

# Securing Method of Spare Parts Inventory for KT/A-1 Aircraft by Employing Association Rules

## 연관규칙을 활용한 KT/A-1 항공기 수리부속 재고 확보 방안

Chang Ik Kim<sup>1</sup>, Dong Hee Yoo<sup>2</sup>

김창익<sup>1</sup>, 유동희<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Master's Student, Department of Management of Technology, Gyeongsang National University,  
Korea, [galongy@naver.com](mailto:galongy@naver.com)

<sup>2</sup> Professor, Department of Management Information Systems (Bus & Econ Res Inst.), Gyeongsang  
National University, Korea, [dhyoo@gnu.ar.kr](mailto:dhyoo@gnu.ar.kr)

Corresponding author: Dong Hee Yoo

**Abstract:** Growing foreign interest in the Korean aviation weapons system underscores the continuous need for effective inventory management strategies. These strategies are essential to achieve the target operational availability rate for aircraft. In the case of applying Performance Based Logistics (PBL) contracts in the operations of KT-1 and KA-1 among Korean-made aircraft, it is required to an alternative approach method of spare part forecast to ensure timely support for potential aircraft defects, moving away from traditional time-series methods. This study assumes that specific system components in ROKAF-operated aircraft show that essential spare parts have interrelated purchase request patterns at fault occurrences. It presented a visualization of the interrelationships between components so that can predict essential repair components and verify their association by employing association rules and discovering meaningful patterns and rules on collected data. Also, based on the predicted essential spare parts, it is possible to finalize the essential securing inventory, and through the establishment of efficient operation management of spare parts and securing method of inventory based on the purchase and inventory management centered on the confirmed essential securing items, it is expected to ensure the target operational availability rate for KT/A-1 aircraft. In the future, the study will be expanded across the Korean-made aircraft across the board through the addition of target aircraft and target items.

**Keywords:** Association Rules, PBL, Spare Parts Forecast, Purchase Request Patterns, Visualization

**요약:** 국산 항공무기체계에 대한 해외 국가들의 관심 증가로 효과적인 재고관리 전략에 대한 지속적인 필요성이 강조되고 있다. 이러한 전략은 항공기의 목표 운영 가동률을 달성하기 위해 필수적이다. 또한, 국산 항공기 중 KT-1과 KA-1 항공기 운영에 PBL(Performance Based Logistics) 계약 적용을 위해 전통적인 시계열 방식에서 벗어나 잠재적인 항공기 결함에 대한 적시 지원을 보장하기 위한 수리부속 예측 방식의 대체 접근법이 필요하게 되었다. 본 연구에서는 대한민국 공군이 운영하는 항공기의 특정 계통 구성품들의 결함 발생에 따라 필수 수리부속들이 상호 연관성 있는 구매청구 패턴을 보인다고 가정하고, 연관규칙을 활용하여 수집한 데이터로부터 의미 있는 패턴과 규칙을 발견

Received: August 07, 2023; 1<sup>st</sup> Review Result: September 09, 2023; Accepted: November 25, 2023

함으로써 구성품 간 연관성을 검증하고 필수 수리부속을 예측할 수 있도록 구성품 간의 상호 관계를 시각화 제시하였다. 또한 예측된 필수 수리부속을 기준으로 재고 필수 확보 대상을 확정 지을 수 있으며, 확정된 필수 확보 대상 중심의 구매와 재고 관리를 바탕으로 효율적인 수리부속 운영관리 및 재고확보 방안을 수립하여 이를 통해 KT/A-1 항공기 목표 운영가동률을 보장할 수 있을 것으로 판단하고, 향후에는 대상 항공기 및 대상 품목 추가를 통한 국산 항공기 전반에 걸쳐 확대하여 연구를 수행할 것이다.

**핵심어:** 연관규칙, 성과기반군수지원, 수리부속예측, 구매청구패턴, 시각화

## 1. 서론

최근 러시아-우크라이나 전쟁 발생으로 K-방산에 대한 관심과 함께 한국공군에서 운영하는 국산 항공무기체계에 대한 해외 국가들의 관심이 증가하고 있다. 이러한 상황에서 국방과학연구소(Agency for Defense Development, ADD)와 한국항공우주산업(Korea Aerospace Industries, KAI)에서 개발 및 생산하고 한국공군에서 운영 중인 KT-1(Korea Basic Trainer)과 KA-1(Korea Armed Airborne Controller) 항공기(이후 KT/A-1) 플랫폼 계열의 구매 및 제안이 활발히 이루어지고 있다. 이와 관련하여 항공기 수출 계약의 주요 평가 척도인 목표 운영가동률 충족을 위한 효과적인 재고관리 및 확보 방안의 필요성이 강조되고 있으며, 또한 항공기 수리부속 재고수준 관리가 운영가동률에 얼마나 많은 영향을 끼치는 지의 연구[1]로 인해 중요성 역시 강조되었다. 항공기는 지상 및 해상 무기체계와 달리 군수보급 및 정비지원의 중요성이 매우 크다. 그 이유는 지상무기체계는 결함 발생시 임무 수행 공간(육상)에서 잠시 멈춰 상태를 점검할 수 있으며, 임무 이동시 일정 군수보급품을 보유, 자체 정비지원을 통해 결함을 해결할 수도 있다. 또한 해상무기체계 역시 결함 발생시 임무 수행 공간(해상)에서 불가동 상태라 하더라도 보유하고 있는 군수보급품으로 정비지원을 통해 결함을 해소하여 가동상태로 전환할 수 있고, 다른 해상무기체계를 통해 군수보급 및 정비지원을 받을 때까지 해상에서 멈춰 대기할 수도 있다. 그리고 지상 및 해상무기체계는 운영 중 결함 발생시 인적 손실을 바로 야기시키지 않지만, 항공기는 임무 수행 공간(공중)에서 정비 자체가 불가능하여 결함 발생으로 인하여 임무 자체를 포기해야 하거나 크게는 임무 수행 공간에서 결함으로 멈추는 즉시 추락에 의한 항공기와 조종사의 손실까지 발생하기 때문에 적시/적소 군수보급 및 정비지원을 통해 항공기 가동률 확보를 위한 최적의 가동상태를 유지해야 한다. 따라서 항공기의 완벽한 임무수행 여건 보장 및 목표 운영가동률 확보를 위해 한국공군과 KAI는 국산 운영항공기에 대한 운영 방식을 PBL(Performance Based Logistics) 계약 방식으로 진행하고 있다. PBL 계약을 통해 KAI는 항공기 수리부속 구매와 정비의 형태로 한국공군 운영지원을 하고 있으며, 특히 항공기 결함 발생시 필요 수리부속에 대한 적기 지원을 위해 소요 예측을 통한 사전 재고확보를 수행하고 있다. 그러나 소모량과 소모패턴을 시계열 모형 및 통계기법에 적용하여 소요 예측 방식의 접근을 달리한 연구[2]도 있었으나, 한국공군 및 KAI는 여전히 기존과 동일한 전통적 시계열 모형을 통해 현재에도 수리부속 소요 예측을 진행하고 있는 실정이며, 또 다른 접근 방식이 필요한 시점에 도달하게 되었다.

본 연구에서는 한국공군에서 KT/A-1 항공기를 운영하면서 결함 발생으로 인해 PBL로 구매청구한 필요 수리부속 현황 데이터의 경우 특정 수리부속 구매청구 패턴을 갖는다고

가정하고, 수리부속들간 동시에 청구되는 연관성을 분석하여 적시 수리부속 사전확보를 통해 KT/A-1 항공기에 대한 효율적인 수리부속 운영관리 및 재고확보 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 데이터 마이닝 기법인 연관규칙분석(Association Rules Analysis)을 활용하여 확보한 데이터 들로부터 의미 있는 패턴과 규칙을 발견하고자 한다. 한국공군과 KAI 간 PBL 이행을 위해 구축한 KLIS(KAI-Logistics Information System, KAI 군수지원정보시스템)에 축적된 KT/A-1 PBL 구매청구 데이터를 활용하여 데이터 마이닝 도구인 Weka(Waikato Environment for Knowledge Analysis) 버전 3.8[3]로 분석을 진행하고자 한다. 연구에서 도출될 구매청구 패턴(Purchase Request Pattern)의 경우, 한국공군에서 운영하는 KT/A-1 항공기의 특정 계통 구성품들이 결합 발생에 따라 필요한 수리부속을 구매청구하는 과정에서 보여주는 규칙적인 패턴으로 규정하고, 이는 연관규칙분석을 통해 동시에 청구되는 품목들 간의 연관성으로 판단하고자 한다. 예를 들어, 특정 구성품 A가 결합 발생 시 구성품 B, C와 함께 구매청구되는 경향을 보인다면 이는 구매청구 패턴의 일부로 간주될 수 있다. 따라서 구매청구 패턴은 필수 우선 확보 품목을 예측하고 KT/A-1 항공기의 수리부속 운영관리 및 재고확보 방안을 분석하고 제안하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서는 복잡한 구매청구 패턴간의 연관성을 좀 더 쉽게 이해하기 위한 방법으로 수리부속 구매청구 데이터셋의 연관규칙들을 시각화하여 제시하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구와 관련된 기존 문헌들을 살펴본다. 3장에서는 본 연구에서 제안한 연구 프레임워크를 소개하고 연구 진행 과정에 대해 설명한다. 4장에서는 연구결과를 토대로 시각화 및 KT/A-1 항공기 수리부속 관리 방안에 대해 언급한다. 마지막 5장에서는 연구 요약과 함께 연구의 한계점과 향후 연구 방향을 서술한다.

## 2. 이론적 배경

최근 4차 산업 등장 이후 여러 분야에서 대량의 데이터를 대상으로 데이터를 분석하는 데이터 마이닝에 대한 관심이 높다. 지금까지 항공기 수리부속을 예측하는 연구들은 주로 통계기법이나 시계열 모형이 이용되고 있는데, 본 연구에서는 기존 분석 방법과는 다른 관점에서의 분석 결과를 도출하기 위해 데이터 마이닝 기법을 활용하고자 한다. 데이터 마이닝은 대량의 데이터로부터 의미 있는 패턴이나 규칙을 찾아내는 방법으로, 수요예측 분야에서의 기존 연구들은 주로 분류분석을 통해 어떤 알고리즘이 가장 최적의 적중률을 보여주는지를 파악하는 연구가 주를 이루고 있으나, 본 연구에서는 연관규칙 분석을 활용하여 필수 우선 확보 품목을 예측하고 판단하는 접근을 보여주는 것에 차별화를 두고자 한다.

### 2.1 수리부속 수요예측 연구

데이터 마이닝 기법은 사진이나 영상 분야에서 패턴을 추출할 때 주로 사용되어 왔다. 그러나, 최근에는 다양한 형태의 대용량 데이터의 수집이 가능해지고, 이에 대한 데이터 분석이 가능해짐에 따라 금융, 서비스, 통신 분야 등 여러 분야에서 널리 활용되고 있다. 또한 군의 무기체계 운영을 위해 수리부속 수요예측 분야에도 다양하게 적용되고 있는데 공군 항공기 수리부속 관련 데이터를 대상으로 베이지안 네트워크, 의사결정나무 등의 분석 방법을 사용하여 수리부속의 발생에 대한 예측 모델을 제시하였고[4], 공군에서

운용중인 항공통제기(E-737)의 수요 부품을 대상으로 비행관련 정보, 기상자료 등의 변수를 수집하여 시계열 모형, 다중회귀 모형 등을 비교하여 최적의 수요예측 기법을 제시하기도 했다[5]. 또한, 민간분야에서는 인공 신경망 모형을 적용하여 가격, 환율정보, 고객 수 등을 바탕으로 월별 가스 소비량을 예측하였고[6], 소비자의 성향, 수익률, 서비스 기간 등의 부품공급 관련 정보를 활용하여 부품 수요를 예측하는 연구를 진행하기도 했다[7]. 앞서 살펴본 데이터 마이닝 수요예측 관련 연구들의 대부분은 목표변수를 지닌 지도학습과 관련된 데이터 마이닝 기법을 활용하고 있으며, 현재까지 목표변수가 없는 비지도 학습 기법과 관계된 수리부속 수요예측 연구는 없는 실정이다.

## 2.2 연관규칙분석

연관규칙분석은 사건 또는 거래에 포함된 개체 간의 연관성을 분석하여 새로운 규칙을 파악하는 방법[8]으로, 특히 고객이 구매한 장바구니에서 동시에 거래되는 품목들의 구매패턴을 발견하는 것과 유사해 장바구니 분석으로도 불린다[9]. 장바구니 분석을 통해 나타난 품목 X와 품목 Y의 연관성은 ‘품목 X를 구매하는 사람들 중 많은 사람들이 품목 Y를 함께 구매한다’로 해석되며, Support(지지도), Confidence(신뢰도), Lift(향상도)와 같은 지표를 활용하여 의미 있는 연관성을 파악할 수 있다.

Support는 품목 X와 품목 Y에 대한 전체 구매 중에서 품목 X와 품목 Y를 동시에 구매된 비율을 의미하여 [식 1]과 같다.

$$Support(X \Rightarrow Y) = P(X \cup Y) \quad (1)$$

Confidence는 품목 X를 구매한 건 중에서 품목 X와 품목 Y가 동시에 구매된 비율을 의미하며, 품목 X를 구매한 경우 중 품목 Y를 구매한 경우의 조건부 확률을 알 수 있다. Confidence는 [식 2]를 통해 계산된다.

$$Confidence(X \Rightarrow Y) = P(X \cup Y) / P(X) \quad (2)$$

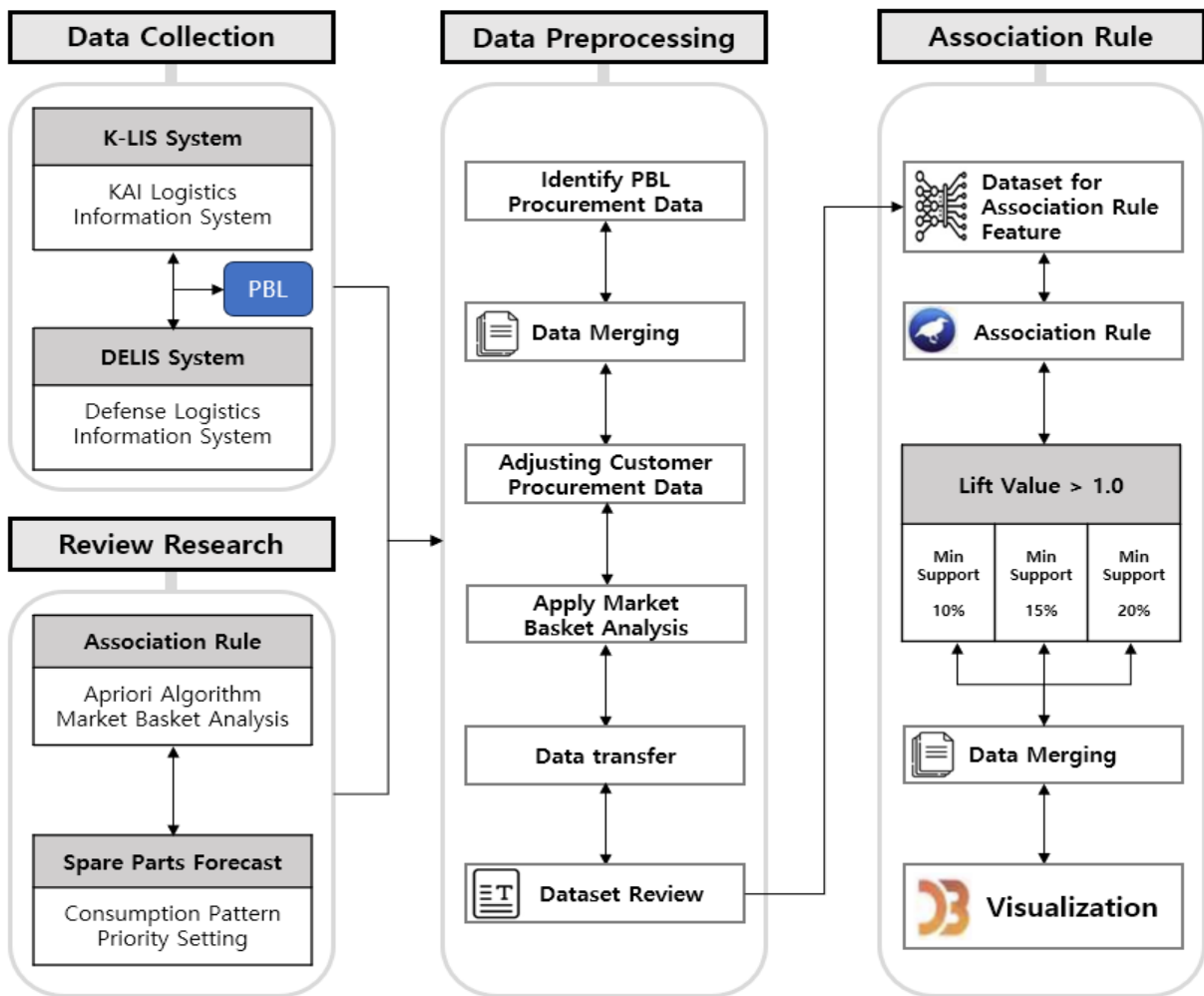
Lift는 품목 X와 품목 Y를 동시에 구매한 비율을 품목 X와 품목 Y의 구매가 서로 독립일 때의 비율로 나눈 값이며, Confidence를 품목 Y를 구매한 확률로 나눈 값과 같다. Lift를 통해 품목 구매에 관한 상관관계를 알 수 있으며, Lift 값이 1보다 큰 값을 가질 때 양의 상관관계가 나타나기 때문에 의미 있는 연관규칙을 찾는 기준이 되기도 한다. Lift를 산출하는 식은 [식 3]과 같다.

$$Lift(X \Rightarrow Y) = P(X \cup Y) / (P(X) \times P(Y)) = Confidence / P(Y) \quad (3)$$

본 연구에서는 앞서 언급한 3가지 지표를 활용하고자 한다. 여기에서 지표들의 기준값은 이론적으로 결정되어 있는 것은 아니기 때문에 분석자의 판단을 기반으로 결정하고자 한다. 연관규칙분석을 적용한 연구들에는 CD 판매와 관련하여 연관규칙을 파악하여 개인별로 맞춤형 광고를 추천하거나[10], 소비자가 구매하는 신선식품들 간의 상호 연관성을 연관규칙분석을 이용하여 연령별, 구입장소별로 도출하여 구매 패턴 간의 연관규칙을 보여주었다[11]. 상품과 고객의 구매유형, 유통 측면의 연구들 외에

연관규칙분석을 적용하여 주가변동에 따른 주식들간의 연관성을 파악하여 주식투자 전략을 제시하기도 하였고[12], 빅데이터와 데이터 마이닝 기법을 적용하여 고객의 관심도와 주요 핵심 키워드 간의 연관성을 네트워크 분석 등을 통해 상관 관계 확인한 연구도 있고[13], 텍스트마이닝을 통한 빈도분석, 연관분석으로 긍정, 부정의 감성 인식의 결과를 텍스트 데이터 간의 분석 워드맵으로 연관성을 확인하여 일반화하려던 연구[14]도 있었다. 또한 노후 항공기에 대해 장바구니 분석을 통해 기종별, 계통별 결함에 대한 연관성 규칙을 활용하여 항공기 관리 방안을 제시하였으며[15], 연관규칙을 시각화하여 좀 더 이해하기 쉽게 표현한 연구도 진행되었다[16].

그러나 본 연구와 같이 연관규칙분석을 활용하여 항공기 수리부속 재고확보 방안을 분석하고 제시한 연구는 없었으며, 본 연구에서는 연관규칙분석을 통해 고객 구매청구 데이터에서 동시 발생하는 구성품들 간의 유의미한 구매청구 패턴을 확인하고 이를 시각화하여 분석하는 연구를 진행하고자 한다.



[그림 1] 연구 프레임워크

[Fig. 1] Research Framework

### 3. 연구 방법

본 연구에서는 한국공군에서 운영하고 있는 KT-1 및 KA-1 항공기의 PBL 이행에 있어 수리부속 구매청구시 상호 연관성 있는 구매청구 패턴을 확인할 수 있다고 가정하고, 수리부속 구매 데이터를 수집한 후 데이터 통합/조정 등의 전처리 과정을 통해 최종적으로 확보한 인스턴스를 적용, 연관규칙분석을 활용하여 의미 있는 패턴과 규칙을 발견함으로써 구성품 간 연관성을 검증하고 필수 수리부속을 예측할 수 있도록 구성품 간의 상호 관계를 시각화하는 과정으로 진행한다. 이러한 과정을 연구 프레임워크로 도식화할 수 있는데, 연구 프레임워크를 요약하면 다음의 [그림 1]과 같다.

본 연구에서는 KT-1과 KA-1 항공기의 주요 수리부속인 착륙계통 브레이크 조립체 구성품에 대한 데이터를 분석 데이터로 활용하였으며, 한국공군과 KAI 간 PBL 이행을 위해 구축한 KLIS에 축적된 KT/A-1 PBL 격주단위별 구매청구 데이터(14년 1월~23년 5월)를 수집한 결과 실제 구매청구가 발생된 착륙계통 브레이크 조립체 구성품은 전체 대상 중 14개 품목에 대해서만 발생을 하였고, 실제 수집된 데이터를 바탕으로 14개 품목을 대상으로 선정하였다. 해당 구성품에 대한 품목정보는 [표 1]과 같이 총 14개이며, 데이터 전처리를 통해 확보한 규칙 수는 108개의 인스턴스로 구성된다.

이때 수집된 데이터를 격주 단위의 구매청구 이력 날짜정보를 기준으로 통합한 후 해당 기간에 구매청구 이력이 있으면 장바구니에 담긴 것으로 판단하여 최종 거래(Transaction) 데이터를 구성하였다.

[표 1] 데이터 셋 대상 정보

[Table 1] Data Set Item Information

순번	Category	Description
1	Main Function Item	SUB_TORQUE_TUBE
2		DISK
3		PAD
4	Sub Function Item	PLATE
5		PISTON
6		TORQUE_TUBE
7		PRESSURE_PLATE
8	Hardware	ELBOW
9		NUT
10		SPRING_BOLT
11		RIVET
12		PACKING
13		LOCK_NUT
14		INSULATOR

데이터 마이닝 분석 도구인 Weka에서 제공되는 Associate 탭에서 Apriori 알고리즘을 적용하여 연관규칙을 도출하였다. 이때 모든 규칙의 Lift 값은 1이상의 값을 지니도록 설정하였고, Support 값을 10%, 15%, 20%로 구분하여 연관규칙을 도출하였다. 또한 Support 15%로 도출된 규칙의 상위 30개, 20개, 10개 규칙을 따로 선별하여 비교하는 분석도 진행하였다.

## 4. 연구 결과

### 4.1 수리부속 구매청구 대상간 연관성 분석

먼저 Support 값이 10%일 때 130개의 연관규칙이 도출되었고 그 내용을 요약하면 [표 2]와 같다.

[표 2] 분석 결과: Support (10%)

[Table 2] Analysis Result on Support Value (0.1)

순번	Source	Target	Lift
1	PRESSURE_PLATE	SUB_TORQUE_TUBE	2.34
2	SUB_TORQUE_TUBE	PRESSURE_PLATE	2.34
3	INSULATOR	PACKING & SUB_TORQUE_TUBE	1.98
4	PACKING & SUB_TORQUE_TUBE	INSULATOR	1.98
5	PACKING & PAD	DISK & RIVET	1.94
6	DISK & RIVET	PACKING & PAD	1.94
...	...	...	...
128	PISTON	SUB_TORQUE_TUBE	1
129	INSULATOR & PACKING	PAD	1
130	PAD	INSULATOR & PACKING	1

다음으로 Support 값이 15%일 때 나타난 연관규칙은 총 38개로 [표 3]과 같다.

[표 3] 분석 결과: Support (15%)

[Table 3] Analysis Result on Support Value (0.15)

순번	Source	Target	Lift
1	RIVET	DISK & PACKING	1.46
2	DISK & PACKING	RIVET	1.46
3	DISK & PAD	RIVET	1.45
4	RIVET	DISK & PAD	1.45
5	PACKING & PAD	RIVET	1.45
6	RIVET	PACKING & PAD	1.45
...	...	...	...
36	INSULATOR	DISK	1.05
37	PACKING	PAD	1.04
38	PAD	PACKING	1.04

마지막으로 Support 값이 20%일 때 도출된 연관규칙은 총 12개로 [표 4]와 같다.

[표 4] 분석 결과: Support (20%)

[Table 4] Analysis Result on Support Value (0.2)

순번	Source	Target	Lift
1	PACKING	RIVET	1.24
2	RIVET	PACKING	1.24
3	RIVET	PAD	1.21
4	PAD	RIVET	1.21
5	INSULATOR	PACKING	1.19

6	PACKING	INSULATOR	1.19
7	DISK	RIVET	1.11
8	RIVET	DISK	1.11
9	DISK	PAD	1.1
10	PAD	DISK	1.1
11	PACKING	PAD	1.04
12	PAD	PACKING	1.04

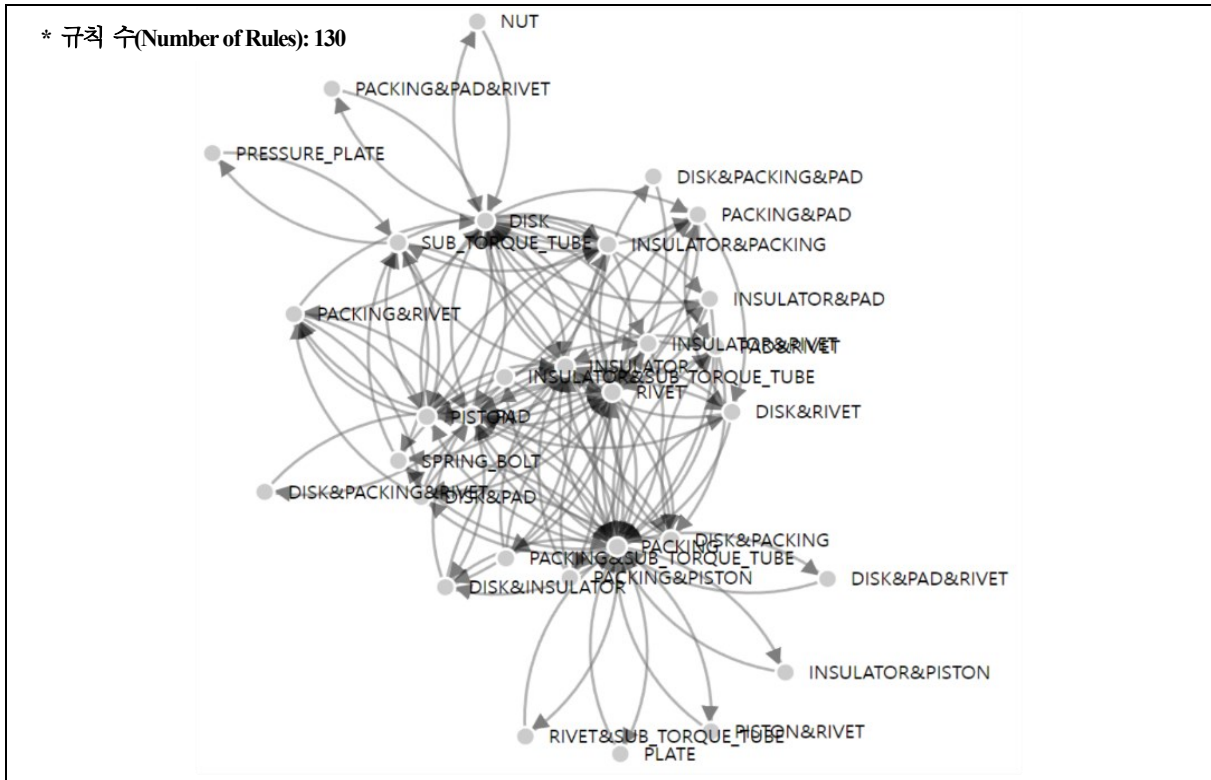
연관규칙분석 결과, Support 값을 높일수록 도출된 규칙의 수가 줄어들며 이는 Support 값이 전체 거래 중 공통으로 나타나는 연관규칙의 비율을 의미하기 때문이다. 예를 들어 Support 값이 10%일 때 총 130개, Support 값이 15%일 때 총 38개, Support 값이 제일 높은 20%의 경우 12개의 규칙이 확인되었다.

Support 값이 10%인 규칙을 살펴보면, PRESSURE\_PLATE와 SUB\_TORQUE\_TUBE에서 Lift 값이 가장 높은 2.34인 상관관계가 나타났다. 이것은 PRESSURE\_PLATE가 결함에 의해 PBL로 구매청구되면 SUB\_TORQUE\_TUBE도 PBL로 구매청구될 확률이 높음을 보여준다. 이들은 반드시 함께 관리되어야 할 수리부속으로 판단되며 사전 재고로 확보할 필요성이 높은 것을 의미한다. 그 반대의 경우도 동일한 상관관계를 가지며 확보 필요성을 지지하는 것으로 판단할 수 있다. Support 값이 15%인 규칙을 살펴보면, RIVET와 DISK 및 PACKING에서 Lift 값이 가장 높은 1.46인 상관관계가 나타났다. 이것 또한 RIVET 결함에 의해 PBL로 구매청구가 될 때 DISK 및 PACKING도 PBL로 함께 구매청구될 확률이 높음을 의미하며, 반드시 필요한 수리부속으로 판단하여 사전 재고로 확보할 필요성이 높은 것을 의미한다. 그 반대의 경우도 동일한 상관관계를 가지며 확보 필요성을 지지하는 것으로 판단할 수 있다. 마지막으로 Support 값이 20%인 규칙을 검토한 결과, PACKING과 RIVET가 Lift 값이 가장 높은 1.24의 상관관계를 보여주는 것으로 나타났다. PACKING 결함에 의해 PBL로 구매청구가 될 때 RIVET 또한 구매청구될 확률이 높고 사전 재고로 확보할 필요성이 있다는 것을 의미한다. 이러한 연관규칙분석에서 보여지는 규칙의 연관성을 기준으로 착륙계통 브레이크 조립체 구성품들 간에 반드시 함께 재고로 확보해야 하는 품목 대상이 무엇인지 확인할 수 있으며 이를 바탕으로 효율적인 관리 운용 방안 마련이 가능해진다.

#### 4.2 연관규칙 분석 결과에 따른 시각화

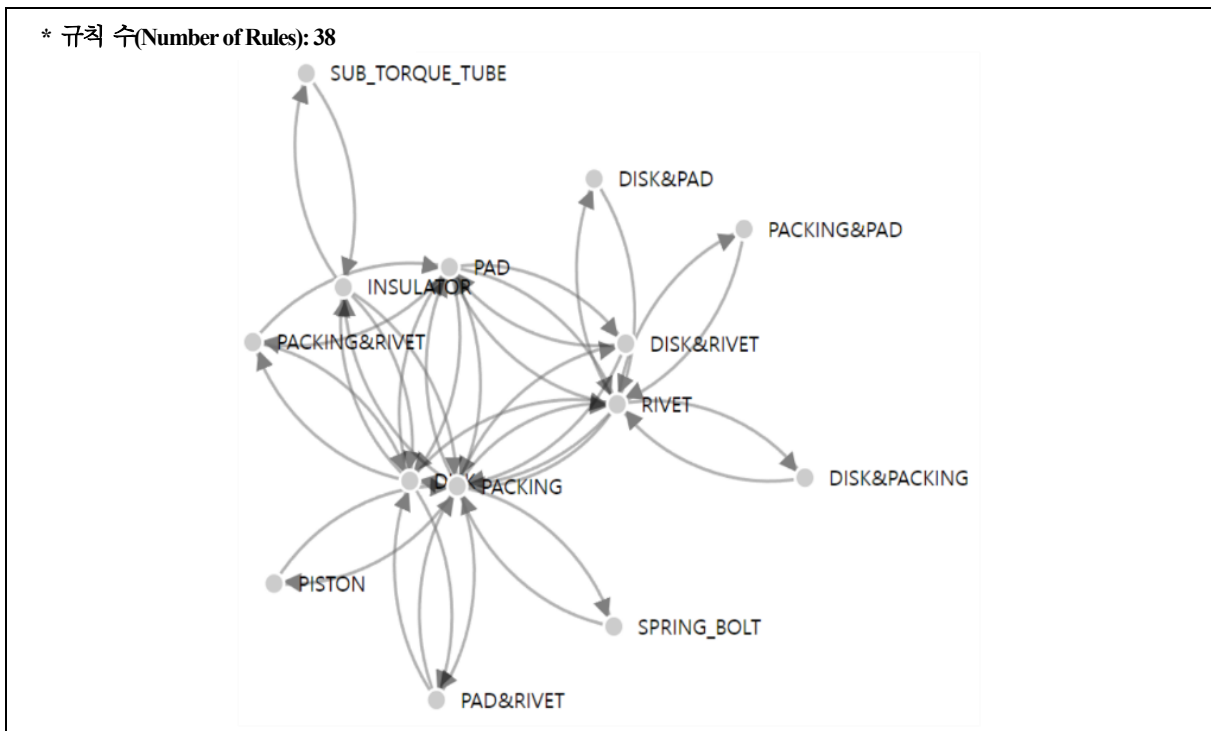
본 연구에서는 [그림 2], [그림 3], [그림 4]와 같이 자바스크립트 기반의 라이브러리인 D3(Data Driven Documents)를 활용하여 최종 거래 데이터로부터 도출된 연관규칙들을 네트워크 형태로 시각화 하였다. Weka에서 분석된 규칙들은 텍스트 형태로 표현되는 데이터를 D3에서 읽어 들일 수 있는 정형데이터 형태로 변환하기 위하여 Java로 파서를 구현하여 시각화에 활용하였다. [그림 2]에서 확인된 시각화 결과를 기준으로 구성품들 간의 구매청구에 대한 상호관계를 확인할 수 있다. [그림 2]의 Support 10%에 대한 결과를 살펴보면, 브레이크 조립체 구성품 간 DISK, INSULATOR, RIVET, PACKING 및 SUB\_TORQUE\_TUBE 등이 중심 노드로 작용하며, 다른 구성품들과 네트워크를 구성하고 있는 것을 보여준다. 또한 PISTON과 PAD도 중요 노드의 역할을 하는 것을 알 수 있다.





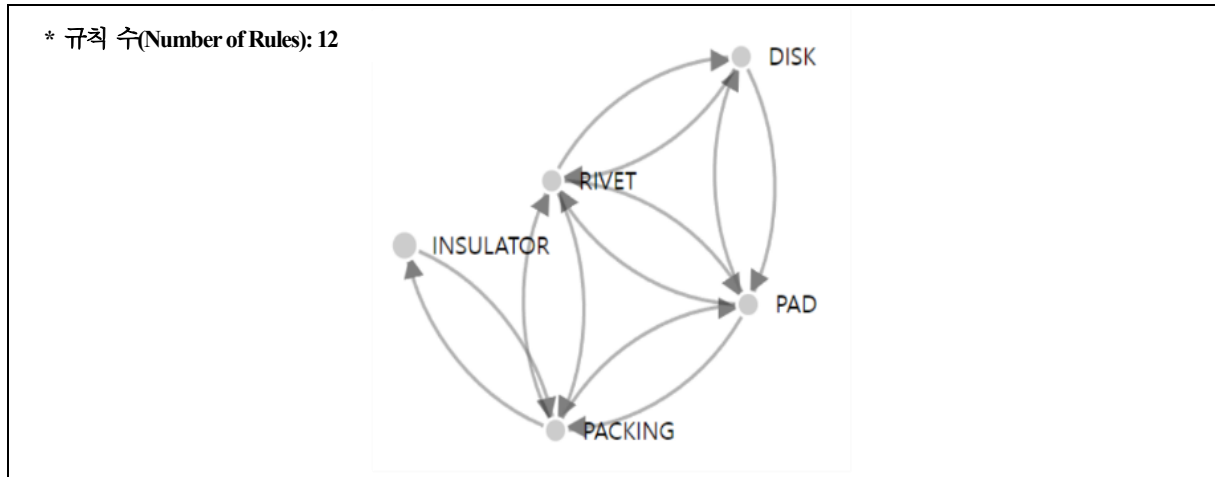
[그림 2] 지지도(Support) 값: 10% 일 경우 시각화 결과

[Fig. 2] Visualization based on support values: 10%



[그림 3] 지지도(Support) 값: 15% 일 경우 시각화 결과

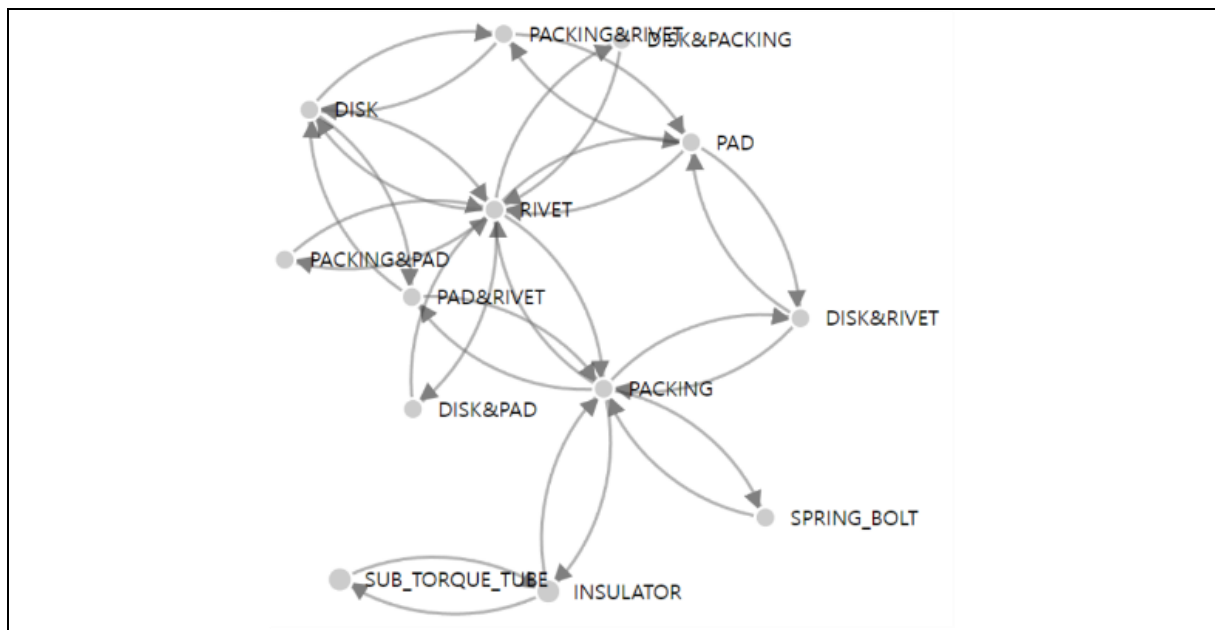
[Fig. 3] Visualization based on support values: 15%



[그림 4] 지지도(Support) 값: 20% 일 경우 시각화 결과

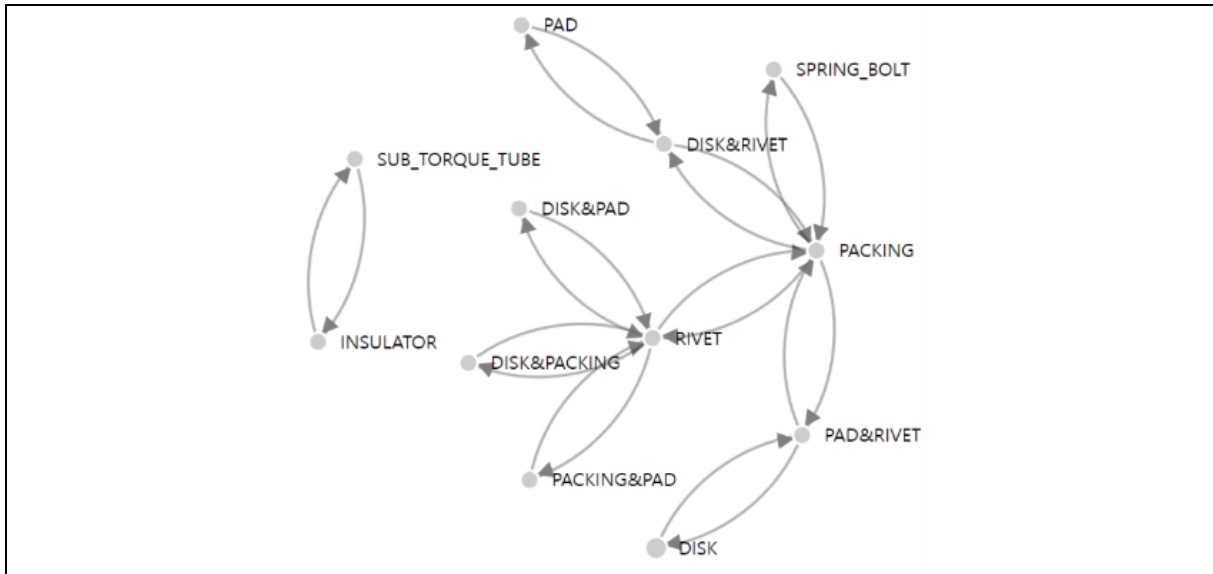
[Fig. 4] Visualization based on support values: 20%

[그림 3]의 Support 15%에서는 PACKING 과 RIVET, INSULATOR가 중심 노드 역할을 하고 있으며, [그림 4]의 Support 20%에서도 PACKING과 RIVET가 주요 노드로 다른 구성품들과 연결되어 있다. 시각화 결과를 토대로 고객(한국공군)이 KT-1 및 KA-1 항공기를 운영하면서 브레이크 조립체 구성품들 중 결함으로 인해 가장 많이 구매청구하고 확보하는 대상이 PACKING 과 RIVET임을 알 수 있었고, 이와 같은 구성품들은 사전에 필수 확보하여야 하며, 항공기 운영가동률 확보와 PBL 성과향상을 가져다주는 새로운 관리 기준으로 활용할 수 있다.



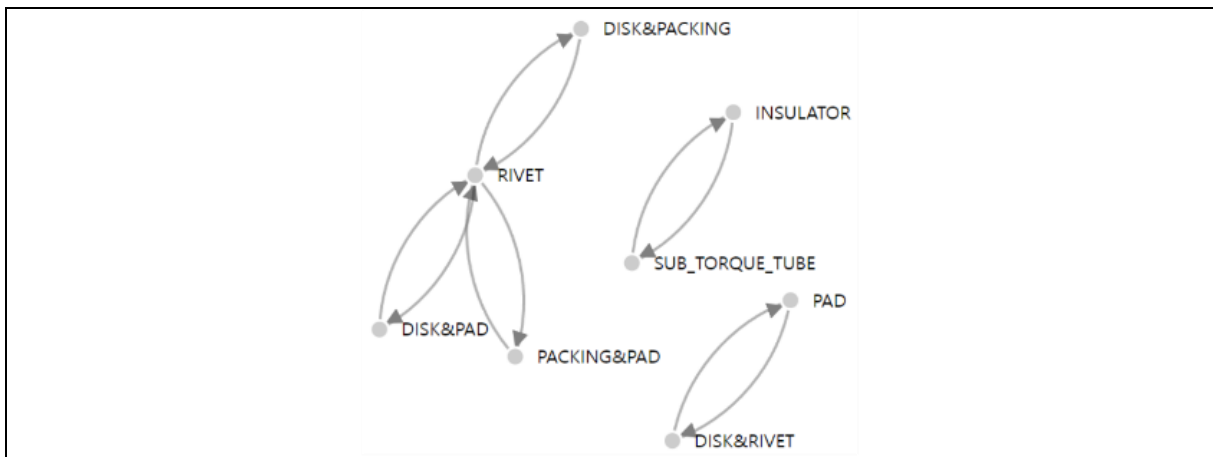
[그림 5] 상위 30개 규칙에 따른 시각화 결과 (지지도(Support) 값: 15% 기준)

[Fig. 5] Visualization based on the number of Top 30 rules (support value: 0.15)



[그림 6] 상위 20개 규칙에 따른 시각화 결과 (지지도(Support) 값: 15% 기준)

[Fig. 6] Visualization based on the number of Top 20 rules (support value: 0.15)



[그림 7] 상위 10개 규칙에 따른 시각화 결과 (지지도(Support) 값: 15% 기준)

[Fig. 7] Visualization based on the number of Top 10 rules (support value: 0.15)

본 연구에서는 브레이크 조립체 구성품들 중에서 특정 Support 값에서 나타난 연관규칙들을 Lift 값을 기준으로 상위 N개로 표현된 연관규칙을 시각화하는 분석을 추가로 진행하였다. [그림 5], [그림 6], [그림 7]은 특정 Support 값 15%를 기준으로 시각화 표현된 분석 결과를 보여준다. 브레이크 조립체 구성품들에 대한 상위 30개의 연관규칙에서는 모든 규칙들이 서로 연결되어 있지만, 상위 10개의 규칙으로 표현되면 ‘SUB\_TORQUE\_TUBE↔INSULATOR’, ‘PAD↔DISK&RIVET’, 그리고 ‘DISK&PACKING↔RIVET, RIVET↔DISK&PAD, PACKING&PAD↔RIVET’와 같이 3개의 그룹으로 네트워크가 구성된 것을 확인할 수 있다.

이를 토대로 상위 10개의 연관규칙에서 나타난 부품들을 우선적으로 관리하면서 그 관리 대상을 상위 20개, 30개로 점차 확대하는 전략 마련이 필요하다.

### 4.3 KT/A-1 항공기 수리부속 관리 및 재고확보 방안

연관규칙 분석을 통해 한국공군이 운영하고 있는 KT-1 및 KA-1 항공기에 대한 구매청구 데이터를 분석한 결과 착륙계통 브레이크 조립체 구성품 간에는 결합으로 인한 구매청구 발생 시 반드시 ‘PACKING’ 과 ‘RIVET’에 대한 구매청구가 필수적으로 발생을 하는 것을 확인할 수 있다. 또한 Support 값을 15%로 고정하고 분석한 결과, 상위 10개의 규칙에서도 ‘PACKING’과 ‘RIVET’에 관한 연관규칙이 빈번하게 발생하는 것이 확인됨에 따라 한국공군과 KAI가 KT/A-1 항공기 PBL 운영시 해당 착륙계통 브레이크 조립체에 대한 효율적인 수리부속 관리를 위해 ‘PACKING’과 ‘RIVET’은 반드시 사전 재고로 확보해 둬으로써 적기 군수보급 지원을 통한 항공기 운인가동률 및 PBL 성과 향상을 예측할 수 있다. 여기에 추가로 발견된 여러 연관규칙들 또한 적절히 활용 가능하다. 본 연구에서 적용한 특정 계통 외 다른 주요 계통 구성품을 대상으로 장바구니 분석을 확대할 경우 다수의 연관성 있는 구매청구 패턴 분석이 가능하며, 재고 필수 확보 대상 확대하여 확정 지을 수 있다. 확정된 필수 확보 대상을 중심으로 KT/A-1 항공기의 수리부속 운영에 있어 좀 더 효율적인 구매 및 재고 관리가 가능할 것으로 기대된다.

## 5. 결론

본 연구는 한국공군이 운영하는 KT/A-1 항공기의 특정 계통 구성품들이 결합 발생에 따라 필요 수리부속을 구매 청구하는 과정에서 보여주는 연관성 있는 구매청구 패턴을 확인할 수 있었으며, 도출된 구매청구 패턴을 통해 고객이 장바구니에 동시 구매하여 담는 것으로 비유되는 구매청구 품목들 간 상호 연관성이 있음을 확인한 것에 시사점을 가진다. 따라서 분석 적용한 착륙 계통 외 다른 주요 계통 구성품을 대상으로 연관규칙 분석을 확대할 경우 다수의 연관성 있는 구매청구 패턴 분석이 가능하며, 시각화를 통한 구성품간의 연관성을 보여줌으로써 재고 필수 확보 대상을 확대하여 확정 지을 수 있으며, 확정된 필수 확보 대상 중심의 구매와 재고 관리를 바탕으로 KT/A-1 항공기의 효율적 수리부속 운영이 가능할 것으로 기대가 된다. 또한 상호 연관성 있는 구매청구 패턴은 구매청구 필수 확보 대상을 예측 가능하게 하여 KT/A-1 항공기 외 다른 국산 항공기로 확대시 수리부속 재고확보 방안을 분석, 제안하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 구매청구의 기준이 각각의 계통별 관리주체인 고객(한국공군)의 IM(Item Manager)의 주관성이 많이 반영됨에 따라 구매청구 패턴을 기준으로 도출된 연관규칙들이 다른 IM이 관리하는 타 계통에서는 유사하게 발생하지 않을 수도 있다는 점은 향후 해결해야 할 부분으로 생각된다. 향후에는 대상 항공기 및 대상 품목 추가를 통해 특정 계통 일부 대상이 아닌 국산 항공기 전반에 걸쳐 연구를 확대함으로써 결합 발생에 따른 여러 주요 계통의 수리부속 전반에 연관규칙 분석을 실시하여 좀 더 의미 있는 연관규칙을 도출, 이를 활용한다면 재고 필수 확보 대상을 예측할 때 좀 더 효율적인 국산 항공기 수리부속 운영관리 및 재고확보 방안 제시가 가능할 것으로 판단이 되며, 이로 인해 항공기 목표 운인가동률을 보장할 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- [1] J. H. Park, J. M. Ma, The Impact of P-3 Essential Assemblies on Operational Availability, Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, (2019), Vol.22, No.3, pp.416-424.

DOI: <http://dx.doi.org/10.9766/KIMST.2019.22.3.416>

- [2] M. K. Park, J. G. Baek, Demand Forecast of Spare Parts for Low Consumption with Unclear Pattern, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, (2018), Vol.21, No.4, pp.529-540.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.9766/KIMST.2018.21.4.529>
- [3] <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>, Sept 7 (2023)
- [4] J. D. Kim, H. J. Lee A Study on Forecasting Spare Parts Demand based on Data-Mining, *Journal of Internet Computing and Services*, (2017), Vol.18, No.1, pp.121-129.  
DOI: <http://doi.org/10.7472/jksii.2017.18.1.121>
- [5] T. G. Kim, J. M. Ma, A Data Mining Approach for Intermittent Demand Forecasting of Aircraft Spare Parts – Focusing on the E-737 (AEW&C: Airborne Early Warning & Control) Spare Parts, *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, (2018), Vol.16, No.4, pp.155-164.  
DOI: <https://doi.org/10.30529/amsok.2018.16.4.008>
- [6] F. B. Gurucu, Artificial Neural Network Modeling for Forecasting Gas Consumption, *Energy Sources*, (2004), Vol.26, No.3, pp.299-307.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/00908310490256626>
- [7] M. N. Jalil, R. A. Zuidwijk, M. Fleischmann and J. A. Nunen, Spare Parts Logistics and Installed Base Information, *Journal of the Operational Research Society*, (2010), Vol.62, No.3, pp.442-457.  
DOI: <https://doi.org/10.1057/jors.2010.38>
- [8] R. Agrawal, T. Imielinski and A. Swami, Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases, *ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, (1993), Vol.22, No.2, pp.207-216.  
DOI: <https://doi.org/10.1145/170036.170072>
- [9] H. G. Shmueli, N. R. Patel and P. C. Bruce, *Data Mining for Business Intelligence: Concepts, Techniques, and Applications in Microsoft Office Excel with XLMiner*, Wiley, (2010)
- [10] J. W. Kim, K. M. Lee, Application of Market Basket Analysis to Personalized Advertisements on Internet Storefront, *Journal of Korean Management Science Review*, (2000), Vol.17, No.3, pp.19-30.  
UCI(KEPA): I410-ECN-0101-2009-325-012430769
- [11] E. S. Won, S. Y. Kim, An Analysis of Consumers Purchasing Patterns for Fresh Food Products Using Association Rules, *Journal of Agriculture & Life Science*, (2020), Vol.54, No.4, pp.111-122.  
DOI: <https://doi.org/10.14397/jals.2020.54.4.111>
- [12] Y. J. Joo, A Trade Strategy in Stock Market using Market Basket Analysis, *Journal of Information Technology Applications and Management*, (2002), Vol.9, No.4, pp.65-78.  
UCI : G704-000870.2002.9.4.008
- [13] Y. H. Hong, H. J. Kim, Comparative Analysis of Issues of Consumer Interest in Busan Osiria Tourism Complex Using Big Data: Focusing on COVID-19 During and After Social Distancing, *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, (2023), Vol.3, No.3, pp.85-94.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.47116/apjcri.2023.03.08>
- [14] H. M. Kang, Skin Awareness Analysis using Big Data: Focusing on News and Blog, *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, (2023), Vol.9, No.5, pp.139-148.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.47116/apjcri.2023.05.12>
- [15] C. Y. Jung, J. Y. Lee, A Study on Outworn Aircraft Management Scheme Using Market Basket Analysis, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, (2010), Vol.13, No.1, pp.7-83.  
UCI: G704-001584.2010.13.1.003
- [16] M. U. An, E. S. Won, S. Y. Kim, D. H. Yoo, Development of Sales Strategies for Agricultural Products Using Lift-based Association Rules Network: A Focus on Large Supermarkets and Traditional Markets, *Journal of Korea Internet E-Commerce Association*, (2019), Vol.19, No.3, pp.105-127.  
DOI: <http://doi.org/10.37272/JIECR.2019.06.19.3.105>