

## A study on Decision Model of Disuse Status for the Commercial Vehicles Considering the Military Operating Environment

Jae-Ha Lee\*, Ho-Seok Moon\*

\*Student, Dept. of Korea National Defense and Science, Korea National Defense University, Nonsan, Korea

\*Professor, Dept of Korea National Defense and Science, Korea National Defense University, Nonsan, Korea

### [Abstract]

The proportion of commercial vehicles currently used by the private sector among the vehicles operated by the military is very high at 58% and plans to increase further in the future. As the proportion of commercial vehicles in the military has increased, it is also an important issue to determine whether to disuse of commercial vehicles. At present, the decision of disuse of commercial vehicles is subjectively judged by vehicle technical inspector using design life and vehicle usage information. However, the difference according to the military operation environment is not reflected and objective judgment criteria are not presented. The purpose of this study is to develop a model to determine the disuse status of commercial vehicles in consideration of military operating environment. The data used in the study were 1,746 commercial vehicles of three types: cars, vans and trucks. Using the information of the operating area, climate characteristic, vehicle condition the decision model of disuse status was constructed using the classification machine learning technique. The proposed decision model of disuse status has an average accuracy of about 97% and can be used in the field. Based on the results of the study, the policy suggestions were proposed in the short and long term to improve the performance of decision model of disuse status of commercial vehicles in the future and to establish a new data construction method within the logistics information system.

▶ **Key words:** Disuse status, design life, service life, mileage, machine learning.

### [요 약]

현재 군에서 운용하는 차량 중에 민간에서 사용하고 있는 상용차량이 차지하는 비중이 58%로 매우 높고 앞으로 더욱 증가할 계획이다. 군에서 상용차량의 비중이 높아진 만큼 상용차량의 불용처리 결정 여부도 중요한 문제 중의 하나이다. 현재 상용차량의 불용처리 결정은 차량 기술검사관이 설계수명과 차량사용 정보를 이용해서 주관적으로 판단하고 있으나, 군 운용환경에 따른 차이가 반영되어 있지 않고 객관적인 판단 기준이 제시되어 있지는 않다. 본 연구는 군 운용환경을 고려하여 상용차량의 불용여부를 판단하는 모델을 개발하는 것이다. 연구에서 활용한 자료는 육·해·공군의 승용차, 승합차량, 트럭 세 가지 상용차량 1,746대였고, 운용지역, 기후특성, 차량상태 등의 정보를 이용하여 분류 머신러닝 기법을 이용해 불용여부 판단 모델을 구축하였다. 제안하는 불용여부 판단 모델은 정확도가 평균적으로 약 97%였으며, 야전에서도 사용할 수 있는 형태의 모델이다. 연구결과를 바탕으로 향후 상용차량 불용여부 판단 모델 성능 향상 방안과 군수정보체계 내에 새롭게 구축해야 할 데이터 구축 방향을 장·단기적으로 정책 제언하였다.

▶ **주제어:** 불용처리, 설계수명, 운용수명, 주행거리, 기계학습.

- 
- First Author: Jae-Ha Lee, Corresponding Author: Ho-Seok Moon
  - \*Jae-Ha Lee (luckydlwogk@naver.com), Dept. of Korea National Defense and Science, Korea National Defense University
  - \*Ho-Seok Moon (bawooi@korea.ac.kr), Dept. of Korea National Defense and Science, Korea National Defense University
  - Received: 2019. 11. 04, Revised: 2019. 11. 27, Accepted: 2019. 12. 02.

### I. Introduction

군 장비의 운용수명이 설계수명에 도달하면 불용처리 대상이 된다. 설계수명은 장비 설계 시 통계적으로 예측한 장비의 수명이고 운용수명은 차량 도입 시 부터 불용처리 시까지 사용한 수명이다. 군 표준차량은 장비 설계 시 군 운용환경을 고려하여 설계수명을 산출하였지만, 상용차량은 민간 운용환경을 기준으로 민간회사에서 생산한 것이기 때문에 상용차량의 설계수명은 군 운용환경을 고려하지 않은 것이라고 할 수 있다. 이에 따라 2011년 국방부는 상용차량의 설계수명을 개선하였지만 최근 민간 차량생산 기술 발전으로 차량 수명이 길어짐에 따라 현재 설정된 상용차량의 설계수명에 대한 개선이 필요하다고 평가하였다 [1]. 또한 현재 군은 보유차량의 58%를 상용차량으로 운용하고 있으며, 국방부는 2020년 까지 군 보유 차량의 60%를 상용차량으로 대체할 계획이다. 그만큼 상용차량이 군의 차량 운영에서 차지하는 비중이 증대되고 있다.

군 상용차량의 불용절차는 운용부대에서는 불용처리 대상 차량에 대해 정비부대로 폐판정 기술검사를 의뢰한다. 폐판정 기술검사는 정비부대 차량 기술검사관이 차량의 운용수명, 차량상태 등을 고려하여 불용여부를 판단한다. 폐판정 기술검사를 수행한 다음 검사결과를 운용부대에 다시 통보하여 준다. 이 결과를 바탕으로 운용부대에서는 상위 군수부대로 불용처리 상신을 하고, 상위 군수부대에서는 불용결정 심의위원회를 개최하여 최종 불용처리 여부를 결정하고 운용부대에 통보한다. 군 상용차량의 불용절차는 <Fig. 1>과 같다.

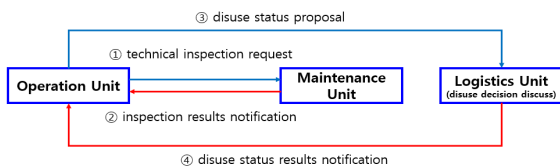


Fig. 1. Disuse procedure by commercial vehicles

이때 상용차량이 적정한 시기에 불용처리가 되지 않으면 몇 가지 문제가 생길 수 있다. 먼저 대부분의 상용차량이 설계수명이 도달하기 전에 불용처리가 된다면 차량 교체 소요 증가에 따른 예산부담이 발생하게 된다. 반대로 대부분의 상용차량이 설계수명을 초과하여 불용처리가 된다면 차량 노후 및 고장에 따른 임무에 제한요소가 될 것이다.

또한, 군 불용처리 절차에서도 몇 가지 문제점을 발견할 수 있다. 첫째 차량 기술검사관의 개인 역량에 따라 차량의 불용여부 판단이 달라질 수 있다. 그 이유는 정비부대의 차량

기술검사관들이 불용처리 대상 차량에 대해 주관적인 기준으로 폐판정 기술검사를 수행하기 때문이다. 둘째 상용차량의 수명은 운용하는 환경에 따라 달라질 수 있다. 그러나 현재 군 불용처리는 운용환경이 다른 동일 차량에 대해 설계수명을 일괄적으로 적용한다. 또한, 운용환경에 대한 정량적인 평가 기준이 부재하다. 따라서 불용처리 절차에 대한 문제점을 해결하기 위해 군 상용차량은 객관적인 불용여부 판단 하에 적정한 시기에 불용처리가 되어야 한다.

군 차량에 대한 수명을 연구한 기존연구로 경제적인 관점에서 군 차량에 대한 경제수명을 산출한 연구들이 있다 [2, 3]. 경제수명은 도입단가와 연간 운용유지비를 연차별 등가로 환산하여 합이 최소가 되는 운용기간을 말한다. 다른 연구로 군 차량의 가격을 현실화하고, 평균수명을 재산출하여 경제적 수리한계 비율을 개선한 연구도 있었다[4]. 그러나 기존 연구들은 경제적인 관점을 중심으로 한 운용수명에 대한 연구였다. 차량의 운용환경을 다방면으로 고려한 연구는 아니었다. 그리고 연구진이 조사한 바에 의하면 불용판단 결정 모델을 개발한 연구는 없었다.

본 연구는 상용차량의 사용정보 뿐만 아니라 군 운용지역 및 기상정보와 같은 군의 운용환경을 고려하여 상용차량의 불용여부 판단 모델을 제시하는 것이 목적이다. 제안하는 모형을 통해서 불용여부를 판단해야 하는 사용자에게 불용처리 여부에 대한 과학적이고 객관적인 의견을 제시해 주려고 한다. 제안하는 모형 구축의 대상 차량은 현재 군에 활용 중인 승용차, 승합차량, 트럭 세 종류이고, 세 종류의 차량 중에 불용처리된 차량 정보와 차량 운용지역 정보에 기계학습 방법을 적용하여 제안하는 모델을 구축하려고 한다.

본 연구의 구성은 2장에서 연구절차와 방법을, 3장에서는 데이터 분석결과를, 4장에서는 제안하는 모델 구축 결과를 제시하고, 결론 및 향후 연구 발전방향을 5장에서 다룬다.

### II. The Proposed Scheme

본 연구의 연구대상은 불용처리가 완료된 육군, 해군, 공군의 승용차, 승합차, 상용트럭 1,746대이며, 연구방법 및 절차는 <Fig. 2>와 같다.

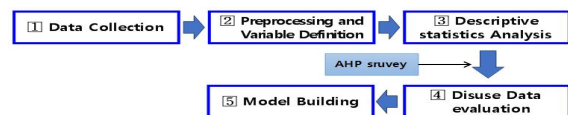


Fig. 2. Research method and procedure diagram

### 1. Data collection

본 연구에 사용될 자료는 세 개의 기관으로부터 수집되었다. 먼저 국방부를 통해서 '14년 ~ '18년 육·해·공군에서 불용처리가 완료된 승용차, 승합차, 상용트럭의 불용심의 자료를 획득하였다. 수집한 자료들은 첫째 불용심의 자료로부터는 불용처리 시 차량의 상태를 나타내는 정비비, 운용수명, 설계수명 등 8개 정보를 수집하였다. 두 번째는 차량 운용부대의 지형적 특성 자료를 시·군별 산림률, 도로포장률, 육·해면부 면적 등 4개 정보를 통계청을 통해 수집하였다. 세 번째로는 차량의 운용지역의 기후적인 특성 자료로 월평균기온, 강수량, 상대습도 3개 정보를 기상청을 통해 수집하였다. 이를 통해서 총 1,746개 차량에 대해서 15개의 특성 정보를 수집하였고, 이 자료가 원천자료로 사용된다.

### 2. Data preprocessing and Variable definition

불용심의 자료는 시기기록 자료인데, 수집된 8개 정보 가운데 운용수명, 주행거리, 정비비에 대해서는 연구대상 자료로 활용하는데 있어서 전처리가 필요한 것들이 있었다. 전처리 대상 자료들은 크게 두 가지로 차량의 사고로 인해서 정상적인 차량운행이 되지 않아 짧은 기간에 불용처리된 차량자료와 시기 기록과정에 정상적으로 보기 어려운 자료 예를 들어 정비비가 1억원이 넘게 기록되어 있는 승용차 등이 있었다. 이러한 전처리가 필요한 자료를 먼저 식별하기 위해서 운용수명, 주행거리, 정비비 3개의 변수 각각에 대해서 사분위수 범위를 이용하여 특이값을 판단하는 방법을 적용하였다[5]. 전처리가 필요하다고 판단된 자료에 대해서는 불용처리관련 업무 담당자들과의 인터뷰를 통해서 연구에서 제외시켜야 되는 대상인지 최종 확인하였다. 이를 통해서 수집된 불용처리 대상 차량은 <Table. 1>에서 보는 바와 같이 최초 수집된 1,746건 중 119건을 제외한 1,627건이었다.

Table 1. Collection data preparation results

Category	Sedan	Van	Truck	Total
Collection data	847	415	484	1,746
Outlier	-28	-61	-30	-119
<b>Analysis data</b>	<b>819</b>	<b>354</b>	<b>454</b>	<b>1,627</b>

자료 분석을 위해서 수집된 차량의 정보들을 이용해서 연구에 필요한 정보들을 추가로 변수 정의를 하였다. 이렇게 추가된 변수들은 운용수명과 설계수명을 이용해서 설계수명 초과여부, 설계-운용차이 변수 등을 만든 것을 포함해서 총 17개였다.

### 3. Descriptive statistics analysis and Difference verification

자료 전처리와 추가변수 정의를 통해서 최종적으로 분석하려는 자료에 대해서 기술통계분석과 비교가 필요한 차종의 특징에 대해서 차이 검증을 하였다. 기술통계분석에는 차량의 정보들에 대해서 평균, 사분위수, 시각화 등이 포함되었고, 차이 검증은 차량의 설계수명과 실제 운용수명이 차이가 있는지, 그리고 운용지역별로 차량의 운용수명이 차이가 있는지 등을 통계적 검증 방법인 t검정이나 분산분석을 통해서 수행되었다. 차이 검증을 통해서 차량 운용수명과 연관성이 유의미한 변수들이 무엇인지도 분석하였다.

### 4. Evaluation of disuse data

본 연구에서 수집한 불용자료는 차량 기술검사관의 주관적인 판단 요소가 포함된 자료이기 때문에 불용처리 결과를 모두 타당한 자료라고 보기는 어렵다. 즉, 좀 더 탈수 있는데 불용처리 승인을 한 경우와 그 반대의 경우도 있을 수 있다. 이는 차량 기술검사관들의 전문성을 무시하는 것이 아니라, 실수가 있을 수 있고 또한 차량 기술검사관별로 전문성에 차이가 있을 수 있기 때문이다. 이미 불용처리된 결과가 “올바른 판단이었다 아니면 잘못된 판단이었다”를 구분하기 위해서 본 연구에서는 전문가 집단이 불용처리와 관련해서 중요한 요소로 판단하는 기준들을 AHP를 통해서 조사하여 기준들에 대한 가중치를 활용하여 불용처리 적정성을 판단하는 방법론을 적용하였다[6]. 이를 통해서 기존에 불용처리된 자료들을 역으로 평가하고 평가한 점수를 이용해서 불용처리 적정 여부를 판단하였다.

불용자료 평가를 위한 AHP 방법론은 먼저 전군의 기술검사관 중에 40명을 대상으로 AHP 설문조사를 하였고, 이를 통해서 중요한 요인들을 선정하고 가중치를 계산하였다. 두 번째로 AHP를 통해서 조사된 불용판단 기준과 기존에 조사된 17개의 변수들 중에서 관련이 있는 변수를 식별하였고, 식별된 변수들을 5점 척도로 점수화하여 정규화하였다. 정규화 하는 과정에서 연속형 변수인 경우는 운용수명 및 주행거리와 변수간의 상관계수의 부호를 고려하여 5구간으로 백분위수 등분(0,0.2,0.4,0.6,0.8,1)을 하여 점수를 부여하였다. 범주형 변수인 경우 운용수명 및 주행거리와 변수간의 차이검정 결과를 고려하여 점수를 부여하였다. 예시로 연속형 변수인 정비비의 경우는 <Fig. 3>과 같이 점수를 부여하였다.

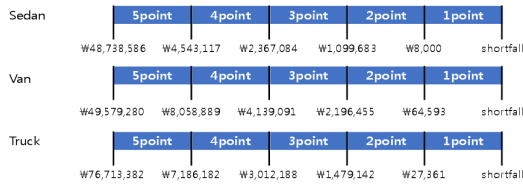


Fig. 3. Scoring maintenance cost by vehicle type(example)

AHP 설문 결과로 산출한 불용판단 기준과 가중치 그리고 이 기준들과 연관된 변수는 <Table. 2>와 같다.

불용자료 평가 점수를 이용해서 과거 불용처리된 결과가 '적정' 또는 '부정적' 했는지 평가하기 위해서 ROC 곡선을 활용하였다[7]. 불용자료 평가 점수는 불용처리 기준의 가중치와 연관변수들의 곱의 합으로 평가됨으로 이 점수가 높을수록 불용처리를 잘한 결과이다. 그러나 이 값이 어느 값 이상일 때를 불용처리가 적정하다고 볼 것인지 판단하는 부분은 중요한 부분으로 본 연구에서는 ROC 곡선을 이용해서 적정한 'Cutoff point(기준값, 이하 CP)'를 선정하였다. 즉 불용평가점수의 CP를 바꾸어 가면서 ROC 곡선의 AUC(area under curve)를 가장 크게 하는 CP를 선정하였다.

Table 2. Weights of Disuse decision standard and associated variables through AHP

Category(weight)		Associated variables	Type
Economic standpoint (0.6538)	Cumulative maintenance cost (0.2969)	maintenance cost	continuous
	Economic repair limits (0.7031)	Economic repair limits excess status	categorical
Operational standpoint (0.3462)	Mileage (0.14)	Mileage	continuous
	Design life (0.29)	Design life excess status	categorical
	Operation region (0.37)	Operation region	categorical
	Climatic Characteristics (0.20)	Mean temperature, Mean precipitation, Mean relative humidity	continuous

5. Model building and Evaluation

본 연구에서는 '적정'과 '부정적'의 반응변수에 대해서 설명변수들을 이용해서 분류모형을 만들고자 한다. 이 분류 모형으로 불용대상 차량의 정보를 입력하면 불용처리가 적정한 지 또는 적정하지 않은 지에 대한 의견을 차량검사관에게

제공해주려고 한다. 기존에 개발된 다양한 분류 모형 중에서 본 연구의 자료에 맞는 최적의 모형을 구축하려고 한다. 본 연구에서 모형 비교평가에 사용될 분류 모형으로는 의사결정나무(이하 DT), random forest(이하 RF), 신경망(이하 Nnet), support vector machine(이하 SVM), Logistic Regression(이하 LR) 등 5가지 머신러닝 모형이었다.

모형 구축을 위해 R 프로그램을 사용하였다. 먼저 'DT'로는 CART(classification and regression tree) 알고리즘의 'rpart' 패키지를 사용하였다. RF 모형으로는 'randomforest' 패키지를, 신경망 모델로는 'neuralnet' 패키지를 사용하였다. 특히 본 연구 자료를 이용해서 신경망 모형의 은닉층수와 은닉층의 유닛수 개수를 선정하였다. 본 연구에서는 은닉층수 1개와 은닉층의 유닛수를 3개인 신경망 모델이 가장 정확도가 높은 구성이었다. SVM 모형은 정확도가 커널(kernel) 함수에 따라 달라지기 때문에 다양한 커널을 사용하여 최적의 커널을 선정하였다. 이렇게 선정된 SVM 커널 함수는 'radial'이었다. 'LR'은 일반화선형모형을 활용하였으며 설명변수 간 다중공산성을 최소화하기 위해 step-wise 변수선택법을 사용하였다[8].

본 연구에서는 5개의 머신러닝 기법을 통해 구축한 모델을 비교하기 위해 70:30 교차타당도 평가를 하였다. 70:30 교차타당도 평가 방법은 <Fig. 4>와 같다. 70:30 교차타당도 평가 방법은 먼저 전체자료를 훈련자료(Training data) 70%, 검증자료(Test data) 30%로 임의로 구분한다. 두 번째로 훈련자료로 모델을 구축하여 검증자료로 모델의 정확도를 평가하는 절차를 10회 반복하였다.

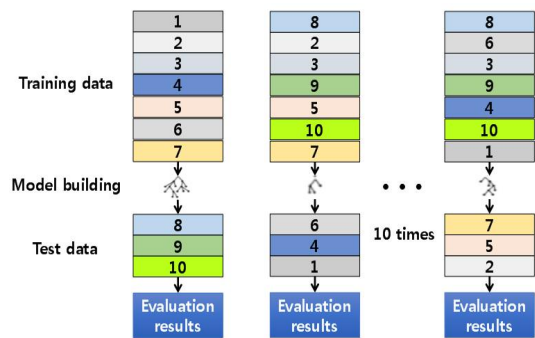


Fig. 4. 70:30 Cross-validity evaluation method

III. Descriptive statistics results

1. Service life and mileage descriptive statistics by vehicle type

본 연구에서는 수집한 불용자료를 바탕으로 차종별로 불용 시 까지 운용수명과 주행거리에 대한 기술통계량이

<Table. 3>과 <Table. 4>에 정리되어 있다. <Table. 3>을 보면 세 종류의 차량에 대한 설계수명은 모두 10여년인데, 실제로 사용한 평균 운용수명은 모두 설계수명보다는 길었고 오래 사용한 경우는 16년도 있었다.

Table 3. Descriptive statistics of service life by vehicle type(unit : year)

Category	Min	Medain	Mean (sd)	Max
Sedan	8	12	11.85 (1.59)	16
Van	10	11	11.54 (0.90)	13
Truck	9	12	11.81 (1.36)	16

Table 4. Descriptive statistics of mileage by vehicle type(unit : km)

Category	Min	Medain	Mean (sd)	Max
Sedan	2,073	143,427	157,361 (79,109)	388,018
Van	13,386	194,812	197,871 (75,137)	400,175
Truck	1,954	120,942	128,700 (62,841)	307,174

<Table. 4>를 살펴보면 승용차와 상용트럭의 경우 약 2,000km밖에 운용했음에도 불구하고 불용처리 되었는데 이 경우는 차량의 운용수명이 설계수명을 초과하고, 경제적 수리한계가 초과되어 불용이 된 차량들이다. 경제적 수리한계 초과는 차량 운용 간 누적된 정비비가 차량의 정비 후 활용가치 즉, 잔존가치를 초과한 경우이다. 일반적인 상식에서 주행거리가 짧아서 추가 운용이 가능할 수 있다. 그럼에도 불구하고 불용처리가 된 것은 차량 기술검사 시 경제적 관점과 설계수명 도래여부가 많은 영향을 끼친다는 것이다. 또한 위와 같이 주행거리가 매우 짧은 것은 사용빈도가 매우 적은 부대이기 때문에 해당 부대에 대해 상용차량 인가를 재검토해야 할 필요도 있다.

## 2. Correlation Analysis between Service Life and Mileage by Vehicle Type

본 연구에서는 가장 관심 있는 변수는 군 상용차량의 운용수명과 주행거리이다. 여기서 운용수명과 주행거리는 차량 도입 시부터 불용처리 시까지의 사용기간 및 거리이다. 두 변수는 모두 차량의 노후정도를 나타내고 있다. 따라서 두 변수간의 연관관계를 확인하기 위해 상관분석을 하였고, 그 결과는 <Table. 5>와 같다.

Table 5. Correlation between Service life and mileage by vehicle type

Category	Sedan	Van	Truck
Correlation	0.2060	-0.1234	-0.0651

<Table. 5>를 살펴보면 승용차의 경우만 주행거리와 운용수명 간에 양의 상관관계이고 나머지는 음의 상관관계를 보인다. 이는 승용차의 경우는 운용수명이 길수록 주행거리가 많아진다는 뜻이고, 승합차와 트럭의 경우는 운용수명이 길수록 주행거리가 짧아진다는 의미이나 상관계수 값들이 모두 작아 큰 선형적인 관련성은 없는 것으로 보인다.

## 3. Analysis of difference between design life and service life

군 상용차량의 운용수명이 설계수명에 도달하면 불용심의 대상 차량이 되는데, 불용처리된 차량들의 운용수명이 설계수명과 차이가 있는 지를 t-test를 통해서 확인하였다. 그 결과는 <Table. 6>과 같다.

Table 6. P-values of t-test results between Design life and service life by vehicle type

Category	Sedan	Van	Truck
Design life	9.55	11	11
Service life	11.85	11.54	11.81
p-value	<2.2e-16	<2.2e-16	<2.2e-16

<Table. 6>을 보면 설계수명이 소수점이 나온 이유는 차량 모델별로 설계수명이 약간 차이가 있어서 평균값을 계산하였기 때문이었다. <Table. 6>의 결과를 보면 차종 모두 운용수명이 설계수명보다 통계적으로 유의한 수준으로 길었다.

## 4. Analysis of difference of service life according to operating area

상용차량은 운용지역에 따라 수명이 달라질 수 있다. 본 연구에서 구분한 운용지역은 '산악지형', '도시지형', '해안지형' 세 가지였다. 산악지형은 산림관리법 기준에 따라 산림률이 70% 이상인 지역을 산악지형으로 구분하였다. 해안지형은 우리나라 지도상 해안가 지역이면서 해면부면적이 있는 지역을 해안지형이라고 구분하였다. 그 외 나머지 지역은 도시지형으로 구분하였다. 또한 해안지형과 겹치는 지역의 경우 염분의 의한 부식이 차량 수명에 더 많은 영향을 끼치기 때문에 해안지형으로 구분하였다.

운용지역에 따라 차량의 수명과 주행거리가 차이가 있

는지를 분석하기 위해서 분산분석을 실시하였고, 각각의 분산분석 결과의 유의확률을 <Table. 7>에 정리하였다.

Table 7. ANOVA results of service life and mileage by military operation region and vehicle type

Category	Sedan	Van	Truck
Service life	1.94e-07	0.0356	0.528
Mileage	6.22e-12	0.00192	0.024

<Table. 7>에서 보듯이 트럭만 운용수명에 대한 운용지역에 따른 차이가 유의미하지 않았고, 나머지는 모두 운용지역에 따라 운용수명과 주행거리가 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 운용지역별 각 차종의 평균 운용수명과 주행거리는 <Table. 8>과 같다. <Table. 8>에서 보듯이 승용차는 산악지형에서, 승합차는 도시지형에서, 트럭은 해안지형에서 평균적인 운용수명이 가장 길었다. 또한 차종 모두가 산악지역에서 평균적인 주행거리가 가장 길었다.

Table 8. Service lives and Mileages by military operating regions

Category		Sedan	Van	Truck
Service life(year)	Mountain	12.95	11.33	11.74
	Urban	11.9	11.64	11.78
	Seaside	11.43	11.46	11.95
Mileage (km)	Mountain	244,888	218,229	163,193
	Urban	153,057	186,319	127,457
	Seaside	152,709	211,336	124,882

**5. Evaluation results of adequacy and inadequacy of disuse data**

수집한 불용자료 정보에 대해서 AHP 분석결과의 가중치를 적용한 점수에 대해서 'ROC curve'를 이용하여 '적정' 또는 '부적정'으로 평가하였다. 각 차종별 'cutoff point'는 <Table. 9>와 같으며 각 차종별 'cutoff point'보다 작은 값을 갖는 차량은 불용처리가 '부적정' 했다고 평가하였다.

Table 9. Cutoff points of vehicle type using ROC curve

Category	Sedan	Van	Truck
Cut off point	2.096	2.267	2.451

차종별 '적정', '부적정'으로 분류한 결과가 <Table. 10>과 같다. <Table. 10>에서 보듯이 적정으로 판정했다고 평가된 결과가 부적정 결과보다는 많았다.

Table 10. Results of Disuse evaluation by vehicle type(unit : case)

Category	Adequacy	Inadequacy	Total
Sedan	778	41	819
Van	287	67	354
Truck	377	77	454
Total	1,442	185	1,627

**IV. Proposed Model**

본 연구에서는 불용대상 차량에 대해서 차량정보를 입력하면 불용처리가 '적정' 또는 '부적정'하다는 의견을 제시해주는 모델을 만들려고 한다. 반응변수가 '적정'과 '부적정'인 범주형 이진 변수이므로 다양한 분류모델을 통해서 각 차량별 최적의 모델을 선정하였다.

**1. Decision model of disuse status for Sedan**

**1.1. Evaluation of cross validation**

차종별 불용평가 점수에 따라 적정여부를 분류한 자료를 5가지 머신러닝 기법을 이용하여 승용차의 불용여부 판단 모델에 대해 "70:30" 교차타당도 평가를 하였다. 교차타당도 평가 결과의 정확도에 대해서 평균과 표준편차가 <Table. 11>과 같다.

Table 11. Cross validation results for sedan

Category	Rpart	RF	Nnet	SVM	LR
Mean(%)	98.09	99.64	<b>99.86</b>	99.21	99.29
Sd	1.74	0.28	<b>0.17</b>	0.50	0.50

<Table. 11>의 교차타당도 평가 결과를 살펴보면 'Nnet (신경망)' 모델의 정확도 평균이 99.86%로 가장 높았다.

**1.2. Proposed model**

승용차의 불용여부 판단에 대한 교차타당도 결과 Nnet 모델 결과가 가장 높은 정확도를 보였다. 단순히 정확도만 보았을 때에는 Nnet 모델 결과를 사용해야 하지만, 본 연구의 목적이 군의 야전 현장에서 사용할 수 있는 것으로 Nnet 모델을 군의 야전에서 사용하는 데에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 야전에서 Nnet을 사용할 수 있는 도구가 없다. 특별히 상급기관에서 제작해서 제공해 주지 않는다면 어려

운 부분이다. 둘째, Nnet 결과는 결과의 정확도는 높지만, 왜 이런 결과가 나왔는지 설명하기 제한된다. 따라서 본 연구에서는 불용여부 판단 결과가 어떻게 나왔는지에 대한 해석이 가능한 Rpart 결과를 제안한다. Rpart 결과가 Nnet가 정확도에서 큰 차이가 없을 뿐만 아니라, Rpart 모델은 IF-Then 규칙으로 형성되어 군에 보급되어 있는 엑셀 또는 한셀 프로그램에서 쉽게 활용할 수 있다.

수집한 전체자료에 대한 'Rpart'의 정확도는 98.59% 이고, 승용차의 불용여부 판단 제안하는 모델은 <Fig. 5> 와 같다.

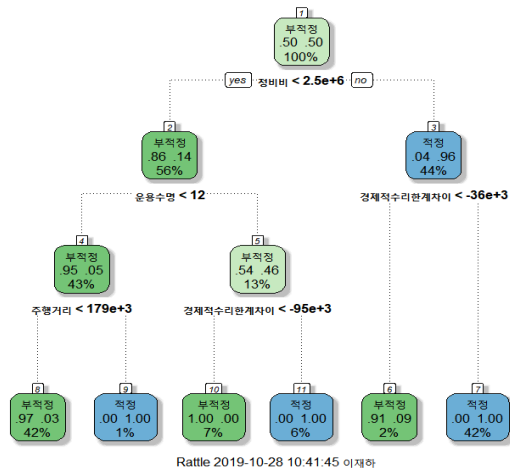


Fig. 5. Proposed decision model of disuse status for sedan

## 2. Decision model of disuse status for Van

### 2.1. Evaluation results of cross validation

승합차의 불용여부 판단 모델에 대해서도 5가지 모델을 이용해서 “70:30” 교차타당도 평가를 하였다. 교차타당도 평가결과의 평균과 표준편차는 <Table. 12>와 같다.

Table 12. Cross validation results for van

Category	Rpart	RF	Nnet	SVM	LR
Mean(%)	91.1	97.09	<b>99.45</b>	97.91	97.73
Sd	1.78	1.31	<b>0.44</b>	1.53	1.24

<Table. 12> 교차타당도 평가 결과를 살펴보면 'Nnet (신경망)' 모델이 99.45%로 가장 높은 정확도를 보였다.

### 2.2. Proposed model

승합차의 경우도 승용차와 비슷한 이유로 Rpart 결과를 제안한다.

수집한 전체자료에 대한 'Rpart'의 정확도는 95.12% 이고, 승합차의 불용여부 판단 제안하는 모델은 <Fig. 6>과 같다.

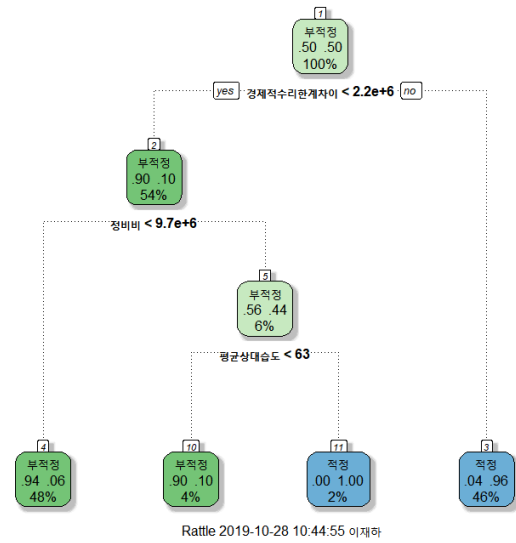


Fig. 6. Proposed decision model of disuse status for van

## 3. Decision model of disuse status for Truck

### 3.1. Evaluation of cross validation

상용트럭의 불용여부 판단 모델에 대해서도 5가지 모델을 이용해서 “70:30” 교차타당도 평가를 하였다. 교차타당도 평가결과의 평균과 표준편차는 <Table. 13>과 같다.

Table 13. Cross validation results for truck

Category	Rpart	RF	Nnet	SVM	LR
Mean(%)	92.21	97.61	<b>98.54</b>	97.92	93.05
Sd	2	1.18	<b>0.74</b>	1.30	0.84

<Table. 13> 교차타당도 평가 결과를 살펴보면 'Nnet (신경망)' 모델이 98.54%로 가장 높은 정확도를 보였다.

### 3.2. Proposed model

상용트럭의 경우도 승용차와 비슷한 이유로 Rpart 결과를 제안한다.

수집한 전체자료에 대한 'Rpart'의 정확도는 96.29% 이고, 상용트럭의 불용여부 판단 제안하는 모델은 <Fig. 7>과 같다.

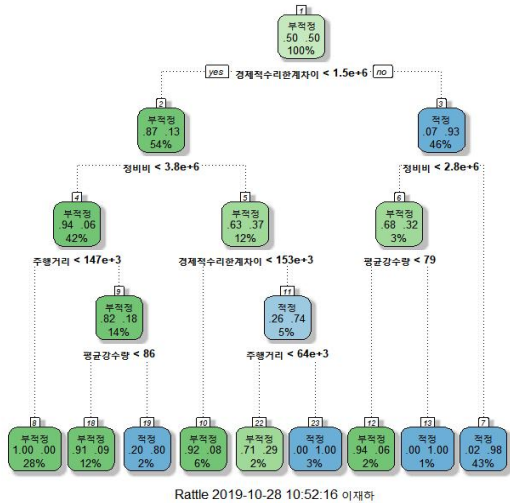


Fig. 7. Proposed decision model of disuse status for truck

### V. Conclusions

본 연구는 군 운용환경을 고려하여 상용차량의 불용여부 판단 모델을 개발하는 연구이다. 군 규정상 노후 차량을 대상으로 차량 기술검사관이 폐판정 기술검사를 주관적인 기준으로 수행하여 그 결과가 반드시 타당하다고 할 수 없다. 또한 차량의 기술검사관들도 폐판정 결정에 대해서 부담을 느끼고 있는 현실이다. 따라서 본 연구에서 객관적이고 합리적인 불용판단을 위해 불용판단 기준에 대한 정량적인 평가방법을 제시하고, 기계학습 기법을 활용하여 불용여부 판단 모델을 제안하였다. 본 연구에서 제안하는 군 상용차량 불용여부 판단 모델은 평균적으로 97%의 정확도를 보이고 있다.

본 연구를 통해 예상되는 기대효과로는 첫째 본 연구에서 제안하는 상용차량 불용여부 판단 모델이 불용판단 의사결정에 도움을 줄 수 있다. 즉 차량 기술검사관에게 차량의 불용여부 판단 시에 과학적인 의견을 제시해 주는 전문가로서의 역할을 제안하는 모델이 수행할 수 있다. 이를 통해서 불용판단의 주관적인 요소와 비전문성을 줄일 수 있을 것이다. 둘째, 본 연구를 통해서 현재 군에서 운영하고 있는 군수정보체계 내 신규 데이터 구축에 대한 방향을 제시할 수 있다. 본 연구의 결과 중에 차량의 운용수명이 차량 운용지역 간의 차이가 있다는 것이 있었다. 또한, 제안하는 모델에서 평균강수량, 기온, 상대습도 등도 주요 입력 변수였다. 그러나 운용지역, 평균강수량, 기온, 상대습도의 정보들이 각 군의 군수정보체계 내에서 기록되어 관리되지 않고 있다. 본 연구에서는 이러한 정보들을 별도로

조사하여 기존의 정보와 통합하였는데 많은 시간이 걸리었다. 따라서 각 군의 군수정보체계 내에서 상용차량의 운용부대의 지역정보와 기후특성 자료가 구축 및 관리되어야 한다. 단기적으로는 군수정보체계 내 자료 구축을 위해 사용자의 입력이 필요하고, 장기적으로 타 정보체계와 연동 및 상용차량의 데이터 수집 센서와 실시간 연동을 통해 자동으로 구축하는 방안이 마련되어야 한다.

본 연구에서 제안하는 모델로 야전에서 쉽게 활용 가능한 의사결정나무 모델을 제안하였지만, 정확도 자체만을 보면 신경망 모델이 더 타당하였다. 다만 신경망 모델을 야전부대에서 바로 활용하기 제한되는 점이 있지만, 군수사령부와 같은 대부대와 전문가가 있는 곳에서는 신경망 모델도 같이 활용하는 것이 필요하다.

본 연구에서 다루지 못하였지만 향후에 추가로 필요한 연구는 다음과 같다. 첫째 본 연구에서는 자료수집의 제한으로 상용차량의 최종적인 자료 즉 불용처리 시점의 주행거리, 정비비 등을 활용하여 모델을 구축하였다. 그러나 이러한 자료들의 추세자료 즉 월별 또는 연도별 자료가 있다면 보다 더 합리적인 판단이 이루어 질 수 있을 것이다. 각 군의 군수정보체계 내에서도 월별 및 연도별 자료가 있지만 정확도가 떨어져서 활용하기가 제한되었다. 향후 이러한 자료의 정확도가 높아진다면 이러한 자료들을 포함하여 보다 향상된 모델이 연구될 수 있을 것이다. 둘째, 본 연구에서는 다루지 않았지만 각 차종별 적정 운용수명과 주행거리를 예측하는 모델에 대한 연구도 필요하다. 여기에도 물론 군의 운용환경이 반영되어야 할 것이다. 야전에서는 이러한 모델이 만들어진다면, 부대 보유의 상용차량에 대해서 앞으로 얼마나 더 사용할 지에 대한 예측이 가능할 것이다.

### REFERENCES

- [1] Y. Kim and J. J. Jang, "Development Plan of Military Maintenance Education by Expanding Supply of Commercial Vehicles," Defense and Technology, Vol. 437, pp.102-107, July, 2015.
- [2] H. T. Lee and H. S. Lee, "A Study on the Economic Life of Military vehicles -K-511 cargo vehicle mainly-," Defense Policy Research, Vol. 57, pp. 141-160, 2002.
- [3] S. H. Paik and Y. S. Lee and K. Y. Kim and I. Y. Na and J. S. Jung and M. H. Hong, "A Study on the Economic Life for the Three Types of Military Wheeled Vehicles," Journal of Applied Reliability, Vol. 8, No. 3, pp. 135-144, September 2008.
- [4] E. A. Lee and N. Y. Gwon, "Determination of Maintenance

- Expenditure Limits for Military Equipment: focusing on Army Vehicles," Defense Policy Research, Vol. 117, pp. 197-221, 2017.
- [5] M. H. Huh, "Exploratory Data Analysis Using R", freeacademy, 2016.
- [6] O. J. Kwon, "Multi-criteria decision making methodology Theory and Application," Bookshill, 2018.
- [7] S. I. Pak, T. H. Oh, "Application of Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve for Evaluation of Diagnostic Test," The Korean Society of Veterinary Clinics, Vol.33, No.2, pp.97-101, 2016.
- [8] H. S. Moon, "A study on an expert system for close combat battlefield situation assessment in war-game models using machine learning," Korean Journal of Military Arts and Science, Vol. 74, No. 3, pp315-335, October 2018.
- [9] J. K. Lee, "Effective management of military vehicles by the unused Systematic criteria," Kyungpook National University, August 2014.
- [10] S. H. Paik and Y. S. Lee and K. Y. Kim and J. S. Jeong and I. Y. Na, "The Research on the Method of Building Life Decision Process for the Developing Product and Re-Newing Process for the Operating Product," Defense Agency for Technology and Quality, December 2007.
- [11] Korea Forest Service, "Framework Act on Forestry", Korea Forest Service, 2018.
- [12] Ministry of Economy and Finance, "Commodity Management Act," Ministry of Economy and Finance, 2009.
- [13] Ministry of National Defense, "Order of Military Supplies management," Ministry of National Defense, 2019.
- [14] Ministry of National Defense, "Equipment Lifetime Determination and Correction Instructions," Ministry of National Defense, 2016.
- [15] Army Headquarters, "Equipment Management Regulations," The Republic of Korea Army, 2018.
- [16] Army Headquarters, "Equipment Maintenance Regulations," The Republic of Korea Army, 2018.
- [17] Airforce Headquarters, "Determination and Processing of Military Supplies," The Republic of Korea Airforce, 2017.
- [18] Airforce Headquarters, "Equipment management procedure," The Republic of Korea Airforce, 2016.
- [19] Navy Headquarters, "Equipment Management Regulations," The Republic of Korea Navy, 2017.

## Authors



Jae-ha Lee received the B.S. degree in Aeronautical Mechanical engineering from Hanseo University in 2010. He is studying Military operation analysis in Korea National Defence University as a M.S. candidate.

He is interested in data mining.



Ho-seok Moon received the B.S. degrees in Chemistry from Korea Military Academy in 1994 and Ph.D. Degree in Industrial engineering from Korea University in 2006. He has been working for Korea National

Defence University from 2015. He is interested in data mining, expert system and defence modeling and simulation.