

필드데이터 기반의 대함유도탄 정비 소요예측

최준호¹, 최성철¹, 이건필¹, 최영재^{2*}

해군 군수사령부 병기탄약창¹, 국방대학교²

Maintainability Prediction Based on Field Data of Anti-surface Guided Missile

Jun Ho Choi¹, Sung Chul Choi¹, Geon Pil Lee¹, Youngjae Choi^{2*}

Abstract : 과학기술 발전과 전쟁 양상의 변화에 따라 무기체계 관리방법 및 제도가 변화되고 있다. 무기체계 운용과 직접적으로 연관되는 수리부속 확보와 정비업무는 매우 중요하다. 특히, 효율적인 무기체계 정비업무는 수리부속 확보보다는 한정된 군수 예산에서는 무기체계 운용에 큰 역할을 수행 할 수 있다. 본 연구에서는 대함유도탄에 대한 실제 운용 데이터를 빅데이터 분석 프로그램인 ECMiner™ 소프트웨어를 적용하여 대함유도탄 정비 소요를 추정하였다. 또한 정비 소요예측과 실제 고장실적 및 3년 평균 정비실적에 대한 정확도를 비교하였다. 본 연구 결과로 볼 때 정비소요 판단은 현재 정비소요 산출기준보다 빅데이터 분석 프로그램을 적용한 것이 정확도가 더 높은 것으로 나타났다. 이는 단순 통계실적보다는 유도탄 운용과 관련된 특정변수가 정비실적과 연관성이 높을 것이라고 판단된다. 본 연구를 통해 빅데이터 분석 프로그램이 대함유도탄 정비 소요 예측 정확성을 높일 수 있을 것이라고 확인할 수 있었으며 향후 도입될 유사 무기체계 정비 소요 예측 연구 활동에도 기여할 것으로 기대된다.

Key Words : Maintainability Prediction, Anti-surface Missile, Field Data, ECMiner™

1. 개 요

오늘날 군에서 운용하는 무기체계는 과학기술의 발달 및 전쟁 양상의 변화로 새로운 형태로 계속 진화하고 있으며, 이러한 변화에 따라 운영 관리방법 및 제도 또한 변화가 요구되고 있다.

정비와 수리부속 확보는 특히 무기체계의 원활한 운영을 위한 중요 분야이며 전투준비태세에 직접적인 영향을 주는 핵심군수지원 요소 중 하나이다. 따라서 장비가동률 향상을 위해서는 수리부속을 적정보급수준으로 운영하고 무기체계 정비를 적기에 완료할 수 있도록 하는 것이 가장 중요하다.

그러나 해군 무기체계의 복잡화·첨단화 및 소량 다품종이라는 특성으로 인해 외주정비 의존도는 증가되고 있다. 특히, 해군은 제1/2 연평해전, 대청해전, 연평도 포격 사격 사건 등을 통해 무기체계 가동률을 최고도의 상태로 유지하고 있는 상황이다. 이성운 등⁽¹⁾의 연구결과를 통해 해군 전체 군수예산 중 외주정비 비중이 '13년에는 32.9%이나 '17년에는 40.4%로 8%가량 증가되는 추세를 보였다. 또한, 해군은 울산급 호위함, 광개토 Batch-II 구축함, 장보고-III 잠수함 등 신형 대형함정을 지속 건조 예정이며 신형함정에 탑재할 신형 유도탄 및 수중탄을 다수 확보할 계획이다. 첨단기술이 적용된 신형 유도탄 및 수중탄은 고도의 전문성을 요구하는 정비기술로 군직정비보다는 외주정비 수요가 크게 증가할 것으로 예상된다. 전력운용분야 예산운용의 압박이 없다면 유도탄 정비용 수리부속을 다수 확보 가능할 것이나 수리부속 소요예측의 부정확성, 군직정비기술의 부족, 작전부대의 전투준비태세 등 비용 대 효과 측면을 고려 수리부속 구매보다는 유도탄 고장부품에 대한 외주정비 소요의 정확도 개선이 작전부대 전투준비태세 향상에 기여할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 대상 무기체계인 대함유도탄은 대함작전 수행을 위한 핵심 무기인 Harpoon 유도탄을 대상으로 빅 데이터 기법

을 활용하여 유도탄의 불가동 시간을 최소화하고 유사 시 완벽한 대함전 수행에 중추적인 역할을 수행할 뿐만 아니라 경제적인 정비예산 운용에도 도움이 되고자 한다. 또한 통계분석을 통해 유도무기 정비소요 예측 가능성을 확인하고자 한다. Harpoon 유도탄은 1970년 후반에 미국 보잉사로 도입된 무기체계로 함정, 항공기, 잠수함 등 다양한 플랫폼에 탑재되어 운용되고 있으며 해군 함정에는 초계함, 호위함, 구축함, 잠수함 등에서 대함전 수행의 핵심전력으로 전방함대 최일선에서 운영중인 대표적인 유도탄이다.

육·해·공군은 무기체계 수리부속 보급 및 정비분야에 대해 체계적으로 관리하기 위해 2009년부터 장비정비 정보체계를 운영하고 있다. 장비정비정보체계에는 공정관리, 정비계획 및 실적 등의 자료를 저장 관리하고 있으며 이 체계의 누적된 실적자료를 활용하여 군에서는 무기체계 정비소요를 예측하고 있다. 정비소요 예측은 국방중기계획 전력운영분야 프로그램별 작성지침⁽²⁾에 따라 최근 3년간 정비실적을 기준으로 소요를 산정하고 있으나 최근 3년간 정비실적으로만 정비 소요예측 정확도를 높이는 데 한계가 있다. 한편 군을 포함한 민간분야에서도 4차 산업 혁명을 추진하고 있으며, 여러 종류의 빅데이터 기법을 적용한 소요 예측 관련 연구가 활성화 되고 있다. 특히, 해군에서는 2016년부터 빅데이터 분석 프로그램인 ECMiner™ 도입하여 수리부속 소요 예측, 적중률 향상, 부품 교체주기 예측 등 다양한 주제로 군수업무 분석을 시작하였다. 본 연구에서는 해군에서 주로 사용 중인 ECMiner™ 빅데이터 분석 프로그램 활용하여 대함유도탄 부품 외주정비 소요예측 정확도를 제고하고자 한다. 본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 데이터 수집방법과 소프트웨어 신뢰도 분석을 설명한다. 3장에서는 데이터 분석방법 및 분석 결과를 제시한다. 4장에서는 향후 연구방안 및 결론으로 마무리한다.

2. 데이터 수집 및 소프트웨어 신뢰도 분석

2.1. ECMiner™ 특성

ECMiner™는 ㈜이씨마이너와 포항공대 및 유수 대학 데이터마이닝 연구실(전치혁 교수팀)이 공동개발한 데이터마이닝 소프트웨어로 시작하여 빅데이터 분석 소프트웨어로 발전하였으며, 국내 대기업 뿐만 아니라 정부 기관에서도 이를 빅데이터 분석에 활용하고 있다. 해군 군수사령부에서도 ECMiner™ 분석 소프트웨어를 활용한 빅데이터 경진대회를 개최하여 국방군수분야에 활용하고 있다.

ECMiner™ 분석 프로그램의 특성⁽³⁾은 다음과 같다.

- 통계, 빅데이터, 인공지능을 포함한 분석 S/W
- 사용자관점 편리한 인터페이스
- 데이터 추출에서 분석결과 저장 가능
- 다양한 Visualization 차트 제공
- 실시간 예측/모니터링 시스템과의 연동

이러한 특징 중 가장 큰 장점은 사용자관점 편리한 인터페이스이다. 일반적인 분석 소프트웨어나 공학 프로그램은 사용자가 직접 데이터 분석을 위한 Code를 만들고 사용해야하지만 ECMiner™ 프로그램은 사용자가 원하는 데이터를 추출해내는 노드를 선택하여 결과값을 실시간으로 얻을 수 있고 이를 시각화하여 차트로 보여준다. 또한 Microsoft Excel 파일과도 호환이 가능하여 수집된 데이터를 적용하여 분석데이터를 추출해내기 편리하다.

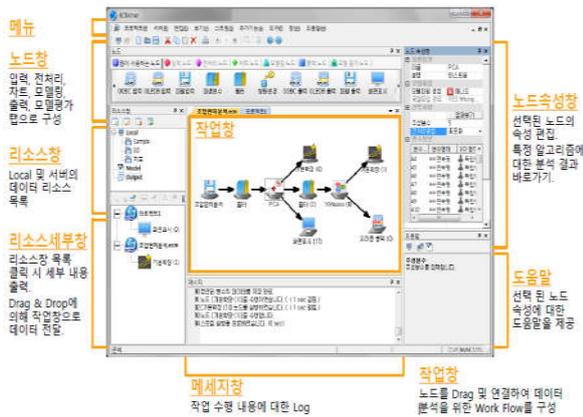


Fig. 1. Compose of the ECMiner™

2.2. 필드 데이터 수집 및 가공

해군 함정에서 운용중이며 병기탄약창에서 검사 및 정비를 수행하는 유도탄 5종(하푼, 해성-1, Sea-Skua, SM-2, Sea-Sparrow)을 대상으로 선정하였으며 각 유도탄별로 핵심기능을 수행하는 수리부속을 아래와 같이 재분류하였다.

- Harpoon(4종) : 탐색기, 유도조종장치, 전파고도계, 엔진
- 해성(4종) : 탐색기, 전파고도계, 관성항법장치, 구동제어기
- Sea-Skua(2종) : 유도장치, 고도계
- SM-2(2종) : 유도조종부, 표적탐지장치
- Sea-Sparrow(2종) : 유도부, 조종부

선정된 유도탄별 구성품 고장이력은 병기탄약창에서 정비 시 사용하는 유도탄 검사일지와 로그북에 기록되어 있는 내용을 기준으로 필드 데이터를 수집하였으며 국외도입 및 초도양산 납품이후 시점부터 2016년까지 데이터를 정리하였다. 데이터 수집범위는 검사 및 정비 과정에서 식별된 장비의 우발적인 불량이며 사용자 부

주의나 설계개선 사항에 대한 소급적용 등은 배제하였다. 그러나 수집된 자료가 예측분석을 수행할 수 있는 자료형태가 아니기 때문에 분석에 적합한 데이터 가공이 필요하다.

수집된 자료를 ECMiner™에 적합한 분석데이터 형태로 변환하기 위하여 유도탄의 실제 고장에 직접적인 영향을 줄 수 있는 특정 변수를 아래와 같이 가정하여 데이터를 가공하였다.

- S/N : 유도탄 일련번호
- 부품명 : 유도탄 구성품명
- 일자 : 도입일, 함정 적재/하역일, 검사일
- 함정 운용일수 = 함정에 유도탄 적재~하역일
- 누적 운용일수 = 도입부터 현재까지 운용일
- MTBF = 고장 간 누적 운용일수
- 전원인가 횟수 = 유도탄 전원 인가횟수(함정+정비시설)

Table 1. Sample of the Conversion Analysis Data

S/N	부품명	일자	함정 운용 일수	누적 사용 일수	결과	MTBF	전원 인가 횟수
000	GS	05.32 g.	354	2365	불량	1354	13
:	:	:	:	:	:	:	:

2.3. ECMiner™ 신뢰도 분석

무기체계 운용 간 수집된 필드 데이터를 기준으로 분석 프로그램인 ECMiner™의 예측 데이터가 실제 데이터와 어느 정도 일치하는지 확인하여 신뢰도를 분석해보고자 한다.

가공된 필드 데이터를 탄종별 S/N별 주요 수리부속별로 도입일부터 2016년까지 함정 운용기간, 유도탄 검사결과 이상유무를 Excel 파일로 16,000여개의 행으로 정리한 후 ECMiner™ 예측 모델인 SVM(Support Vector Machine)을 적용하였다. ECMiner의 SVM 기법은 분류/분석 및 선형/비선형의 기법 중 하나로 일반화 오류를 최소화하기 위하여 Margin 개념을 이용, 커널수를 활용한 선형으로 분류가 될 수 없는 데이터를 선형으로 분류가 가능하도록 계산하는 기법이다. 소프트웨어 신뢰도 분석을 위해 먼저 도입일자부터 2014년 이전까지의 수집된 분석데이터를 이용하여 ECMiner™ SVM 모델링을 수행하였다. 다음으로 제작된 모델을 이용하여 2015~2016년을 예측한 후 실제 고장/정비이력과 데이터와 ECMiner™ 예측 데이터를 비교 분석하였다.

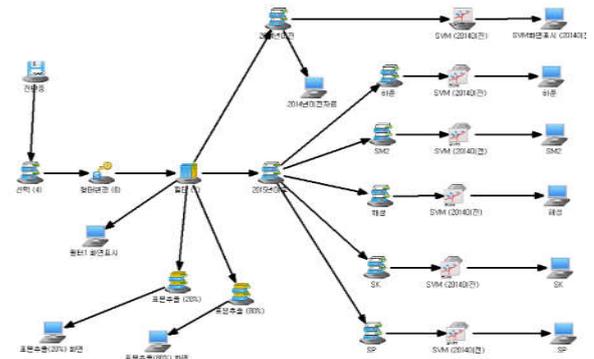


Fig. 2. Programming ECMiner™ Method

1차 모델링 작업 중 탄종 수량 총 8,092발 중 실측 고장/정비데이터는 7,061발 정상, 1,031발 고장과 비교하였을 때 ECMiner™ SVM모델은 7,064발 정상, 1,028발 고장으로 예측되었으며 실측 데이터와의 정확도는 99.44%를 나타냈다. 2차 예측분석결과 대상 총 573발 중 실측 고장/정비데이터는 487발 정상, 86발 고장과 비교한 결과 ECMiner™ 데이터는 497발 정상, 76발 고장으로 예측되었으며 실측 데이터와의 정확도는 98.25%를 나타냈다. 1,2차 실측 데이터와 예측 데이터를 비교 분석한 결과 일부 오차는 발생하였지만 수집 데이터 수량이 증가할수록 예측 모델의 정확성은 증가할 것으로 판단된다. 또한 단순 비교 결과값이 98% 이상의 수준 높은 정확도를 나타냈으므로 ECMiner™ 분석 프로그램에 대한 신뢰성을 확인하였다.

Table 2. Reliability Analysis Result Table by Comparing Field and Predictive Data

구분		'14년 이전	'15~'16년	계
수 량		8,092	573	8,665
실측	정상	7,061	487	7,548
	고장	1,031	86	1,117
예상	정상	7,064	497	7,561
	고장	1,028	76	1,104
정확도		99.44%	98.25%	98.83%

3. 데이터 분석방법 및 결과

3.1. 분석방법

2장에서 수집된 필드 데이터를 바탕으로 ECMiner™의 예측 모델인 SVM 신뢰성을 확인하였다. 본 장에서는 데이터 수집군이 가장 큰 단일 대상장비를 선정하여 데이터 분석을 통해 향후 장비 가동률 향상을 위한 주요 구성품 정비 소요를 정비부대 및 군수사에서 간단하고 정확하게 예측할 수 있는 방향을 제시하고자 한다.

대상장비는 입력변수가 다양하고 다수이며, 소프트웨어 신뢰도 확인 시 입력변수와 고장원인의 상관관계가 가장 유사하게 일치하였던 Harpoon 유도탄 탐색기를 선정하여 향후 고장 예측량을 분석하여 정비 소요를 산출하였다. 비교의 기준은 수집된 실측 필드 데이터이며, 군에서 정비 소요 예측시 통상 사용하는 최근 3년간 평균 정비실적과 ECMiner™의 예측 모델을 활용한 예상 데이터를 비교/분석하였으며 분석방법은 2장 소프트웨어 신뢰도 측정 방법과 동일하다.

3.2. 분석결과

수집된 Harpoon 유도탄 탐색기 필드 데이터 중 2014~2016년까지 실제 고장개수는 2014년 20개, 2015년 24개, 2016년 28개였으며, 군에서 사용하는 정비소요 산출기준 적용 시 3년간 평균 정비실적은 24개이다. ECMiner™의 프로그램을 활용하여 1983년부터 2014년까지 항정 운용일수, 누적 운용일수, 전원인가 횟수 및 MTBF 등 특정변수의 수집데이터를 기초로 SVM 분석 및 예측 모델링 작업을 수행한 결과와 실제 데이터를 비교한 결과는<Table 3>과 같다.

Table 3. Comparison of Field, Average and Predicted Failure Rate Harpoon Seeker in 2015~2016

구 분	2015		2016		평균
	수량	정확도	수량	정확도	
실제 고장개수	24개	-	28개	-	-
평균 고장개수	24개	100%	24개	85.7%	92.8%
예측 고장개수	25개	96%	29개	96.6%	96.3%

Harpoon 유도탄에 대한 특정변수 데이터가 방대하여 2014년까지 필드 데이터만 분석할 수 있었으며, 예측 분석 정확도의 오차를 최소화하기 위해 2015~2016년 실제 데이터만을 사용하였다. <Fig. 3>과 <Fig. 4>는 Harpoon 유도탄 탐색기 실제 고장개수와 3년 평균 정비실적 및 ECMiner™ 프로그램 예측 분석결과를 고장개수와 정확도로 구분하여 비교하였다. <Fig. 3>과 같이 3년 평균 정비실적보다 예측 분석한 정비소요가 실제 정비실적과 유사한 경향을 나타냈다. 또한 <Fig. 4>에서는 3년 평균 정비실적보다 예측분석 결과의 정확도가 일관성을 나타냈다. 실제 고장개수 대비 현재 정비소요 예측 기준으로 산출한 3년 평균 정비실적은 평균 92.8%의 정확도를 나타냈다. 반면에, 예측 분석한 정비소요는 평균 96.3%의 정확도를 나타냈으며 현재 정비소요 예측 기준보다 높았다. 향후 정비 소요개수를 예측할 경우 기존 산출기준 보다 예측 분석결과를 활용하면 약 3.5%의 정비 소요예측 정확도 제고를 향상시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

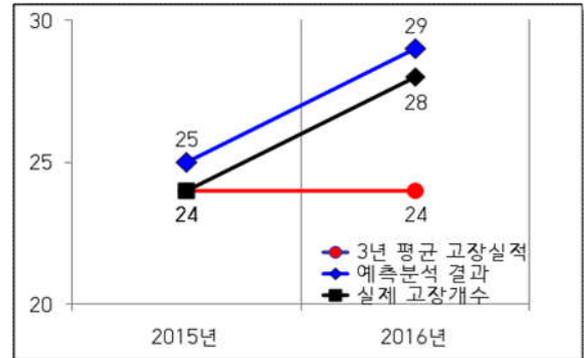


Fig. 3. Failure Analysis Chart by Comparing Field, Average and Predicted Failure Data

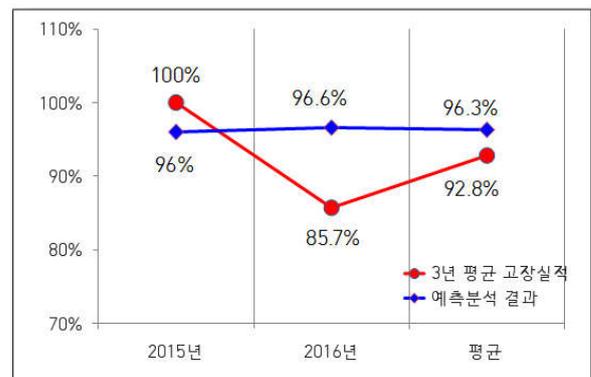


Fig. 4. Accuracy Analysis Chart by Comparing Average and Predicted Failure Data

4. 결론

본 논문에서는 Harpoon 유도탄 탐색기의 필드 고장 데이터를 기반으로 ECMiner™ 프로그램을 통한 정비 소요 예측 정확도를 제시하였다. 유도탄 특정변수를 ECMiner™ 프로그램에 적용하여 예측된 정비 소요가 실제 고장개수와 유사한 경향을 나타내는 것을 확인하였다. 또한 유도탄 고장 관련 특정변수로 선정된 함정 운용일수, 누적 운용일수, MTBF 및 전원인가 횟수가 실제 고장에 직접적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라 현재 군에서 사용하고 있는 정비 소요 판단 기준인 최근 평균 3년 정비실적 보다는 빅데이터 분석 프로그램인 ECMiner™를 활용하는 것이 정비 소요 예측에 적합할 것으로 판단된다. 본 연구의 방법론은 현재 운용중인 유도탄 뿐만 아니라 향후 도입될 유사 무기체계에서도 정비 소요 예측시 활용 될 수 있다. 향후 추가 연구로 유도탄 부품 정비소요 예측 결과와 최초 연구개발시 산정된 RAM값과의 비교 분석을 통해 유도탄 정비주기 재검토가 가능할 것이다.

후 기

지금까지 국방중기계획 및 단년도 예산 요구시 유도탄 정비 소요 판단은 최근 3년 평균 정비실적을 기준으로 하였으나 4차 산업의 대표적인 빅데이터 분석 프로그램을 사용한다면 정비소요에 대한 정확성을 높이고 무기체계 정비예산 요구에 대한 신뢰성 제고에 기여할 것이다.

참고문헌

1) 이성윤, 선미선, 최수빈, 서정훈, “효율적인 함정 외주정비 추진방안 연구,” 한국국방연구원, 2018, pp.13.

2) 해군본부, '21~'25 국방중기계획(전력운영분야) 해군요구서 작성 사전지침 시달. 해군본부, 2019.

3) <http://www.ecminer.com>, “ECMiner™ 개요 및 특징”

1) Lee, S. Y., Sun, M. S., Choi, S. B., Seo, J. H., “A Study on the Improvement Plan for Efficient Outsourcing” KIDA, 2018, pp. 13.

2) Navy H.Q, “'21~'25 National Defense Program Guidelines of Navy Requirements,” Navy HeadQuarters, 2019.

3) <http://www.ecminer.com>, ECMiner™ Introduction and Specification.