



Received: 2021/02/25
Revised: 2021/03/10
Accepted: 2021/03/26
Published: 2021/03/31

***Corresponding Author:**

Jeong-Seo Park

33021 Graduate School of Defense Management,
Korea National Defense University, 1040,
Hwangsanbul-ro, Yangchon-myeon, Nonsan-si,
Chungcheongnam-do, Republic of Korea

Tel: +82-41-831-5323

Fax: +82-2-748-7588

E-mail: jeongseoya@gmail.com

해군 계획정비제도 (PMS)의 소요공시 적절성에 관한 연구

A Study on the Appropriateness of Time Required for PMS by ROK Navy

최진우¹, 박정서^{2*}, 조원영³, 정성규⁴, 최종수⁵

¹해군소령/국방대학교 국방관리대학원 박사과정

²해군소령/국방대학교 국방관리대학원 석사과정

³해군소령/대한민국 해군 잠수함사령부 92해상전대 박위함 기관장

⁴해군소령/대한민국 해군 잠수함사령부 97해상전대 흥범도함 기관장

⁵해군중령/대한민국 해군 잠수함사령부 909교육훈련전대 1대대장

**Jin-Woo Choi¹, Jeong-Seo Park^{2*}, Won-Young Cho³, Seong-Kyu Jeong⁴,
Jong-Su Choi⁵**

¹ROKN LCDR/Ph.D. Candidate, Graduate School of Defense Management,
Korea National Defense University

²ROKN LCDR/M.D. Candidate of Graduate School of Defense Management,
Korea National Defense University

³ROKN LCDR/Chief Engine Officer, SS-065, 92 Squadron, Submarine Force
Command, ROK Navy

⁴ROKN LCDR/Chief Engine Officer, SS-079, 97 Squadron, Submarine Force
Command, ROK Navy

⁵ROKN CDR/1st Battalion Commander, 909 Squadron, Submarine Force
Command, ROK Navy

Abstract

해군은 함정의 정격성능 유지를 위해 승조원이 직접 장비를 정비하는 계획정비제도(PMS)를 수행중이다. PMS를 수행하는데 필요한 시간(공시)은 승조원의 능력에 따라 다르다. 정비능력은 정비 경험이나 개인의 능력에 따라 차이가 발생할 수 있고, 해군의 교육정책으로 수준이 과거와 다를 수 있다. 본 연구에서는 PMS의 실제 정비 소요시간을 조사하여 현행 PMS의 문제점을 도출하고 발전방향을 제시한다.

The Navy is operating a planned maintenance system (PMS). This is a system in which the crew directly maintains the equipment to maintain the ship's performance. The time required to perform the PMS depends on the crew's capabilities. Maintenance capacity may vary depending on maintenance experience or individual capabilities, and the Navy's education system make difference to maintenance capabilities. In this study, actual maintenance time was investigated. It draws out the problems of the current PMS and suggests the direction of development.

Keywords

계획정비제도 (Planned Maintenance System),
승조경력(Experience),
정비능력(Maintenance Capability),
베이지안 추정(Bayesian Estimation)

1. 서론

정비지침페이지는 PMS 수행의 기준이 된다. 여기에는 해당 정비를 위해 필요한 계급별 인원수가 규정되어 있다. 예를 들어, A정비의 필요인원은 “상사1명의1공시, 중사2명의2공시”와 같은 형식으로 규정되어 있다. 인원수와 소요공시는 계급별로 구분되며 이는 계급별로 정비경력이 유사하기 때문이다. 그러나 정비능력을 상수로 정하는 것은 논리적으로 모순된다. 정비능력은 개인의 능력이나 성향 등의 영향을 받을 수 있으므로 개인별로 다를 수 있다. 정비능력은 정비 소요시간에 직접적인 영향을 미친다. PMS 제도에서 정비지침페이지에 규정된 공시와 다르게 정비를 수행하면 행정적인 문제가 발생한다. A정비수행시 상사1명, 중사2명이 각각1공시가 아니라 0.5공시씩을 사용하여 정비를 수행한 경우를 생각해볼 수 있다. 이들은 정비능력이 출중하여 빠르게 정비를 수행했고, 나머지 0.5공

시의 시간 동안 다른 정비를 수행할 수 있다. 그러나 현행 PMS에서 남은 0.5공시를 활용하여 다른 정비를 수행한다면 이는 처벌의 대상이 된다. 군의 하루 일과는 8시간이다. 즉, 규정에 따라 PMS는 일일 최대 8시간만 수행 가능하다. PMS 결과를 정보체계(군수통합 정보체계)에 입력해야 하나, 8시간이 초과하는 정비를 입력하면 검열시 지적의 대상이 된다.

우리나라는 정책적으로 기초교육을 강화시켜왔다. 과거와 달리 최근 입대하는 군인들은 최소 고등학교 정규과정을 마쳤고, 대학교를 졸업한 사람들도 많다. 이들의 수학 능력은 과거보다 낮다고 할 수 없다. 한편 해군은 자체적으로 교육 정책을 발전시켜왔다. 전문가(정비부서 근무 군무원이나 관련 업체 근무자)로부터 정비교육을 받기도 하며, 교육부대는 실물 장비를 이용하여 실습할 수 있는 시스템을 갖추고 있다. 따라서 현 시대의 승조원은 과거에 비해 기본적인 정비 능력이 뛰어날 가능성이 있다. 다시 말하면 정비지침페이지에 규정된 공시는 실제 필요한 공시보다 크게 규정되어 있을 수 있다.

본 연구에서는 실제로 PMS를 수행하는 부사관 계층 승조원과 이들을 관리하는 장교 계층 승조원을 대상으로 설문을 수행하였다. PMS 항목을 제시하고 실제 정비 수행에 소요되는 공시, 계급별 인원, 계급별 인원의 정비경력(함정 근무 경력) 등을 조사하였다. 설문 데이터를 베이지안 통계를 이용, 분석하여 PMS의 실제 정비 공시를 도출하였다.

2. PMS 소요공시 적절성에 대한 설문조사

설문은 000급 000함 등 함정 3척과 육상 근무중인 내연기관 관리 승조원 19명을 대상으로 실시하였다. 설문 대상자의 현황은 Table 1과 같다.

Table 1. Survey target

계급	승조경력 (년)						계
	0-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20 이상	
장교	-	-	-	1	-	-	1
원/상사	-	-	-	-	3	1	4
중/하사	2	5	5	2	-	-	14
계	2	5	5	3	3	1	19

설문은 2021년 2월 15일 ~ 2월 24일까지 10일간 실시되었다. 설문지에는 PMS 정비지침페이지 예시가 3개 항목

포함되어 있다. 피설문자들은 정비지침페이지를 보고 해당 정비 수행에 실제 소모되는 시간을 작성하였다. 설문 대상 PMS는 정비 수행주기에 따라 5가지 항목(weekly, monthly, quarterly, semi-annually, requirement)을 제시하였다. Weekly(W건)에 해당하는 항목은 매주 1회 이상 실시해야 하는 항목이다. 수행 빈도가 잦으므로 승조원의 정비 숙련도가 높은 항목이라고 할 수 있다. Semi-annually(S건)에 해당하는 항목은 반년에 1회 이상 수행하는 항목이다. 수행 빈도가 잦다고 할 수 없으므로 승조경력에 따라 정비 숙련도의 차이가 발생할 수 있는 항목이라고 할 수 있다. Monthly(M건)와 quarterly(Q건)는 각각 월, 분기에 해당하는 정비항목으로 weekly와 S건의 중간 정도의 빈도로 실시한다. Requirement(R건) 항목은 장비 작동상황에 따라 정비 주기가 바뀐다. 본 설문에 활용된 R건의 주기는 약 4개월이다.

PMS는 공시 기준이 모두 다르다. 같은 장비임에도 불구하고 정비 난이도에 따라 정비 인원이 다르고, 정비 시간도 다르게 규정되어 있다. 본 연구에서는 정비에 필요한 계급에 대해서는 고려하지 않고, 정비 시간만을 고려하였다. PMS 항목별 설문 응답결과는 Table 2와 같다. 응답 결과는 비율 공시를 적용하였다. 예를 들어, W건에 대한 응답을 0.2라고 했다면 0.4(응답결과/기준공시 = 0.2 / 0.5)가 된다. 비율 공시 적용시 향후 설문에 활용되지 않은 다른 PMS의 소요공시를 추정할 수 있다.

Table 2. Results for survey

정비 주기	기준공시 대비 비율			
	해당계급		상위계급	
	평균	편차	평균	편차
W	0.5333	0.2422	0.8154	0.2882
M	0.3778	0.3692	0.8500	0.2901
Q	0.6095	0.4271	0.4998	0.1926
S	0.7857	0.3231	0.8333	0.2887
R	0.6220	0.3233	1.1666	0.2357
계	0.6665	0.2933	0.8188	0.2400

설문결과 R건을 제외한 모든 정비 항목의 실제 정비 시간이 평균적으로 정비지침페이지의 규정 공시보다 짧다고 답하였다. 예를 들어, M건의 경우 해당계급의 평균은 0.3778로 0.5667공시에 해당 정비를 완료할 수 있다고 대답하였다. Q건의 해당 계급에서 답변한 평균시간은 상위계급이 바라는 평균시간보다 크다.

본 연구에서는 PMS 해당계급과 상위계급의 차이를 고려한 정비 소요시간을 도출하기 위해 PMS 항목별 분석은 수행하지 않았다. 5가지 PMS 항목의 평균과 편차만을 분석에 활용하였다. PMS 해당 계급의 평균과 편차는 각각 0.6665, 0.2933이다. 이는 정비지침페이지에 규정된 공시의 약 66.65 % 시간으로 해당 정비를 수행할 수 있다는 의미가 된다. 이때 소요 공시의 범위 설문결과와 편차인 37.32 % - 95.98 %가 된다. 상위 계급자가 바라본 PMS 평균 소요 시간은 정비지침페이지 규정 공시의 약 81.88 %이고, 범위는 57.88 % - 105.88 %였다. 상위 계급자는 PMS를 수행하는 해당 계급자에 비해 공시가 많이 소요된다고 판단하는 경향이 있었다.

3. 실제 PMS 소요공시 추정

3.1 PMS 소요공시 분포 추정

정비 소요시간은 시간에 대한 연속 분포이므로 분포의 후보로 정규, 감마, 와이블 분포를 선정하고, MLE(maximum likelihood estimate) 추정 방법으로 최적 분포를 도출하였다. MLE는 충분통계량(sufficient statistics)을 기반으로 우도(likelihood)를 도출하고, 데이터를 가장 잘 설명하는 모수를 도출한다[1]. 도출결과 PMS 해당 계급은 감마분포($\alpha = 5.17, \theta = 0.12$), 상위계급은 정규분포($\mu = 0.82, \sigma = 0.23$)에서 정비 소요시간을 가장 잘 나타내었다. Fig. 1은 MLE 추정된 정비 소요시간의 분포이다.

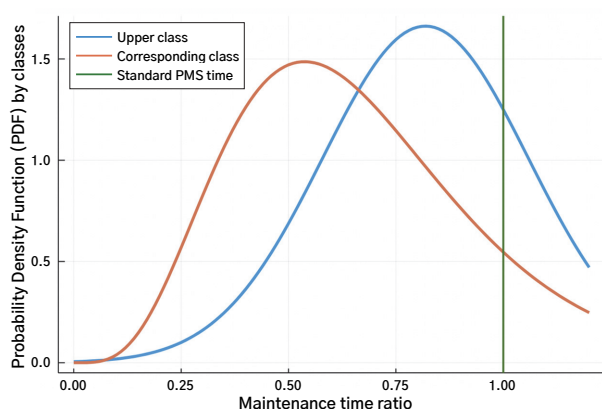


Fig. 1. Distribution of required PMS time ratio

Fig. 1의 파랑색 선은 상위 계급자가 바라보는 PMS 정비 소요시간 비율이고, 주황색 선은 PMS 수행 해당 계급자의 정비 소요시간 비율이다. 초록색 선은 정비지침페이지에

규정된 기준이다. 두 계급층의 분포는 서로 차이가 있다. 두 분포에 차이가 발생하는 이유는 해군의 교육 정책 강화로 인한 정비능력 향상 등 여러 가지 이유가 있을 수 있다.

3.2 베이저안 모델 구축

두 분포를 공통적으로 설명하기 위해 본 연구에서는 베이저안 통계를 활용하였다. 베이저안 분포는 분석가의 생각이나 사전정보를 사전분포(prior)에 자유롭게 반영할 수 있다. 이를 데이터에 반영함으로써 유의미한 사후분포(posterior)를 도출할 수 있다[2]. Fig. 1의 상위계급자(upper class) 분포는 사전분포에 해당한다. 상위계급자는 과거에 해당 PMS를 수행하였거나, 관리해온 계층에 해당한다. 따라서 상위 계급자의 분포는 해당 PMS 소요시간에 대한 경험에 따른 기대 수준이라고 할 수 있다. 두 번째 사전분포는 해당계급자(corresponding class)의 분포이다. 해당계급자의 분포는 실제로 PMS 정비 수행에 소모되는 시간에 대한 분포이다. 두 사전분포에 가중치를 반영하여 합해진 형태를 결합하면 사후분포가 된다. 가중치는 설문 인원 비율로 설정하였다. 설문조사에서 상위 계급자의 응답수는 총 34개이고, 해당 계급자의 응답수는 총 52개이다. 따라서 첫 번째 사전분포에 60.47(52/86), 두 번째 사전분포에 39.53(34/86)의 가중치를 부여하였다. 우도함수(likelihood)는 데이터의 분포가 된다. 설문의 답변은 총 27개이다. 사전분포의 모수들을 적용한 가중합의 식에 설문 답변을 우도함수(likelihood)로 적용하여 PMS 소요시간의 사후분포를 도출할 수 있다. 베이저안 모델 구축에는 통계언어 Stan을 사용하였다. Stan은 HMC(Hamiltonian Monte Carlo)라는 MCMC(Monte Carlo Markov Chain) 알고리즘을 사용한다. HMC는 MH(Metropolis-Hastings)를 사용하는 일반적인 MCMC에 비해 높은 강건성(robust)을 가지며, 수렴속도(convergence)가 빠르다는 장점이 있다[3]. 위 내용을 베이저안 모델식(식 (1))으로 구축하였다.

Corresponding – Gamma (5.1716, 0.1288)

Upper – Normal (0.8188, 0.2400)

$$\text{Maintenance time} = 0.6047 * \text{Corresponding} + 0.3953 * \text{Upper} \quad (1)$$

Y – Normal (Maintenance time, std)

식 (1)에서 ‘Corresponding’은 해당 계급자의 분포, ‘Upper’는 상위 계급자의 분포이다. ‘Maintenance time’은 두 분포가 가중합된 형태로 모델의 사후분포이다. 사후분포를

평균으로 가지는 정규분포 'Y'는 설문 답변 우도함수가 되며, 이 값이 실제 설문 답변 데이터와 비교되어 모수가 추정된다. Stan으로 구현된 식 (1)을 프로그래밍 언어 Python으로 구현하여 결과를 도출하였다.

3.3 결과분석

Stan으로 구현된 식 (1)을 프로그래밍 언어 Python으로 구현하여 결과를 도출하였다. Fig. 2는 모델의 수렴진단 (divergence) 결과이다. HMC 체인은 8개로 설정하였으며, 시각적으로 수렴하고 있음을 알 수 있다.

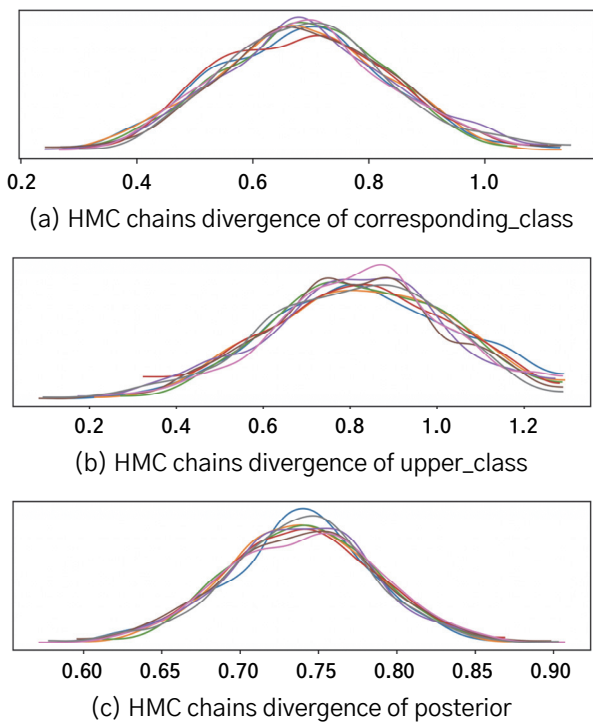


Fig. 2. Divergence test by parameter

Fig. 3은 모델의 사후분포이다. Fig. 3에서 사전분포들은 사후분포를 추정하는 과정에 사용되는 임의의 추출된 샘플 (random sampling)들의 분포에 해당한다. 'Maintenance_Time'는 식 (1)의 두 사전분포의 가중합의 분포이며, 사후분포가 된다. 다시 말하면 PMS 해당계급의 소요시간 비율과 상위계급이 바라보는 소요시간의 비율에 가중치를 부여하여 합한 결과가 된다. 평균적으로 정비지침페이지의 기준공시의 74% 정도의 시간으로 해당 PMS를 수행할 수 있다는 의미가 된다. 94% 신뢰구간은 65% - 83%이다. 이는 승조원의 94%가 해당 구간에 속한다는 의미가 된다. 일반적인 베이지안 통계 분석 과정은 사전분포가 데이터를 통해 정교해지는(shrinkage) 과정이므로 사후분포의 신뢰

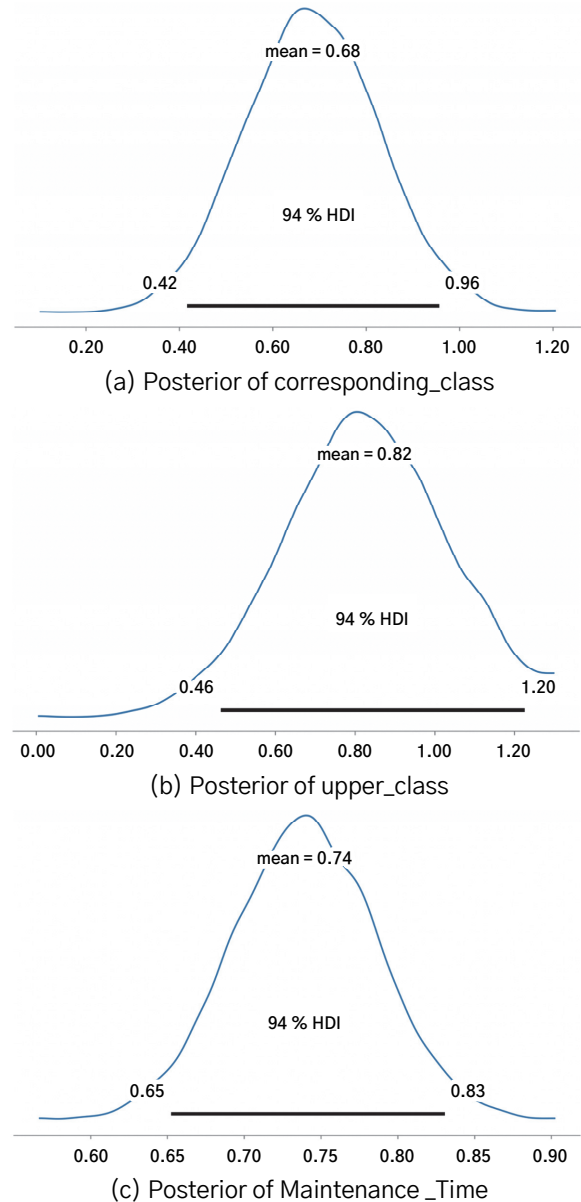


Fig. 3. Posteriors

구간 범위는 사전분포보다 좁다. 단, 본 모델의 사후분포는 사전분포들의 신뢰구간보다 좁음에도 불구하고, 범위 자체로서 좁다고 할 수 없다. 이는 승조원들의 정비능력 차이로 해석할 수 있기 때문이다. 정비능력이 뛰어난 승조원과 부족한 승조원의 능력차이가 18%라는 것은 작은 차이가 아니라고 판단된다. 신뢰구간이 더 좁아지지 못하는 이유는 설문 데이터의 부족 때문으로 해석할 수 있다. 일반적으로 데이터 평균의 분포는 중심극한정리(Central Limit Theory)에 의해 정규분포 형태가 되며 분산은 작아지는 경향이 있다. 본 연구의 설문 데이터는 19명에 해당하는 값으로 매우 적은 편이다. 설문 대상이 많아질수록 사후분포의 평균으로 신뢰구간이 집중될 것으로 보인다.

현행 PMS 제도에서 하루 최대공시는 최대 8시간이다. 사후분포의 결과를 반영하였을 때 평균(0.74)적으로 하루에 10.81시간에 해당하는 정비를 수행할 수 있다. 신뢰구간은 9.64~12.31시간(65% - 83%)에 해당한다. 신뢰구간의 분산이 크지만 모든 범위가 현 기준인 8시간 이상에 해당된다. 이는 94% 이상의 승조원이 8시간이 일일 공시로 과도하다고 판단하고 있다고 해석할 수 있다.

설문조사에서 현행 PMS의 공시 적정설에 대한 질문에는 ‘사람마다 다르다’가 16명(84.2%), ‘정비지침페이지의 공시가 과도하게 잡혀있다’가 10명(50.6%), ‘공시는 적절하게 잡혀있다’가 4명(21.1%)이었으며, ‘현 공시로 부족하다’는 2명(10.5%)에 불과했다. 기타 의견으로 ‘PMS 공시도 문제가 되지만, PMS도 많고 함 일정도 너무 많다’라는 의견이 있었다.

정비는 노동행위에 해당하고, 사람이 하는 일이다. Oliva[4]는 실험을 통해 사람이 하는 일은 일정압력(schedule pressure)이 강해질 때 최대 25%까지 속도가 빨라진다고 주장하였다. 이는 실험 데이터 바탕의 시스템 다이나믹스 시뮬레이션으로도 밝혀진 바 있다. 그러나 일정압력으로 빨라진 속도는 업무 오류도 증가시켰다[5]. 설문조사 내용중 ‘함 일정이 너무 많다’라는 말은 일정압력이 많이 가해지고 있으며, 내재적인 오류가 많이 발생하고 있다는 의미로 해석할 수 있고, 잠재적으로 고장이 발생할 가능성이 커진다고 추론할 수 있다.

4. 결론

현행 PMS 제도는 하루 공시 8시간을 규정하여 초과 능력을 가진 승조원의 정비행위를 제한하고 있다. 본 연구에서는 승조원의 경험을 바탕으로 한 설문을 통해 실제 필요한 PMS 공시를 조사하고, 해당 계급과 상위 계급(관리자 계급 포함)의 의견을 베이지안 통계 분석하였다. 통계 분석 결과의 신뢰구간은 모두 현행 8시간 이상의 정비 업무를 할

수 있다는 방향에 포함되었다. 본 연구모델은 PMS 실제 소요공시 분석뿐만 아니라 정비창 수리업무 공시 산정에 그대로 적용 가능하다. 정비창의 공시 산정으로 확대시 계획 정비 기간이 단축될 가능성이 높다. 이는 함정 가동률에 직접적인 영향을 미치므로 향후 연구되어야 할 과제이다. 한편 무조건적으로 빠르게 수행하는 정비는 오류를 증가시킬 수 있으므로 정비 속도는 적정 수준을 유지해야 한다.

군은 승조원의 PMS 정비 능력 수준을 재평가할 필요가 있다. 8시간이라는 상수로 정해진 규정보다는 현재 승조원의 정비능력을 판단하여 일일 정비 허용범위를 넓혔을 때 유연한 함정 정비가 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

지금 이 시간에도 묵묵히 많은 함 일정과 정비 업무를 수행하고 계신 대한민국 해군 함정 승조원 여러분의 희생과 노력에 진심으로 감사드립니다. 설문에 참가해주신 모든 분들께 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

- [1] Besançon, M., Anthoff, D., Arslan, A., Byrne, S., Lin, D., Papamarkou, T., and Pearson, J. (2019). Distributions. jl: Definition and modeling of probability distributions in the JuliaStats ecosystem. arXiv preprint arXiv:1907.08611.
- [2] Gelman, A., and Hill, J. (2006). Dataanalysis using regression and multilevel / hierarchical models. Cambridge university press.
- [3] Betancourt, M., and Girolami, M. (2015). Hamiltonian Monte Carlo for hierarchical models. Current trends in Bayesian methodology with applications, 79(30), 2-4.
- [4] Oliva, Rogelio, and John D. Sterman (2001), "Cutting corners and working overtime: Quality erosion in the service industry," Management Science, Vol.47, No.7, 894-914.
- [5] 최진우, 문성암, 김동진. (2020). 피로도가 업무속도와 재작업에 미치는 영향에 관한 실험 연구. 한국생산관리학회지, 31, 345-360.