으로써 제조 부문의 현재 모습을 바꿀 수 있다. 구체적으로는 자산에 대한 세부적인 실시간 가시성을 통해 기술은 최고의 예측 유지보수 및 생산 최적화 기능을 제공한다. 따라서

디지털 트윈은 처리시간을 줄이면서 제조를 보다 효율적으로 최적화할 수 있다.⁶⁹⁾⁷⁰⁾

3.2.2. 자동차

디지털 트윈은 연결된 차량의 가상 모델을 생성하기 위해 자동차 부문에서 사용될 수 있다. 차량의 동작 및 운영 데이터를 캡처하고 전체 차량 성능과 연결된 기능을 분석하는데 도움이 되며, 또한 고객에게 진정한 개인화된 맞춤형 서비스를 제공하는 데 도움이 된다.

또한 디지털 트윈과 함께 자동차 부품 문제를 감지하고 원격으로 해결하기 위한 애플리케이션이 증가할 것으로 예상된다. 커넥티드카와 자율주행 차량의 네트워크가 성장함에 따라 기술의 채택은 A&T 부문에서 증가할 것으로 예상된다.⁷¹⁾

3.2.3. 의료

의료 부문에서 디지털 트윈을 구현하면 환자 모니터링 및 예방적 유지 관리와 같은 애플리케이션을 활성화하고 개인화된 의료 서비스를 제공할 수 있다. 즉, 중요한 생명 유지 장치의 디지털 복제품은 고장 또는 가동 중지 시간을 사전에 감지하고 생명을 구할 수 있다.⁷²⁾

디지털 트윈 시장은 의료분야에서 초기 단계이지만 규모와 수익 궤도를 추정하는 것은 여전히 가능하다. 디지털 트윈 기술 시장은 거의 33.5%의 5년 CAGR로 증가할 것으로 예상된다. 헬스케어는 현재 전체 시장의 약 13%를 차지하고 있으며 단순히 헬스케어 도입률이 느려짐에 따라 전체 디지털 트윈 시장의 비율로 점진적으로 감소할 것으로 예상된다.

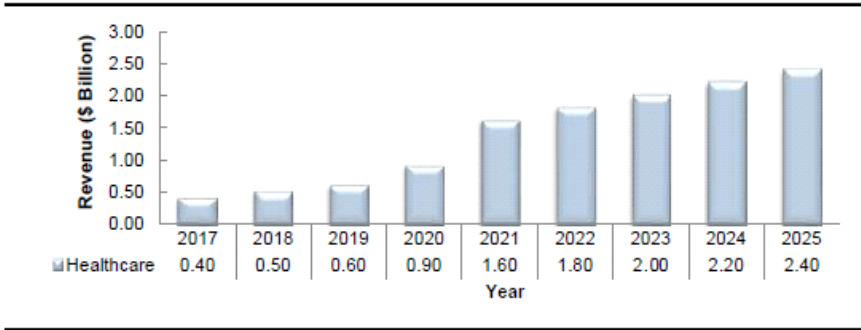
헬스케어 디지털 트윈 애플리케이션의 시장 리더를 조사함으로써 시장 참여자의 전반적인 범위를 측정하고 모든 헬스케어 업체를 위한 일반 모델을 개발할 수 있다. 이 접근 방식을 사용하여 Frost & Sullivan은 다음과 같은 시장규모 추정치를 개발하였다. 다음 그림에서 알 수 있듯이 글로벌 의료 디지털 트윈 시장은 2025년까지 24억 달러에 이를 것으로 예상된다.

69) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

70) Frost & Sullivan (2019), Digital Twin Application Landscape and Opportunity Assessment

71) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

72) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine



〈그림 5〉 의료분야에서의 디지털 트윈 시장 2017-2025

* 출처 : Frost & Sullivan (2019), Digital Twins Outlook in Healthcare, 2019-2025

3.2.4. 에너지

에너지 부문이 광범위한 디지털화 트렌드를 수용함에 따라 디지털 트윈의 적용 가능성이 높아질 것이다. 중요한 인프라의 중요성을 고려할 때 이 기술은 예측 유지보수와 함께 에너지 수확 및 분배 최적화 기능을 제공하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

3.2.5. 스마트 시티

디지털 트윈 및 IoT 데이터를 사용한 스마트 시티 계획 및 구현은 경제 발전을 강화하고 자원을 효율적으로 관리하며 생태 발자국을 줄이고 시민 삶의 전반적인 질을 높이는 데 도움이 된다. 디지털 트윈 모델은 다양한 센서 네트워크 및 지능형 시스템에서 통찰력을 확보하여 스마트 시티 계획에서 도시 계획자 및 정책 입안자를 도울 수 있다. 디지털 트윈의 데이터는 미래에 대한 정보에 입각한 결정을 내리는데도 도움이 될 수 있다.⁷³⁾

3.2.6. 항공 우주 및 방위 (A & D)

A & D 부문은 디지털 트윈 기술의 초기 사용자 중 하나였다. 우주선, 장비 및 선박의 실시간 복제품은 원격 유지관리 및 제어에 점점 더 많이 사용되고 있다. 자율 전술 드론의 사용이 증가함에 따라 기술이 중요한 역할을 할 것이다.⁷⁴⁾

73) Frost & Sullivan (2019), Digital Twin Application Landscape and Opportunity Assessment

74) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

3.2.7 소매

디지털 트윈은 고객을 위한 가상 트윈을 생성하고 고객을 위한 패션을 모델링하여 소매 고객 경험을 강화한다. 또한 디지털 트윈은 최적화된 방식으로 매장 내 계획, 보안 구현 및 에너지 관리를 개선하는 데 도움이 된다.

3.3. 디지털 트윈 민간 적용 사례

3.3.1. 제조

가. Schaeffler Group (독일)

Schaeffler Group은 구름 베어링을 디지털 방식으로 복제하기 위한 혁신적인 솔루션을 개발하는 디지털 트윈 공간의 선도적인 혁신 기업 중 하나이다. 베어링과 통합된 센서의 데이터가 축적되고 분석되어 셰플러 클라우드에 있는 디지털 트윈 모델에 통합된다. 공장 기계, 철도 차량, 풍력 터빈 등을 위한 산업별 솔루션을 지원하는 높은 통합 잠재력을 갖춘 Schaeffler의 IBM Watson 기반 디지털 트윈 기술은 운영 효율성과 비용 절감을 통해 고객에게 탁월한 가치를 제공하고 있다.

메카트로닉스 및 애플리케이션과 함께 Schaeffler Smart EcoSystem, 디지털 트윈의 일부로 이 회사는 최근 선형 시스템의 자동 재유티링 및 메인 스핀들의 부하 상태를 모니터링하기 위한 ‘트위닝’ 기능을 추가했다.⁷⁵⁾

나. Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK (독일)

Fraunhofer IPK의 연구원은 전체 생산 프로세스를 복제하고 실시간으로 직접 개입할 수 있는 디지털 트윈을 사용하여 트윈 팩토리 개념을 개발했다. 트윈은 모든 개별장비와 함께 전체 생산시스템을 시각화할 수 있다. 또한 시스템 구성요소의 동작과 동적 프로세스를 실시간으로 정확하게 재현할 수 있습니다. 고밀도 센서 네트워크는 모든 워크스테이션의 작동 상태에 대한 데이터를 수집하는 데 사용된다.

Fraunhofer IPK의 디지털 트윈 시스템은 양방향이다. 즉시 시뮬레이션할 수 있는 가상 수준에서 실시간 개입 및 수정을 수행할 수 있다. 시스템은 물리적 및 가상 센서로 구성된다. 가상 센서는 측정 데이터를 처리하여 시스템 상태를 반영하는 복잡한 분석

75) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

보고서를 채울 수 있다. 데이터 전송을 위한 하이브리드 설계는 WLAN(무선 근거리 통신망) 및 LTE(장기 진화)와 같은 고전적인 무선 데이터 표준과 EtherCAT와 같은 산업 표준을 활용한다.⁷⁶⁾

3.3.2. 자동차

가. Tesla(미국)

미국에 기반을 둔 전기 자동차 제조업체인 Tesla는 제조한 거의 모든 자동차에 디지털 트윈을 성공적으로 사용하고 있다. Tesla는 제조하는 모든 차량의 디지털 트윈을 보유하고 있다. 자동차에 통합된 스마트 센서로 수집된 데이터는 자동차와 공장 간에 지속적으로 전송된다. 예를 들어, Tesla는 특정 도어에 대한 유압 설정을 조정할 수 있는 소프트웨어 다운로드로 자동차 문 중 하나의 덜거덕거리는 소리를 고칠 수 있다. 각 차량에서 받은 센서 데이터를 기반으로 Tesla는 고객에게 최상의 사용자 경험을 제공하기 위해 모든 차량의 소프트웨어를 지속적으로 업데이트한다.⁷⁷⁾

나. Hero MotoCorp Ltd.(인도)

세계에서 가장 큰 이륜차 제조회사 중 하나인 Hero MotoCorp는 품질, 생산성을 높이고 생산 비용을 낮추기 위해 디지털 제조 솔루션을 구현한 최초의 몇 안 되는 대규모 제조업체 중 하나이다. 이 회사는 Vadodara 제조 시설을 위해 2016년에 디지털 트윈 프로젝트를 시작했다. 주요 목표는 전체 시설에 대한 정확한 디지털 시각화를 얻고 물리적 시설에 많은 투자를 하기 전에 개선 사항을 통합하는 것이었다.

이 프로젝트는 생산성을 최적화하고 중단을 최소화하기 위해 프로세스, 제품 및 리소스를 시각화하는 모듈로 구성되었다. 이 프로젝트는 조립라인의 기존 모델과 향후 모델에 적용되었던 프로세스 계획을 검증할 것으로 예상되었다. 이는 프로세스 표준화 및 통합된 계획 데이터 저장소로 이어진다.

프로젝트의 또 다른 주요 목표는 물류 및 공급망 계획을 검증하는 것이었다. Hero MotoCorp는 생산 계획 변경 및 기타 요인으로 인해 발생하는 물류 프로세스에 대한 영향 시뮬레이션을 사용하여 재고 최적화 프로세스 영향을 분석함으로써 운영 비용을 최소화하고자 했다.

76) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

77) Frost & Sullivan (2019), Digital Twin Application Landscape and Opportunity Assessment

Dassault Systemes의 3DEXPERIENCE 플랫폼을 기반으로 하는 Hero MotoCorp의 디지털 트윈 프로젝트는 생산성 평가, 용량 계획, 리소스 최적화, 처리량 분석 및 기타 측면에 대한 계획을 검증하는 데 상당한 긍정적인 결과를 보여주었다. 프로젝트의 성공으로 회사는 기존 및 향후 제조 시설에서 디지털 트윈 경험을 복제하여 혁신과 효율성을 향상 시켰다.⁷⁸⁾

다. McLaren Automotive(영국)

영국의 자동차 제조업체인 McLaren은 포뮬러 1 경주용 자동차의 성능을 향상시키기 위해 지속적으로 디지털 트윈을 사용하고 있다. 전 세계 어디에서나 경주에 참가하는 경주용 자동차에 통합된 물리적 센서의 데이터는 영국에 주둔하는 분석가에게 실시간으로 전송된다. 복잡한 계산 모델에 의해 구동되는 디지털 트윈의 데이터 구현을 기반으로 최적의 레이싱 전략이 실시간으로 운전자에게 전달된다.

McLaren은 Deloitte와 파트너 관계를 맺어 레이싱뿐만 아니라 물리적 센서의 지능과 디지털 트윈의 조합을 사용하여 전체 제조 프로세스를 혁신했다.⁷⁹⁾

3.3.3. 의료

가. 리빙 하트 프로젝트

Dassault Systemes가 지지하는 Living Heart Project는 고도로 정확한 개인화 된 디지털 인간 심장 모델을 개발하고 검증하기 위한 공유된 미션(mission)아래 선도적인 심장혈관 연구자, 교육자, 의료 기기 개발자, 규제 기관 및 심장 전문의를 통합하고 있다. 비전은 의사와 외과вра가 환자의 건강을 가상으로 분석하고 치료 및 수술을 계획 할 수 있도록 하며 실제 세계에서 테스트하기 전에 가상 세계에서 의료 기기를 설계하고 안전하게 테스트할 수 있도록 한다.⁸⁰⁾

나. Philips Healthcare

Philips는 진단 영상, 영상 유도 치료, 환자 모니터링 및 건강 정보학과 같은 의료 기술 제품을 자산으로 간주하는 대규모 다국적 기업이다. 또한 소비자 건강 및 가정건강관리 분야에서 솔루션을 제공하고 있으며, 또한 Digital Twins와 관련된 문제를 확인하고 표현

78) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

79) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

80) Frost & Sullivan (2019), Digital Twin Application Landscape and Opportunity Assessment

하는 데 앞장서 왔다.

특히, Philips는 의료분야에서 Digital Twins의 몇 가지 특수한 특성을 확인하는 데 앞장서 왔다. 그중에서도 Philips는 환자 치료 루프의 디지털 트윈에 정보를 알고있는 인간 의사결정자가 참여해야 한다고 정확하게 지적했다. Digital Twins는 궁극적으로 통계 분석에 의존하여 표준 편차를 식별하는 수치 모델이다. 그러나 인간이 분석대상인 경우 신뢰 구간 및 통계적 신뢰도와 같은 통계적 개념이 적용되지 않을 수 있다. 예를 들어, 약물에 대한 환자의 반응은 특정 경우에 예측할 수 없다. 정보를 알고 있는 의사 결정자만이 그러한 경우 올바른 치료 결정을 내릴 수 있다.

또한 Philips는 진단 장비의 주요 제조업체이며 디지털 트윈 기술을 의료 기기에 통합하는 데 있어 선도적인 위치를 차지하고 있다. 이를 통해 사전 예방적으로 장애모드를 식별하고, 현장 유지보수 및 업그레이드를 예약하여 지속적으로 우수한 성능을 보장하고 현장 경험을 기반으로 생산 프로세스를 개선할 수 있다.

다. Siemens Healthineers

Siemens는 제조 및 통신 기술의 주요 공급업체다. 이 역량에서 디지털 트윈을 사용하여 제조 및 비즈니스 프로세스를 개선하는 데 있어 선도적인 위치를 차지했다.

의료분야에서 Healthineers 부서는 의료 제공 프로세스를 개선하기 위해 분석 및 디지털 트윈 기술 적용에 관한 새로운 접근 방식을 정의하고 있다.

앞서 언급했듯이 Digital Twins는 비즈니스 프로세스에 적용할 때 큰 가치를 가지며 이러한 프로세스를 모델링함으로써 실제 원격 측정과의 비교를 통해 이러한 프로세스를 개선하는 방법에 대한 통찰력을 제공할 수 있다. Healthineers는 의료 제공자가 정밀 의학의 적용을 개발하고 개선하는 동시에 환자 경험을 개선할 수 있도록 한다. 이것은 주로 디지털 분석의 적용을 기반으로 하지만, Digital Twins를 사용하여 병원 흐름 패턴과 같은 것들을 모델링하는 것도 포함한다.

라. IBM

IBM은 엔터프라이즈 컴퓨팅 기술 및 인공 지능(AI) 솔루션의 주요 공급업체로서 수십 년 동안 의료 시장에 적극적으로 참여해 왔다. Watson Health 기술은 AI를 진단 프로세스 및 의료 서비스 제공에 적용하는 방법을 재정의하고 있다. 이러한 맥락에서 IBM은 환자 결과를 개선하는데 있어 임상의를 지원하는 데 Digital Twins를 적용할 수 있는 방법에 적극적인 관심을 기울여왔다.

특히 IBM이 Digital Twin 공간에서 선두 자리를 차지하고 있는 한 가지 방법은 환자 행동 모델링에 Digital Twin 기술을 적용하는 것이다. 개인과 집단의 행동 패턴은 임상 결과의 직접적인 결정 요인이 될 수 있지만, 치료에 영향을 미칠 수 있는 행동 패턴을 의사에게 알리는 좋은 도구가 없기때문에 종종 간과된다. 검사 중 행동 특성을 기록하는 것은 주로 의사에게 맡겨졌다. 짧은 환자-의사 상호 작용이 특징인 임상 환경에서 진단의 중요한 측면은 종종 무시되어왔다.

IBM은 또한 큰 이점을 제공하기 위해 Digital Twins가 EHR 또는 CDS 기술에 완전히 통합될 필요는 없다고 지적했다. 이것이 임상 워크 플로우에 더 많은 부하를 추가하는 것처럼 보일 수 있지만 IBM은 Digital Twin 기술의 유용성은 모든 환자가 액세스할 필요가 없다는 점이라고 지적한다. 대신 의사가 환자의 행동 문제에 대한 통찰력을 얻고자 하는 개별적으로 수행하면 된다. 따라서 Digital Twin은 의사가 필요에 따라 사용할 수 있는 또 다른 진단 도구가 된다.

마. GE Healthcare Partners

GE의 한 사업부인 GE Healthcare Partners는 의료 서비스 제공에 분석을 적용하는데 앞장서고 있다. 주로 Hospital of the Future TM를 통해 분석을 활용하여 워크 플로우를 개선하고 의료 제공의 효율성과 효율성을 높여 의료 제공 프로세스를 제공한다. 이러한 맥락에서 GE는 Digital Twins와 협력하여 Johns Hopkins와 University of Michigan을 포함한 50개 이상의 대형 병원을 분석하고 성과를 개선했다.

디지털 트윈에 대한 GE의 접근 방식은 이 기술을 의료 분석의 자연스러운 확장으로 보는 것이다. 예를 들어, 침대 구성, 인력 배치, 직원 배치, 직원 배치와 같은 변수를 설명하기 위해 디지털 트윈을 사용하여 수백 개의 침대가 있는 병원 환경을 통합하는 새로운 접근 방식을 개발했다.

이 접근 방식을 사용하여 기존 모델링 방법보다 75% 더 빠르게 1,000개 이상의 병상이 있는 병원 환경을 모델링했다.⁸¹⁾

3.3.4. 에너지

가. Exelon Corp.(미국)

미국 최대 전력 회사 중 하나인 Exelon Corp.은 GE의 태양광, 원자력, 천연가스,

81) Frost & Sullivan (2019), Digital Twins Outlook in Healthcare, 2019-2025

풍력 및 수력 발전 시설에 대한 플랫폼을 사용하여 고장을 예측하고 있다. GE의 디지털 트윈 전문지식은 Predix Platform-as-a-Service에서 비롯된다. Predix의 소프트웨어 계층은 상용 기계, 차량 및 운영자로부터 센서 데이터를 수집하고 분석한다. 디지털 트윈을 사용하면 오류를 예측하고 매우 높은 운영 효율성을 달성하는 능력이 크게 향상되는 것으로 나타났다.⁸²⁾

나. VEERUM (캐나다)

GE의 Zone Start Ups Calgary 이니셔티브의 일부이기도 한 캘거리 기반 스타트업 VEERUM은 석유 및 가스 산업에서 디지털 트윈 개념을 구현하고 있다. VEERUM의 디지털 트윈 기술은 Nisku 사이트에서 Calgary에있는 Cenovus Energy Inc.에서 사용하고 있다. 구현은 자본 효율성을 크게 개선하고 비용을 줄이는 데 중점을 두었다. 이 프로젝트는 프로세스 전체에서 미세 오류를 감지하여 주요 오류 발생 가능성과 프로세스 종료를 제거하는 것을 목표로 한다.

VEERUM의 기술에는 지상 로봇, 드론, 레이저 및 사진 측량을 사용하여 디지털 트윈을 생성하는 것이 포함된다. 모바일 로봇 및 관련 기술은 Nisku 모듈 야드를 매일 모니터링 하는 데 사용된다. 이것은 마당에서 매일 진행되는 과정에서 수집된 새로운 데이터로 디지털 트윈을 다시 채우는 데 도움이 된다. 입력은 CAD 설계에 통합되어 프로세스가 원하는 행동 계획에 부합하는지 이해한다. 진행 중인 프로젝트는 Cenovus Energy에 매우 유리하여 노력과 비용을 크게 줄이고 운영 효율성을 향상시키는 것으로 나타났다.⁸³⁾

3.3.5. 스마트시티

가. Virtual Singapore

Virtual Singapore는 3D지도, 씨맨틱 3D 모델링과 3D지도를 포함하는 동적 3D 도시 모델 및 협업 데이터 플랫폼으로, 기하학적 객체의 재질 표현(예 : 수역, 초목, 교통 인프라), 텍스처와 같은 세부 정보를 포함한다. 완료되면 Virtual Singapore는 다양한 분야의 사용자가 테스트 베드 개념 및 서비스를 위한 정교한 도구와 애플리케이션을 개발하여 싱가포르의 새로운 복잡한 과제를 해결할 수 있도록 한다.⁸⁴⁾

82) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

83) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

84) Frost & Sullivan (2019), Digital Twin Application Landscape and Opportunity Assessment



〈그림 6〉 Virtual Singapore

* 출처 : <https://govinsider.asia/digital-gov/meet-virtual-singapore-citys-3d-digital-twin/>

3.3.6. 항공우주 및 방위

가. Dassault Systemes (프랑스)

Dassault Systemes는 항공 우주 및 방위 산업을 위해 Build to Operate라는 제조 운영 관리 솔루션을 개발했다. DELMIA Apriso를 기반으로 하는 이 솔루션은 3DEXPERIENCE 플랫폼 기반 디지털 트윈을 활용하여 글로벌 규모의 공급망 전체에서 디지털 정밀도로 다양한 제조 요소를 모니터링, 제어 및 검증한다. Airbus Helicopter는 이 솔루션을 배포했으며 헬리콥터 제조 프로세스를 개선하고 최적화했다.

나. The Boeing Company (미국)

Boeing Company는 항공기 제조 공정에 디지털 트윈을 통합하고 있다. 쌍둥이는 자동화, 툴링 등과 같은 설계 및 생산 프로세스 구성 작업에 크게 의존한다. 디지털 트윈은 737 Max 10 및 777X 항공기 개발에 광범위하게 사용되었다. 운영 효율성 및 비용 절감과 함께 디지털 트윈을 사용함으로써 Boeing은 엔지니어링 오류와 공장 중단을 크게 줄일 수 있었다.⁸⁵⁾

85) Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine

IV. 국방 분야에서의 디지털 트윈 적용방안

4.1. 해외 국방분야에서의 디지털 트윈 적용방안

미군은 군인의 유니폼에서부터 차량에 포함된 엔진에 이르기까지 거의 모든 것을 연결하고 임무 준비를 수행할 수 있는 방법을 모색하고 있다. 또한 병사의 건강 상태와 마찬가지로 병력 이동이 모니터링되고 있다. 항공기 및 기타 자산은 적의 움직임과 기타 잠재적인 위협에 대한 실시간 통찰력을 제공한다. 이 정보를 기반으로 결정이 내려지고 있으며, 이 정보는 오류가 없는 흐름으로 흐를 수 있다. 하지만 그 기계에 동력을 공급하는 기계가 고장이 나거나 무거운 수송 기계가 작동을 멈추거나 첨단 무기 시스템이 실패하면 어떻게 되는지에 대한 우려가 있을 수 있다. 이러한 우려를 완화하기 위해 군인은 생성에서 유지보수, 은퇴에 이르기까지 연결된 자산의 수명주기를 쉽게 관리 할 수 있어야 한다. 자산의 상태, 움직임, 위치 등을 모니터링하는 등 다양한 목적으로 사용할 수 있는 물리적 개체의 디지털 표현을 만들어 이를 수행할 수 있다.

예를 들어 차량 조립 라인에서 막 출고하여 시운전 할 준비가 된 강화된 전차는 수년 동안 효율적이고 안정적으로 작동할 것으로 예상되는 필수적인 전장 장비이다. 이 자산을 최대한 활용하려면 일관된 유지관리가 필요하다. 이상적으로는 이러한 유지보수는 잠재적인 고장을 방지하기 위해 사전에 수행할 수 있으며, 이로 인해 추가 비용이 발생할 수 있으며 잠재적으로 높은 비용이 발생할 수 있으며, 부적절한 시기에 기계 고장으로 인해 전투기를 위협에 빠뜨릴 수도 있다. 예방적 유지보수는 차량의 수명주기를 연장하고 세금을 절약하며 임무를 계속 진행할 수 있다. 차량에 유지보수가 필요한 시기를 알거나 추적하는 것이 어려울 수 있으며 고장이 발생할 수 있는 시기를 예측하는 것도 불가능하다. 다행히 차량에 포함된 다양한 센서가 수집하는 데이터를 사용하여 디지털 트윈을 만들 수 있다. 이 표현은 그 상태에 대한 매우 명확한 그림을 실시간으로 제공할 수 있다. 예를 들어, 디지털 트윈은 엔진이 어떻게 작동하는지, 차량의 온도 게이지가 꺼져 있는지 또는 차량의 타이어 압력이 낮은지 여부를 보여줄 수 있다. 또한, 시간이 지남에 따라 이 정보를 수집함으로써 디지털 트윈은 차량이 미래에 어떻게 작동할 것인지에 대한 발전하면서도 매우 정확한 그림을 생성할 수 있다. 이는 센서에서 수집된 과거 데이터와 과거 성능을 기반으로 한 기계 학습과 예측 분석의 조합에서 파생된다. 센서가 계속해서 정보를 보고함에 따라 디지털 트윈은 향후 성능에 대한 예측을 계속 학습, 모델링 및 조정한다.⁸⁶⁾

4.1.1. 미 국방부의 디지털 엔지니어링 전략

미 국방부는 육·해·공군 및 해병대 등 4개 군에서 제품 개발 및 획득 시 디지털 엔지니어링을 사용하는 방법을 이해하는 데 도움이 되도록 ‘디지털 엔지니어링 전략’을 발표했다. 마이클 그리핀 연구·엔지니어링 담당 차관보가 발표한 디지털 엔지니어링의 전략 목표는 다음과 같다. 첫째, 엔터프라이즈 및 사업 의사결정에 필요한 정보 제공을 위한 모델의 개발, 통합, 사용 공식화, 둘째, 지속성 있고 권위 있는 믿을 수 있는 출처 제공, 셋째, 실질적인 엔지니어링 개선을 위한 기술 혁신의 통합, 넷째, 활동 수행 및 이해당사자 간 협조와 의사소통을 지원하는 기반시설 및 환경 확립, 다섯째, 수명주기 전반에 디지털 엔지니어링 채택 및 지원을 위한 문화 및 작업인력 변혁이다.

디지털 트윈(digital twin) 또는 디지털 스레드(digital thread)는 디지털 환경에서 모델링 및 시뮬레이션을 통해 엔지니어링을 설명할 때 사용하는 용어이다. 디지털 엔지니어링으로 개발 환경은 더욱 민첩하고 즉흥성을 띠게 돼, 복잡하고 불확실하고 급격히 변하는 특징을 갖는 장기적인 도전과제들을 해결한다. 그 가운데 중요한 과제는 정부와 방산업체 글로벌 보급망 간에 디지털 모델 및 시뮬레이션(M&S) 교환을 위한 표준 및 통신규약을 확립하는 것이다. 이런 교환이 더 원활하게 진행되도록 디지털 기술을 이용하는 디지털 인공물 규약으로 인해 엔지니어링 정보 교환은 더 정확하게 이뤄질 것으로 전망된다.⁸⁷⁾



〈그림 7〉 가상 함정 운항

* 출처 : nationaldefensemagazine.org

86) Digital Twins and Data Analysis [Signal]. Retrieved from <https://www.afcea.org/content/digital-twin-s-and-data-analysis>

87) 미 국방부, 디지털 엔지니어링 전략 발표 [국방일보]. Retrieved from http://kookbang.dema.mil.kr/kookbangWeb/view.do?parent_no=8&bbs_id=BBSMSTR_000000001136&ntt_writ_date=20180813

4.1.2. 미 공군의 디지털 트윈 사례: eplane

미 공군의 새로 공개된 전투기 프로토타입은 몰입형 시뮬레이션과 기타 새로운 디지털 도구로 설계되고 미군 무기 생성 및 생산의 새로운 시대를 예고했다. 공군은 데이터와 새로운 기술을 사용하여 항공기를 가상으로 설계했다.

프로그램의 수명주기를 통해 끌어온 디지털 스레드는 설계, 조립, 테스트 등 모든 것을 가속화하는 것처럼 보인다. 가상화 자체는 새로운 것이 아니다. 새로운 것은 실제 개체의 디지털 버전을 새로운 규모에서 신뢰할 수 있고 유용하게 만드는 컴퓨팅 성능과 데이터 가용성이다.

미 국방부는 차세대 전투기 설계를 모색하고 있다. NGAD의 경우 공군은 F-35 Joint Strike Fighter와 T-7 트레이너의 데이터를 사용하여 가상 프로토타입을 개발한 다음 물리적인 비행항공기를 개발했다. 이는 ‘eplane’을 만들고 가상 세계에서 여러 번 비행했다는 것이 아니라 실물 크기의 시범비행을 구축하고 현실 세계에서 비행했다는 것이다. 또한 미 공군이 기존 설계를 수정하거나 처음부터 새로운 설계를 구축하기 위해 다양한 eplane을 신속하게 개발할 수 있는 충분한 데이터를 보유하고 있음을 보여준다. 88)

4.1.3. 미 공군의 디지털 트윈 사례: B-1B Lancer

공군은 유지보수를 보다 빠르고 효율적으로 수행하고 향후 항공기의 잠재적인 문제를 예측할 수 있도록 항공기의 디지털 복제품을 만들고 있다. B-1 Systems Engineering Branch의 재료 리더인 Joseph Lay 중령과 그의 팀은 Wichita State University의 National Institute of Aviation Research (NIAR)와 협력하여 B-1B Lancer를 디지털 방식으로 스캔했다. Lay 중령은 B-1 디지털 트윈 프로젝트가 군용 항공기에 대한 완전한 스캔이 수행된 최초의 프로젝트가 될 것이라고 말했다.

이 프로세스는 애리조나의 Davis-Monthan 공군 기지에 있는 309th Aerospace Maintenance and Regeneration Group(AMARG)에서 B-1을 가져와서 완전한 분해를 위해 NIAR로 보냈을 때 시작되었다. “묘지”라는 애칭으로 알려진 AMARG는 군용기가 퇴역하는 곳이다. 모든 너트와 볼트, 모든 스킨 패널이 모두 벗겨지는 것을 의미하며, 피로균열(fatigue crack)을 찾기 위해 항공기 전체를 검사할 것이다. 무거운 항공기가 날 때 중력과 난기류로 인한 무게가 느껴진다. 피로균열은 응력지점에 형성되고 밀린 평면의

88) The Virtual Tools That Built the Air Force’s New Fighter Prototype [Defense One]. Retrieved from <https://www.defenseone.com/technology/2020/09/virtual-tools-built-air-forces-new-fighter-prototype/168505/>

하중에 따라 커진다. Lay 중령은 피로균열이 어떻게 자라는지, 왜 자라는지, 예방하고 필요할 경우 수리할 수 있는 방법을 찾고자 디지털 트윈을 만들려고 하며, 디지털 트윈을 만드는 것은 제트기 내부로 들어가 정기 유지보수 중에 노출되지 않은 모든 내부 부품을 볼 수 있는 기회가 될 것이다.⁸⁹⁾



〈그림 8〉 두 대의 B-1B Lancers

* 출처 : <https://www.militarytimes.com/news/your-military/2020/10/10/making-bones-air-force-to-develop-digital-twin-of-b-1-for-damage-prediction/>

4.1.4. 미 육군의 디지털 트윈 사례: UH-60L Black Hawk 헬리콥터

미 육군 항공 및 미사일 사령부는 위치 타 주립 대학의 팀과 협력하여 블랙 호크 헬리콥터 편대의 유지를 위한 디지털 트윈 기술을 구현하고 있다. NIAR(National Institute for Aviation Research)도 포함하는 이 파트너십은 3D 스캐닝 기술을 사용하여 UH-60L Black Hawk 헬리콥터의 가상 모델을 생산하는 것으로 구성된다.

스캐닝 프로세스에서 군용 헬리콥터는 부분적으로 완전히 분해되어 각 구성요소를 디지털 트윈으로 캡처하고 저장할 수 있다. 이러한 부품에 대한 가상 데이터베이스를 보유하면 적층 제조와 같은 주문형 프로세스를 사용하여 노후화된 차량에 대한 교체 부품을 쉽게 조달할 수 있다.

Sikorsky UH-60 Black Hawk는 1979년 미 육군이 처음 사용했으며 그 뒤를 이어

89) Making Bones: Air Force to Develop 'Digital Twin' of B-1 for Damage Prediction [Military Times]. Retrieved from <https://www.militarytimes.com/news/your-military/2020/10/10/making-bones-air-force-to-develop-digital-twin-of-b-1-for-damage-prediction/>

다른 블랙 호크 모델인 리마(Lima)와 마이크(Mike)가 이어졌다. 리마는 현재 15년 동안 생산이 중단되었으며 많은 부품이 약 40년 전으로 거슬러 올라간다. 생산이 중단된 항공기의 예비 부품 또는 교체 부품을 찾는 것은 특정 문제를 야기할 수 있다. 미 육군은 디지털 트윈 기술이 교체 부품 생산을 간소화하여 헬리콥터가 계속 서비스를 유지할 수 있기를 바라고 있다.

UH-60L 프로그램의 목적은 편대 지속 운영에 이 기술을 적용하여 위험 일정과 운영 준비성을 높이고 문서화 비용을 절감하며 지속 가능성을 높이는 것이다. 이 프로그램은 또한 육군이 현재 기능하는 편대의 크기를 유지하고 경우에 따라 증가시킬 수 있도록 할 것이라고 했다.

Wichita State University는 광범위한 디지털 트윈 경험으로 인해 이러한 노력의 전략적 파트너였다. 학교는 국방부(DOD)를 위해 해체 조사를 수행했으며 상업 부문의 파트너와 함께 여러 디지털 트윈 프로그램을 수행했다. 2018년부터는 공군의 B-1 폭격기를 포함하여 디지털 트윈 프로젝트에서 국방부와 협력하고 있다. 이 협력에는 헬리콥터의 최초 제조업체인 Sikorsky, 국방장관전략능력실 및 AMCOM, Army Futures Command 및 Program Executive Office-Aviation을 포함한 여러 군대 조직의 참여도 포함된다. 90)



〈그림 9〉 Black Hawk helicopter (1)

* 출처 : <https://www.3dprintingmedia.network/us-army-digital-twin-black-hawk-helicopter/>

90) U.S. Army and WSU Creating Digital Twin of Black Hawk Helicopter [3dpbm]. Retrieved from <https://www.3dprintingmedia.network/us-army-digital-twin-black-hawk-helicopter/>



〈그림 10〉 Black Hawk helicopter (2)

* 출처 : <https://www.3dprintingmedia.network/us-army-digital-twin-black-hawk-helicopter/>

4.1.5. 병사 수준에서의 디지털 트윈

미래의 군대는 “디지털 트윈”를 사용하여 전장에서 3D 인쇄 신체 부위를 통해 치료하고 생명을 구하는 데 도움이 될 것으로 예상된다. 미군은 네바다 대학교와 협의하여 군인들의 가상 복사본을 거의 세포 수준까지 만들기 위해 X-레이, MRI 및 초음파를 사용하여 만들 것이라고 발표했다. 군인 전신의 전체 3D 디지털 사본을 만드는 것이다.

네바다 대학의 임상 교수인 제임스 마 (James Mah) 박사는 산호세에서 열린 미국 과학 진흥회의 (American Advancement of Science Conference)에서 군인이 건강한 상태에 있을 때 이미지를 작성하여 나중에 필요한 경우 데이터를 사용할 수 있도록 하는 것이라고 연설했다. 사전에 이미지를 촬영한 경우 인터넷을 통해 해당 파일 또는 이미지를 전송하고 3D 프린터 (또는 3D 바이오 프린터)가 뼈나 연조직과 같은 대체 신체 부위를 인쇄하여 그것들을 재구성하는 데 사용될 수 있다. 새로운 3D 인쇄 교체 부품은 모두 자연적이든 강화된 것인지에 상관없이 인체에 이식될 경우 거부 가능성을 없애기 위해 병사 자신의 다능성 줄기세포를 사용하여 생체 인쇄된 부품을 모두 사용할 수 있기 때문에 3D 프린팅된 뼈 및 조직은 군인의 자연적인 뼈 및 조직 등과 매끄럽게 융합될 것으로 예상된다.⁹¹⁾

91) Soldiers Digital Twins Let US Army 3D Print Replacement Body Parts in Battle [Fanatical Futurist]. Retrieved from <https://www.fanaticalfuturist.com/2017/01/digital-clones-will-let-us>

4.2. 국내 국방분야에서의 디지털 트윈 적용방안

4.2.1. 무기체계 개발 간 디지털 트윈 적용

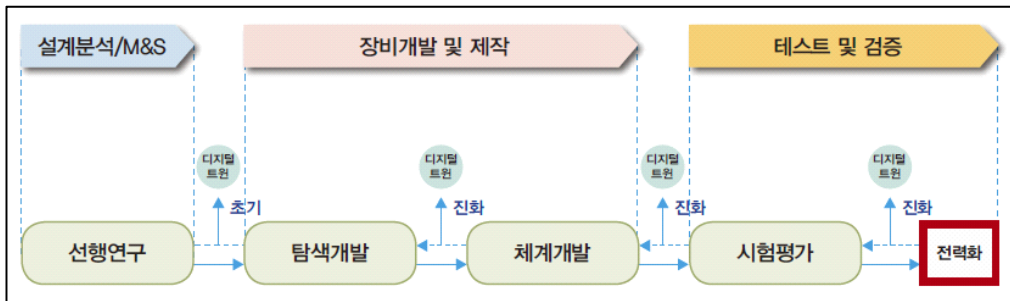
군은 다양한 무기체계를 개발해 운용하고 있는데 이러한 무기체계가 시험평가 단계에서 예기치 못한 중대 결함이 발생하여 무기체계 개발 사업이 지연되거나, 운용유지 단계에서 결함으로 막대한 비용이 들어가는 사례가 발생하기도 한다. 그 이유는 결국 무기체계 개발 단계에서 발생 가능한 문제에 대한 분석이 제대로 이루어지지 않은 결과라고 볼 수 있다. 다시 말하면 기본의 목업이나 디지털화하여 개발단계에서 적용하고 있는 분석 기법으로는 한계가 있음을 보여준다고 할 수 있다. 따라서 보다 발전적이고 획기적인 방안이 요구된다. 즉, 디지털 트윈을 무기체계 개발 단계에 적용함으로써 다양한 형태의 사전 분석과 실시간 운용제원을 가상사물에 적용하여 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 해야 할 것이다.

〈그림 11〉은 무기체계 연구개발에 디지털 트윈을 적용하는 개념을 나타낸 것이다. 연구개발 무기체계는 최초 소요군으로부터 필요한 무기체계를 소요제안 받아 다양한 검토 및 심의 과정을 거쳐서 소요가 결정된다. 소요가 결정된 무기체계는 합동군사전략목표 기획서에 수록되어 관리되며 여건이 갖추어지면 개발 사업이 진행된다.

선행연구 단계에서는 무기체계 개발에 필요한 기술을 판단하고 개발 시점에 적용 가능한 기술과 자체 개발해야 할 기술을 면밀히 검토한다.

탐색개발 단계에서는 도출된 체계 개념에 대하여 주요 구성품에 대한 위험분석, 기술 공학적 해석 등을 실시하며, 핵심요소 기술연구와 필요시 모형을 제작하여 비교 검토 후 체계 개발 단계로 전환할 수 있는 가능성을 확인한다.

체계개발 단계에서는 시제품을 만들어 작전운용성능을 확정한다. 그리고 기술시험평가와 운용시험평가를 거쳐서 전력화가 이루어진다. 무기체계 개발 각각의 단계에서 체계에 대한 정확한 분석이 필요하다. 이를 충족하기 위해 앞에서 설명한 바와 같이 목업이나 3D로 모형을 만들어서 분석하는데 활용하고 있다.



〈그림 11〉 무기체계 개발 간 디지털 트윈 개념

* 출처 : 석근봉 등(2018), 디지털 트윈 기술의 국방분야 적용 방안, 국방과 기술, 9, p.108-117

그러나 이러한 방식은 최고의 정밀도가 요구되는 최신 무기체계를 개발하는데 한계가 있다. 따라서 목업 대신 선행연구를 위해 수집한 각종 데이터를 활용하여 최초 디지털 트윈을 만들고 무기체계 개발 초기 단계에서부터 적용을 해야 된다. 즉, 탐색개발 단계에서부터 초기 디지털 트윈 적용으로 정확한 기술 자료를 분석하여 기술개발 가능성을 판단하고 개발하고자 하는 무기체계에 가장 적합한 기술을 확보하는 방안을 구체화할 수 있다.

체계개발 단계에서는 초기 디지털 트윈으로 체계개발 가능성에 대한 판단 및 작전운용 성능을 확정하고, 개발현장의 모니터링 및 데이터 센싱으로 다양한 데이터를 확보하여 초기 디지털 트윈을 업데이트하며 체계개발의 완성도를 높여 나가게 된다.

시험평가와 전력화단계에서도 체계개발 단계에서 업데이트된 디지털 트윈을 적용하여 무기체계의 운용개념 및 작전운용성능 충족성, 야전운용의 적합성 등을 종합적으로 판단하고 시험평가와 관련된 각종 데이터를 센싱하여 디지털 트윈을 업데이트 한다.

이와 같이 개발이 진행되면서 디지털 트윈은 지속적으로 완전체에 가까워지도록 진화를 하게 된다. 이러한 디지털 트윈으로 분석된 결과는 바로 무기체계 개발에 적용되어 최상의 무기체계를 만들어 낼 수 있게 될 것이다.⁹²⁾

4.2.2. 무기체계 운용 간 디지털 트윈 적용

무기체계가 전력화되면 전투력의 중요 요소로 자리하게 된다. 양질의 무기체계가 전투 부대에 배치되는 것이 최선이지만, 배치되고 난 후에는 어떻게 효과적으로 운용 유지할 것인가가 더 중요하게 된다. 아무리 우수한 무기체계라 할지라도 운용여건을 제대로 갖추지 못한 상태로 운용을 하거나, 장비의 고장 상태를 정확히 판단하지 못함은 물론 고장을 효과적으로 예측하지 못해서 적절히 복구하지 못한다면 커다란 전투력의 손실을 보게

92) 석근봉 등(2018), 디지털 트윈 기술의 국방분야 적용 방안, 국방과 기술, 9, p. 108-117

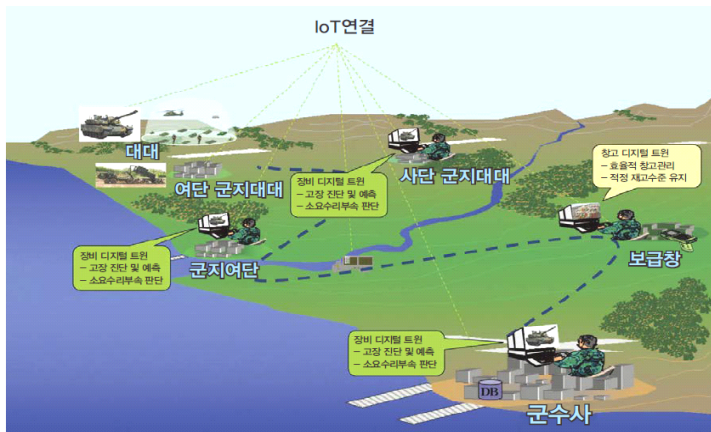
되는 것이다.

따라서 장비 운용유지에서 가장 중요한 것은 장비의 상태를 실시간으로 파악하고 그 상태에 따라서 고장을 예측하여 소요수리부속을 판단하여 확보하고 적기에 고장장비를 복구함으로써 장비가동상태를 지속 유지토록 하는 것이라고 할 수 있다.

그 동안 군은 이를 위해 정비기술 능력 향상, 수리부속의 수요예측 기법 연구를 통해 수요예측 정확도 향상, 물류혁신을 통해 수리부속을 적기에 보급하도록 하는 등 다양한 노력을 해 오고 있으나 만족할 만한 성과를 거두진 못하고 있다. 그러나 디지털 트윈 기술을 적용하면 획기적으로 개선이 가능하다.

〈그림 12〉는 장비 운용유지 간에 디지털 트윈의 적용개념을 제시한 것이다. 전투부대에서 운용중인 주요 장비에 대해 사단, 군지여단, 정비창에서 장비별 디지털 트윈 기술을 적용하여 실제 장비와 동일하게 성능과 환경을 가상화한다. 그리고 실운영 환경으로부터 획득한 다양한 데이터 분석을 통해 정확한 고장진단 및 예측을 한다. 운용장비의 고장진단 및 예측을 통해 정확한 수리부속의 수요를 예측하여 사전에 확보할 수 있으므로 고장 장비를 적기에 복구하거나 장비 가동상태를 지속 유지할 수 있게 된다.

또한 사단, 군지여단, 보급창에서 보유하고 있는 자원의 효과적인 관리를 위한 디지털 트윈을 적용할 수 있다. 우리 군은 각 제대별 규모는 다르지만 동일한 목적으로 물류창고를 관리하고 있다. 각 제대별 물류창고에도 디지털 트윈 기술을 적용해서 실시간으로 창고의 상태를 확인하고, 적절하게 재고수준을 유지함으로써 창고의 공간을 효과적으로 활용할 수 있을 것이다.⁹³⁾



〈그림 12〉 무기체계 운용 간 디지털 트윈

* 출처 : 석근봉 등(2018), 디지털 트윈 기술의 국방분야 적용 방안, 국방과 기술, 9, p.108-117

93) 석근봉 등(2018), 디지털 트윈 기술의 국방분야 적용 방안, 국방과 기술, 9, p. 108-117

V. 결론

5.1. 시사점 및 제언

국방분야에서의 디지털 트윈 발전을 위해서는 다음과 같은 제언을 할 수 있다. 94)95)96)97)

첫째, 사업과 프로그램 의사결정에 활용할 수 있도록 모델의 개발, 통합, 활용 과정을 공식화해야 할 것이다.

둘째, 다양한 이해 당사자들과 협력하고 소통하도록 기반 시설과 환경을 구축해야 한다.

셋째, 문화와 인력을 디지털 트윈을 적용하고 지원하도록 변화시켜야 할 것이다.

넷째, 디지털 트윈에 대한 올바른 이해와 공감대 형성을 위해 정부차원에서 디지털 트윈의 표준 아키텍처 정의 및 구성요소별 연구개발 로드맵 수립을 추진해야 한다. 이는 디지털 트윈 수현을 위한 기술요소 정의 및 연구개발 로드맵을 정립하는 것이며, 디지털 트윈 대상 산업분야, 계층 등 응용서비스 측면의 연구개발 로드맵도 포함한다.

다섯째, 해외 선진기술 예측화 방지 및 국내 관련 산업 생태계 구축을 위해 국산 기술/도구의 연구개발에 적극적인 투자가 필요하다. 특히 특정 응용분야에 활용되고 있는 국내의 개별적 소프트웨어 역량을 결합하여 디지털 트윈 운영환경 구축을 지원하는 종합 플랫폼(도구) 개발이 필요하다. 또한 필요시 해외 선진기업과의 기술협력 또는 구매 가능 품목을 활용한 연구개발 추진이 요구된다.

여섯째, 국내외 기술제휴/협력을 바탕으로 디지털 트윈 운영환경 구축을 위한 소프트웨어 플랫폼/도구 포트폴리오 확보를 위한 연구개발 추진이 필요하다.

일곱째, 국내의 디지털 트윈 솔루션 시장 견인 및 산업경쟁력 제고를 위해 여러 산업

94) 정춘일. (2019). 4 차 산업혁명 시대의 국방 스마트 전략 방향. 한국통신학회지 (정보와통신), 36(6), p. 47-54.

95) 이광기, 유호동, & 김탁곤. (2018). 디지털 트윈 기술 발전방향. KEIT PD, p. 18-9.

96) 박춘우. (2017). 4 차 산업혁명과 한국 방위산업의 대응 방안. 국방과 기술, (459), p. 80-99.

97) 사공호상, 임시영 (2018). 4차 산업혁명을 견인하는 디지털 트윈 공간(DTS)구축 전략. 국토정책 Brief, p. 1-6

분야에 실증사업 확대, 경험/사례 공유 기반 마련 및 기술발전에 선순환 유도 정책을 시행해야 할 것이다.

본 연구 다음과 같은 시사점을 가진다.

첫째, 본 연구를 통해 디지털 트윈의 정의와 원리 및 구현방법을 분석하고, 디지털 트윈과 시뮬레이션 혹은 디지털 스레드 등 관련 용어와의 차이를 알아봄으로써 디지털 엔지니어링(Digital Engineering) 혹은 디지털 변혁(Digital Transformation) 분야를 이론적으로 정리하여 디지털 트윈에 대한 이해도를 제고하였다.

둘째, 디지털 트윈의 생산운용 프로세스 및 제조, 자동차, 의료, 에너지 등의 각 산업별 활용과 민간 적용 사례를 통해 디지털 트윈의 혁신 동향을 파악하고 국방 분야에 적용할 수 있는 아이디어를 개발하고 방향성을 제시할 수 있었다.

셋째, 해외사례를 바탕으로 국방분야에서의 디지털 트윈 적용방안을 제시함으로써 국방분야에서의 디지털 트윈 기술 동향을 파악하고 디지털 트윈 체계의 추진을 위한 밑거름이 될 수 있다.

넷째, 디지털 트윈을 추진하기 위한 제언을 도출함으로써 정부, 군, 디지털 트윈 관련 기업들에게 디지털 트윈 기술을 발전시키고 적용할 수 있는 실무적인 지침을 제시할 수 있을 것이다.

〈참고 문헌〉

- 강효은, 김호원 (2018), 제조 산업 기반 디지털 트윈 요소 기술 및 동향, 한국통신학회지 (정보와 통신), 35(8), p.24-28.
- 국방대학교(2019), 4차 산업혁명의 국방/안보분야 적용 방안
미 국방부, 디지털 엔지니어링 전략 발표 [국방일보]. Retrieved from http://kookbang.dema.mil.kr/kookbangWeb/view.do?parent_no=8&bbs_id=BBSMSTR_000000001136&ntt_writ_date=20180813
- 박춘우. (2017), 4 차 산업혁명과 한국 방위산업의 대응 방안. 국방과 기술, (459), p.80-99.
- 변상익, 박선영, 양우진, 김유중, 박푸르피, 김민상 (2018), ICT 융합 동향 리포트, 정보통신산업진흥원(NIPA), 융합 동향, 2018-02.
- 사공호상, 임시영 (2018), 4차 산업혁명을 견인하는 디지털 트윈 공간(DTS)구축 전략. 국토정책 Brief, p.1-6.
- 석근봉 등(2018), 디지털 트윈 기술의 국방분야 적용 방안, 국방과 기술, 9, p.108-117.
- 유승근, 백두권 (2019), 디지털 트윈을 활용한 LVC 훈련체계의 개선. 대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 1077-1093
- 이광기, 유효동, 김탁곤 (2018), 디지털 트윈 기술 발전방향. KEIT PD, p.18-19
- 장상훈 (2018), 4 차 산업혁명과 국방분야의 과제. 국방과 기술, (467), 114-127.
- 정춘일 (2017), 4 차 산업혁명과 군사혁신 4.0. 전략연구, 24(2), p.183-211.
- 정춘일 (2019), 4 차 산업혁명 시대의 국방 스마트 전략 방향. 한국통신학회지 (정보와통신), 36(6), p.47-54.
- 조용원 (2019), 제품 설계 시 디지털 트윈 기술사용의도에 영향을 미치는 요인에 대한 연구, 숭실대학교 박사학위 논문
- Auwerater (2018), Connecting Physics Based and Data Driven Models: The Best of Two Words, Siemens PLM Software
- Deloitte (2017), Industry 4.0 and the Digital Twin
Digital Twins and Data Analysis [Signal]. Retrieved from <https://www.afcea.org/content/digital-twins-and-data-analysis>
- Ding, K., Chan, F. T., Zhang, X., Zhou, G., & Zhang, F. (2019). Defining a Digital Twin-Based Cyber-Physical Production System for Autonomous Manufacturing in Smart Shop Floors. *International Journal of Production Research*, 57(20), 6315-6334.

- Electronic Design (2018), What's the Difference Between a Simulation and a Digital Twin?
- Frost & Sullivan (2019), Digital Twins Outlook in Healthcare, 2019-2025
- Frost & Sullivan (2018), Digital Twin Transforming Manufacturing
- Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine
- Frost & Sullivan (2019), Digital Twin Application Landscape and Opportunity Assessment
- Frost & Sullivan (2017), Developments in Digital Twins-Future Techvision Opportunity Engine
- Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2020 [Gartner]. Retrieved from <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2020/>
- Leiva C. (2016), Demystifying the Digital Thread and Digital Twin Concepts, *IndustryWeek*, August 1.
- Leng, J., Zhang, H., Yan, D., Liu, Q., Chen, X., & Zhang, D. (2019). Digital Twin-Driven Manufacturing Cyber-Physical System for Parallel Controlling of Smart Workshop. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(3), 1155-1166.
- Making Bones: Air Force to Develop 'Digital Twin' of B-1 for Damage Prediction [Military Times]. Retrieved from <https://www.militarytimes.com/news/your-military/2020/10/10/making-bones-air-force-to-develop-digital-twin-of-b-1-for-damage-prediction/>
- Qi, Q., Tao, F., Zuo, Y., & Zhao, D. (2018). Digital Twin Service Towards Smart Manufacturing, *Procedia Cirp*, 72, 237-242.
- Soldiers Digital Twins Let US Army 3D Print Replacement Body Parts in Battle [Fanatical Futurist]. Retrieved from <https://www.fanaticalfuturist.com/2017/01/digital-clones-will-let-us-army-3d-print-new-body-parts-in-battle-to-treat-injured-soldiers/>
- The Virtual Tools That Built the Air Force's New Fighter Prototype [Defense One]. Retrieved from <https://www.defenseone.com/technology/2020/09/virtual-tools-built-air-forces-new-fighter-prototype/168505/>
- U.S. Army and WSU Creating Digital Twin of Black Hawk Helicopter [3dpbm]. Retrieved from <https://www.3dprintingmedia.network/us-army-digital-twin-black-hawk-helicopter/>