

해군 함정 승조원 수 예측 모형에 관한 연구

황인하¹·정연환²·이기현³·강석중^{1,†}
고려대학교 기술경영전문대학원¹
해군사관학교 조선공학과²
초당대학교 군사학과³

A Study on a Manpower Forecasting Model for Naval Ships

In ha Hwang¹·Yeon hwan Jeong²·Ki hyun Lee³·Seok joong Kang^{1,†}
Graduate school of Management of Technology, Korea University¹
Department of Naval Architecture, Republic of Korea Naval Academy²
Department of Military Science, Chodang University³

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The low birthrate and the need for national defense reform in Korea drive the Navy to develop efficient human resource planning such as a manpower forecasting model. However, to our knowledge, there is no study exploring the manpower forecasting model for naval ships in Korea. The purpose of this paper is to develop a model for forecasting manpower demand in naval ships. Data for analyses were drawn from 19 ships in the Korean Navy. Results indicate that mission type is significantly related to the number of manpower. Specifically, battleships need the more manpower than the battle support ships. The results also showed that the weight of hull structure-engine and the weight of the weapons system significantly increased the number of manpower. However, the weight of the combat system was not significant. In addition, whereas the automation level of hull structure-engine and the automation level of weapon system was found to be negatively related to the number of manpower, the automation level of combat system was positively related to it. The model developed here contributes to an advanced human resource planning of the Korean Navy. Implications, limitations, and directions for future research are discussed.

Keywords : Manpower forecasting model(인력예측모형), Naval ship(함정), Weight in SWBS groups(SWBS 그룹별 중량), Automation level(자동화 수준), Regression analysis(회귀분석), Navy Manpower(함정 승조원)

1. 서론

최근 우리나라는 출산율 저하로 인한 인구 감소문제가 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 2018년도 우리나라의 합계출산율은 OECD 국가 중에서 가장 낮은 수준인 0.98명으로 추산되는데, 한 국가의 합계출산율이 1명 미만이 되는 세계 최초의 사례이다(Statistics Korea 2018 Birth Statistics, 2019). 이러한 추세를 고려할 때, 국방의 의무를 수행해야 하는 병역 자원의 감소는 필연적으로 나타날 것으로 예상된다. 2003년 이전까지 징병 대상자는 40만 명 이상으로 별다른 문제가 없었으나, 출산율 감소가 진행되면서 징병 대상자는 해마다 줄어들고 있으며 2017년에는 약 32만 명까지 줄어들었다. 이와 함께 군 복무기

간의 단축은 병력 수급 상황을 더욱 악화시키고 있다. 24개월이었던 병사의 복무 기간(육군 및 해병대 기준)을 18개월로 줄여 들었고, 이후 연평도 포격 사건(2010년) 등을 계기로 21개월로 동결되는 우여곡절을 겪었으나, 현재 또다시 18개월로 단축시키려고 하고 있다. 이러한 추세라면 2022년 징병대상자는 23만 명 수준으로 줄어들 것으로 예상된다(Defence white paper, 2018). 2018년 7월 국방부에서 발표한 '국방개혁 2.0'에 따르면, 61.8만 명의 현 상비 병력을 2022년까지 10만 명 이상을 감축할 계획이며, 이를 위해 육군은 48.3명에서 36.5명으로 감축하고, 해군·해병대 및 공군은 정원증가 없이 현 병력 범위 내에서 부대개편을 추진할 예정이다. 한편, 해군은 이지스체계(Aegis System) 탑재 구축함 확보, 기동함대사령부 및 항공사

령부 창설 등 신규전력 확보 및 부대발전 소요로 앞으로 3,000 명 이상의 병력이 부족할 것으로 예상된다(Edaily news 2019). 이에 따라 부대별 정원 조정, 계급 개선, 예비역 활용 및 전투 근무지원 분야에 대한 외주(outsourcing) 확대 등의 병력 절감 방안을 추진하고 있다. 또한 함정 승조 인력 최소화를 통한 인력절감형 함정 설계와 건조는 불가피한 선택이 되고 있으며, 이를 위해 최신 자동화·무인화 기술의 활용 및 함 운용개념 혁신 등과 연계한 함정 획득 관리 및 정책수립이 요구된다. 이러한 일련의 상황에서 기본적인 전제 조건 중 하나는 함정의 미래 소요 인력을 정확하게 예측하는 것이다. 인력 소요 예측은 불확실한 외부 환경과 조직의 내부 환경적 특성을 고려하여 조직효과성을 극대화하기 위한 것으로 인적자원 기획(human resource planning) 과정의 핵심 요소가 된다(Aref & Sabah, 2015; Khoong, 1996). 따라서 해군 함정 설계 및 건조단계에서 함정 승조원 수를 정확히 예측하는 것은 함정의 효과적인 임무 완수를 위한 합리적인 인적자원관리 기획의 필수적인 과정이라고 볼 수 있다. 이러한 관점에서 우리나라에서는 함정의 승조원 수 예측과 관련하여 다양한 시도가 있었지만, 인력예측을 위한 과학적 모형의 정립은 아직 이루어지지 않고 있으며, 이와 관련된 연구 역시 전무한 상태이다.

그러므로 본 연구에서는 과학적 절차와 분석적 방법을 기반으로 미래에 건조될 해군 함정의 승조원 규모를 예측할 수 있는 모형을 제시하고자 한다. 지금까지 인력 규모 예측과 관련하여 다양한 방법들이 제시되어 왔는데, 많은 연구자들은 가장 과학적인 계량 경제모형 중 하나로 회귀분석기법(regression analysis method)을 제안하고 있다(e.g., Akinnuli & Apalowo, 2018; Aref & Sabah, 2015; Sing et al., 2012). 회귀분석기법은 인력 수요에 영향을 미칠 것으로 예상되는 변수들을 이론적 또는 경험적으로 파악하고, 기존의 계량화된 자료를 바탕으로 각각의 변수들이 인력 규모에 미치는 영향력을 분석함으로써 인력을 예측할 수 있는 모형을 도출하는 방법이다. 본 연구에서는 기존에 건조된 함정들의 계량화된 자료를 실제로 활용할 수 있고, 함정 건조와 관련하여 기술발전 수준 등 변화의 양상을 반영할 필요성이 있다는 점을 고려하여 회귀분석모형을 적용하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저, 다양한 인력 예측 방법론들을 고찰한 후 회귀분석기법의 중요한 특성에 대해 설명한다. 둘째, 인력예측과 관련된 선행연구에 대한 검토를 통해 본 연구의 회귀분석에 포함할 변수의 범위를 한정한다. 셋째, 분석을 위한 방법론과 분석결과를 제시한 후 함정 승조원 수 예측 모형을 도출한다. 끝으로, 본 연구의 의의와 한계, 그리고 향후 연구방향에 대한 논의를 한다.

2. 인력 예측 방법론

지금까지 조직의 적정 정원을 예측하기 위한 다양한 방법들이 제시되어 왔다. 기존 연구들을 종합하면(for reviews, see

Lee, 1997; Lee et al., 2010), 적정인력 예측 방법은 크게 귀납모형과 연역모형으로 분류된다. 귀납모형은 업무의 양이나 다양한 업무들 간의 기술적 관계로부터 일정한 업무량을 처리하기 위해 필요한 소요 인원을 산출하여 제시하는 현상 추인적인 방법을 의미하고, 연역모형은 조직이 추구하는 가치나 업무효과의 극대화, 혹은 목표 이익률이나 생산량의 달성처럼 일정한 가치를 정의한 후, 이를 달성할 수 있는 수단으로서의 필요 인원을 산출하여 제시하는 가치 전제적 방법을 의미한다. 즉, 연역모형은 효율성 극대화를 위하여 일정한 비용 한도 내에서 최대의 효과를 창출할 수 있는 방법(benefit maximization method)이나 바람직한 효과를 달성할 수 있는 범위 내에서 최소의 비용이 투입될 수 있는 방법(cost-minimization method)을 모색하는 것이다.

이와 같이 인력 예측 방법은 접근 방법에 따라 귀납모형과 연역모형으로 분류할 수도 있지만, 중점 분석 분야에 따라 미시적 접근 방법(micro-method)과 거시적 접근 방법(macro-method)으로 구분한다. 미시적 접근 방법은 단위 조직이나 단위 부서의 관점에서 정원 규모를 산정할 때 사용되며, 거시적 접근 방법은 주로 조직의 전체적인 관점에서 정원 규모를 산정할 때 사용하게 된다. 그리고 미시적 접근 방법을 통한 정원 산정 기법은 신뢰성은 높지만 주로 생산직과 같이 작업의 내용과 절차가 표준화되어 있어 시간적으로 반복 측정이 가능한 과업에 적합하다는 한계를 갖는다. 한편, 거시적 접근 방법은 합리적 기준의 최적조건을 갖는 적정 정원을 설계하기가 쉽지 않다. 조직의 부가가치 및 타 조직 비교 등의 거시적 정원 판단 자료는 조직의 외적 요건에 따라 쉽게 변동될 수 있기 때문에 적절한 판단의 기준이 되기는 어렵다는 것이다. 따라서 거시적 접근 방법은 조직의 전체적인 정원 현황을 파악하는 목적에 다소 국한되어, 범위 설정작업으로서 전체적인 윤곽을 파악하는 역할을 한다고 볼 수 있다. 결론적으로 종합하면, 거시적 접근 방법은 조직 전체 정원의 틀을 형성하는 데 유용하고, 미시적 접근 방법은 조직 내 부서 정원을 구체적으로 산정하는 데 유용하다고 볼 수 있다.

일반적으로 조직의 산출물들(outputs)이 정량적으로 측정되기 쉬운 경우에는 회계자료나 생산 자료 등의 요소에 의거하거나 수리계획 모형을 활용하여 적정 정원을 산정할 수 있다. 하지만 해군 함정은 함상에서의 업무 특성 상 인력 산출의 근거자료를 정량화하기 곤란한 업무들이 많기 때문에 이러한 방법론을 적용하기 어려운 면이 있다. 따라서 조직의 산출물이 계량적으로 측정되어야 하는 손익분기점 분석법에 의한 방법이나 부가가치에 의한 방법은 본 연구에서는 논의하지 않도록 한다.

한편, 인력 예측에 빈번히 활용되는 방법 중 함정 승조원 수 예측에 적용할 수 있는 방법은 귀납모형의 거시적 접근 방법이며, 여기에는 타 단위조직과의 비교법과 회귀분석기법이 있다.

타 단위조직과의 비교법은 다른 함정의 현재 승조원 수를 통계학적 방법에 의해 처리하고 모형을 작성하여 해당 함정의 승조원 수를 산정하는 방식이다. 이러한 방식은 산정작업이 비교적 간단하고, 업무량 측정이 곤란한 경우에도 승조원 산정이 가능하다. 타 단위조직과의 비교법에 대한 장점과 단점은 다음과

같다. 먼저, 직무분석만큼 많은 노력이나 시간이 요구되지 않는 것이 장점이다. 특히 비교 대상이 적절한 경우 비슷한 조직과의 비교에서 산출된 평균 소요 승조원이라는 의미에서 그 결과는 합리성을 가지게 된다. 함정은 유사한 업무를 수행하는 다른 함정들이 다수 존재하기 때문에 함정의 적정 승조원 수를 산정하는데 이 방법이 적절하게 적용 될 수 있다. 타 단위조직과의 비교는 평균 등의 기술적 통계를 활용해서 수행될 수도 있지만, 그 결과가 결코 우리가 원하는 적정한 승조원을 산출해 주지는 않는다. 단순히 비교하였을 때, 많거나 적다는 등의 결론만 알 수 있을 뿐이라는 점이 타 단위조직과의 비교법이 갖는 단점이다. 즉 타 단위조직과의 비교법은 기존 함정을 기준으로 정하고, 그 기준에서 인원 소요의 증감요인을 확인하여 그에 해당하는 정도의 인원을 조정하는 다소 직관적인 방법이라고 할 수 있다.

승조원 예측을 위한 적용 가능한 방법들 중에서 가장 일반적으로 활용되고 있는 또 다른 방법 중 하나가 회귀분석기법이다. 회귀분석기법은 경험적 자료를 이용하여 승조원의 규모를 결정하는 요인을 추정하여 방정식을 구축하고 추세연장법에 따라 승조원을 예측하는 것이다. 즉 종속변수를 승조원 수로 하고, 승조원 수에 영향을 미칠 것이라고 예상되는 변수들, 예를 들어 함정의 임무 유형, 무장 유형, 함정의 톤수, 지휘체계 자동화 수준 등을 독립변수로 하여 회귀식을 추정하고 그에 따라 적정 승조원을 산정해 내는 것이다. 회귀분석기법을 적용할 경우에는 모형의 적정성, 적정 변수의 선정, 회귀분석 가정의 충족이라는 요건들이 갖추어져 있어야 한다. 또한 적절한 회귀식이 추정되었다고 하더라도 개별 예측 치들이 가질 수 있는 편차가 있기 때문에 이 결과들을 이용해서 개별 함정의 승조원의 적정 승조원을 산정하여 이를 강요하기 어렵다는 문제점이 있다. 이러한 약점들에도 불구하고, 회귀분석기법은 실행가능성이 높고 다른 방법들에 비해 과학적이라는 점에서 다수의 조직에서 사용하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 회귀분석기법의 특성인, 타 단위조직과의 비교법에 비해 계량화된 자료를 근거로 하고, 다양한 변수들의 변화 정도를 보다 정확하게 반영할 수 있다는 점을 고려하여, 함정 승조원 예측 모형 도출을 위한 방법으로 회귀분석기법을 적용하고자 한다.

3. 승조원 수 예측 선행요인

승조원 수를 예측하기 위해서는 우선 승조원 수에 영향을 미치는 독립변수를 선정해야 하는데, 이는 승조원 수에 영향을 미치는 선행요인을 확인해야 한다. 즉, 독립변수로 무엇을 선정할 것인가를 결정해야 한다는 것이다. 현재까지 한국해군의 승조원 예측 모형과 관련된 연구가 거의 없기 때문에 유사 연구를 통한 논리적 추론과 전문가 집단의 의견을 수렴하는 과정을 거칠 필요가 있다.

타 분야의 유사 연구사례의 경우, 해당 조직의 특성에 적합한 독립변수를 식별하여 연구에 포함하였다는 것을 확인하였다. 예를 들어, 우리나라 소방의 적정 인력산정에 관한 연구(Lee et

al., 2010)에서는 위험물 시설 수, 소방대상물 수, 소화전 수, 소방관 총 출동 건수 등이 포함되었고, 해경의 방제 요원수와 관련된 연구(Jeong & Kim, 2016)에서는 오염 발생건수, 오염 신고건수, 대형오염 사고발생건수 등이 포함되었다. 이러한 연구들에서 사용한 독립변수들의 공통점은 관리의 양적 범위와 관련된다는 것이다. 다시 말해, 해당 독립변수가 클수록 이와 관련된 승조원의 수가 증가된다는 것이다.

해군 함정에서 관리의 양적 범위에 해당되는 변수는 함정의 크기, 탑재장비의 수, 격실의 수 등 다양하게 존재할 수 있다. 하지만 이러한 변수들을 모두 포함하기에는 어려운 점이 있다. 그 이유는 변수들 간에 존재할 수 있는 잠재적 연관성을 파악하기 어렵고, 변수의 수가 너무 많으면 분석의 신뢰성을 확보하기 어렵기 때문이다. 이를 고려하여, 본 연구에서는 함정의 하부 구성요소들을 논리적으로 구분하여 함정 관리의 근거를 제공해주는 함정작업분할구조(Shipboard Work Breakdown Structure, 이하 SWBS) 단위별 중량을 독립변수로 선정하였다. 다른 조건들이 동일하다는 가정 하에서, 함정의 중량이 크다는 것은 그만큼 탑재된 체계 및 장비의 수가 많다는 것을 의미하며, 이것은 이를 운용 및 정비하기 위한 관리 소요도 많다는 것을 의미하기 때문에 SWBS 그룹별 중량은 함정에서의 관리의 범위를 측정할 수 있는 적절한 기준 변수가 될 수 있다. 함정을 구성하는 체계의 SWBS group 분류는 선체(100 group), 추진(200 group), 전기(300 group), 지휘통제(400 group), 보기(500 group), 의장(600 group), 무장(700 group)의 7가지로 분류한다(Table 1).

Table 1 SWBS names and group description (Deegan, 2004)

Group number	SWBS name	Group description
100	Hull structure	Includes shell and supporting structure, hull structural bulkheads, hull decks, hull platforms, etc.
200	Propulsion plant	Includes energy generation systems, propulsion units, transmission and propulsor systems, etc.
300	Electric plant	Includes electric power generation, power distribution systems, lighting systems, etc.
400	Command and surveillance	Includes command and control systems, navigation systems, interior communications, etc.
500	Auxiliary systems	Includes climate control, sea water systems, fresh water systems, fuels and lubricants, etc.
600	Outfit and furnishings	Includes ship fittings, hull compartmentation, preservatives and coverings, living spaces, etc.
700	Armament	Includes guns and ammunition, missiles and rockets, mines, depth charges, cargo munitions, etc.

본 연구에서는 7가지의 중량 단위로부터 분석의 타당성을 높이기 위하여 유사 변수를 부서 및 직별과의 연계성을 기준으로 통합하였다. 선체, 추진체계, 전기, 보기, 의장을 하나의 변수로 통합하여 “선체·기관” 변수로 정의하였다. 최종적으로 관리의 양적 범위를 의미하는 독립변수는 “선체·기관, 지휘통제, 무장”으로 구분하였다.

한편, 승조원 수 예측에 있어 관리의 양적 범위와 함께 관리의 질적 범위도 함께 고려할 필요가 있다. 대부분의 선행 연구에서는 관리의 양적 범위를 중심으로 독립변수를 선정하였다. 예를 들어 소방인력 수와 관련된 연구에서는 위험물 시설 수, 소방 대상물 수, 소화전 수 및 총 출동 건수 등이 포함되었다. 그러나 1개의 소방장비를 작동하기 위하여 과거에는 3명이 필요했으나, 기술발전으로 자동화 기술이 적용됨으로써 3명 대신 1명으로 장비를 작동할 수 있다면, 소요되는 전체 소방요원이 줄어드는 효과가 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 장비의 자동화가 진행될수록 소요되는 함정 승조원 수는 줄어들 것이라고 가정하고, SWBS 단위별 자동화 수준을 독립변수에 포함하고자 한다. 즉 SWBS 단위별 중량은 관리의 양적 범위를 의미하고, SWBS 단위별 자동화 수준은 관리의 질적 범위를 의미하는 것이다.

미 해군이 적정 승조원 수 산출을 위해 개발한 분석모형인 ISMAT(Integrated Simulation Manpower Analysis Tool)에서 승조원 수를 결정하는 영향 요소를 임무(mission), 함정체계(ship systems), 함 크기(size) 및 자동화 수준(level of automation)으로 분류했다는 점을 고려할 때(Scofield, 2006), 함정 승조원 수 예측을 위한 독립변수 선정과 관련된 본 연구의 접근은 타당하다고 볼 수 있다.

4. 연구방법

4.1 표본

본 연구의 함정 승조원 수 예측 모형 작성을 위한 회귀분석에 사용된 표본 자료는 해군 함정 19척을 대상으로 수집하였다. 이 중 전투함은 8척, 지원함은 11척이며, 2000년 이후에 건조된 함정은 9척이다. 동일한 유형의 함정은 1개의 표본으로 적용하였기 때문에 분석에 사용된 각 함정은 1개의 함정 유형을 대표하는 것으로 볼 수 있다. 또한 분석의 신뢰성을 높이기 위하여 소형 함정은 분석에 포함하지 않았다.

4.2 변수의 측정

SWBS 단위별 중량은 경하톤수(light weight)로 측정하였고, 통합된 변수는 기존 변수들의 중량을 합산하여 계산하였다. SWBS 단위별 자동화 수준을 측정하기 위하여 선행 연구를 검토한 결과, 대부분의 연구에서 자동화 수준을 인지적 평가방식으로 측정하는 것으로 확인하였다. 즉, 자동화 수준의 정도를 5점

척도로 구성된 설문지에 응답자들로 하여금 해당 부분에 체크하도록 한 후 전체 응답 자료를 평균화하여 계산하는 방식이다. 선행연구에서는 척도를 5점 척도(e.g., Choi & Roh, 2006; Endsley, 1987)에서 10점 척도까지 다양한 방식으로 측정하였는데, Sheridan et al.(1978)의 연구 이후에는 10점 척도로 측정하는 연구가 많아지고 있다(e.g., Endsley & Kaber, 1999; Parasuraman et al., 2000)(Table 2,3).

본 연구에서는 선행 연구의 전반적인 흐름이 10점 척도를 채택하고 있고, 10점 척도 방식이 자동화 수준을 보다 정밀하게 측정할 수 있다는 점을 고려하여 10점 척도 방식을 적용하였다. 1단계는 대부분의 작업을 사람(수동)이 수행하는 것으로 자동화 수준은 0~10%이고, 2~4단계는 장비(자동)보다 사람(수동)에 의한 작업 비중이 높은 것으로 각 단계별 자동화 수준은 10~20%, 20~30%, 30~40%이다. 5~6단계는 장비(자동)와 사람(수동)이 작업에 기여하는 정도가 유사한 것으로 각 단계별 자동화 수준은 40~50%, 50~60%이고, 7~8단계는 사람(수동)보다 장비(자동)에 의한 작업 비중이 높은 것으로 각 단계별 자동화 수준은 60~70%, 70~80%, 80~90%이다. 끝으로, 10단계는 대부분의 작업을 사람(수동)의 도움 없이 장비(자동)가 수행하는 것으로 자동화 수준은 90~100%이다. 자동화 수준 측정을 위하여 전문가 집단을 대상으로 설문조사를 하였다. 해군과 조선업체에 근무하고 해당 분야 탑재체계 및 장비에 대한 기술적 전문성과 엔지니어링 업무경험을 보유한 전문가들에게 분야별 자동화 수준의 의미를 설명하고 모든 표본 함정에 대해 자동화 수준을 체크하도록 하였다. 선체 분야는 38명, 기관 분야는 53명, 지휘통제 분야는 45명, 그리고 무장 분야는 29명이 응답하였고, 응답치를 평균화하여 함정별 자동화 수준을 계산하였다.

Table 2 Level of automation (Sheridan et al., 1978)

Level 1	The computer offers no assistance: Human must take all decisions and actions.
Level 2	The computer offers a complete set of decision/action alternatives, or
Level 3	Narrows the selection down to a few, or
Level 4	Suggests one alternative;
Level 5	Executes that suggestion if the human approves, or
Level 6	Allows the human a restricted time to veto before automatic execution, or
Level 7	executes automatically, then necessarily informs the human, and
Level 8	Informs the human only if asked, or
Level 9	Informs the human only if it, the computer, decides to.
Level 10	The computer decides everything and acts autonomously, ignoring the human.

Table 3 Hierarchy of level of automation applicable to dynamic-cognitive and psychomotor control task performance (Endsley & Kaber, 1999)

Level of automation	Roles			
	Monitoring	Generating	Selection	Implementation
(1) Manual control (MC)	Human	Human	Human	Human
(2) Action support (AS)	Human/Computer	Human	Human	Human/Computer
(3) Batch processing (BP)	Human/Computer	Human	Human	Computer
(4) Shared control (SHC)	Human/Computer	Human/Computer	Human	Human/Computer
(5) Decision support (DS)	Human/Computer	Human/Computer	Human	Computer
(6) Blended decision making (BDM)	Human/Computer	Human/Computer	Human/Computer	Computer
(7) Rigid system (RS)	Human/Computer	Computer	Human	Computer
(8) Automated decision making (ADM)	Human/Computer	Human/Computer	Computer	Computer
(9) Supervisory control (SC)	Human/Computer	Computer	Computer	Computer
(10) Full automation (FA)	Computer	Computer	Computer	Computer

본 연구에서의 종속변수인 함정 승조원 수는 현재 운용하고 있는 함정의 승조원 수 정원을 기준으로 계량화하였다. 또한 함정의 임무 특성에 따라 무장, 장비, 지휘통제시스템, 전투지원 시스템에 대한 소요 인원 구성이 달라진다. 임무 유형은 승조원 수에 영향을 미칠 수 있는 변수로 간주하여 통제변수에 포함하였다. 임무 유형은 전투함은 1, 지원함은 0으로 더미변수(dummy variable)화 하여 코딩하였다.

함정 승조원 수

$$= 상수 + b1 \times (\text{임무유형}) + b2 \times (\text{선체} \cdot \text{기관 종량}) + b3 \times (\text{지휘통제 종량}) + b4 \times (\text{무장 종량}) + b5 \times (\text{선체} \cdot \text{기관 자동화 수준}) + b6 \times (\text{지휘통제 자동화 수준}) + b7 \times (\text{무장 자동화 수준})$$

4.3 연구모형

이상의 논의에 따라 아래와 같이 본 연구의 연구모형을 제시한다(Fig. 1). 선체·기관, 지휘통제, 무장에 대한 경하중량과 선체·기관, 지휘통제, 무장에 대한 자동화 수준이 독립변수가 되고, 함정의 임무유형이 통제변수가 되며, 함정 승조원 수는 종속변수가 된다.

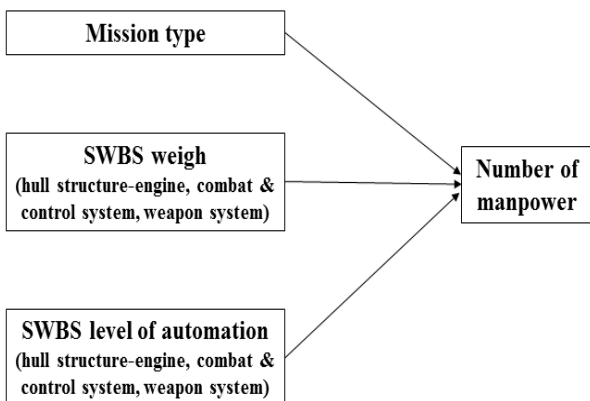


Fig. 1 Theoretical model

이러한 연구모형을 적용하여 분석하면 다음과 같은 함정 승조원 수 예측 모형이 도출된다.

5. 승조원 수 예측 모형

5.1 분석

Table 4는 본 연구에 포함된 변수들 간의 상관관계분석 결과를 나타내고 있다. 먼저, 통제변수인 임무 유형은 함정 승조원 수와 정(+)의 관계를 갖지만 유의하지는 않은 것으로 확인된다. 종량 변수 중 선체·기관, 지휘통제는 상관계수 0.8 이상으로 함정 승조원 수와 매우 높은 상관관계를 보이고 있다. 그리고 종량 변수 중 무장, 자동화 변수 중 선체·기관, 지휘통제, 무장은 상관계수 0.4~0.6으로 함정 승조원 수와 비교적 높은 상관관계를 보이고 있다. 즉 선체·기관, 지휘통제, 무장의 종량과 자동화 수준은 함정 승조원 수와 함께 증가하거나 감소하는 관계에 있다고 볼 수 있다. 한편, 종량과 자동화 수준 간의 관계와 관련하여 선체·기관, 지휘통제, 무장은 모두 종량이 증가할수록 자동화 수준 역시 높아지는 것으로 확인된다. 즉 본 연구에서는 함정 종량의 증가와 자동화 수준 향상이 동시에 이루어지는 표본들로 구성되어 있다고 해석할 수 있다. Table 4에서 N 은 분석에 사용된 표본의 수를 의미하고, p 는 유의수준(p -value)으로 귀무가설이 기각될 확률을 의미한다. 예를 들어, $p < 0.05$ 는 귀무가설이 기각될 확률이 5% 미만이고, 동시에 대립가설이 채택될 확률이 95%보다 높다는 것을 의미한다. 따라서 Table 4에서 선체·기관 종량과 함정 승조원 수간의 상관관계가 기각될 확률은 0.001% 미만이라 해석할 수 있다. 상관

Table 4 Correlations among variables

Variables	Mean	SD	1	2	3	4	5	6	7
1. Mission type	.42	.51							
2. Weight (structure · engine)	3,118.54	3,196.65	-.21						
3. Weight (combat & control system)	79.08	63.71	.25	.59**					
4. Weight (weapon system)	67.35	90.60	.24	.24	.71**				
5. LOA (structure · engine)	3.55	.66	.06	.50*	.55*	.44			
6. LOA (combat & control system)	4.03	1.26	.48*	.41	.72**	.57*	.81***		
7. LOA (weapon system)	4.93	1.39	.30	.23	.62*	.48*	.82***	.83***	
8. Number of manpower	134.58	75.72	.14	.83***	.84***	.56*	.47*	.57**	.46*

Note. $N = 19$. LOA = Level of automation.
 * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ (two-tailed test).

관계분석(correlation analysis)은 두 변수 간의 상관관계(공동변화)가 존재하는지를 알아보고, 상관 정도를 측정하는 것이다. 상관관계는 원인과 결과의 관계를 나타내는 인과관계를 의미하는 것이 아니며 두 변수간의 관계만을 나타내기 때문에 다수의 변수가 동시에 포함될 경우에는 그 값이 달라질 수 있다. 따라서 둘 이상의 독립변수들이 종속변수에 영향을 미치는 다중 인과관계 분석을 의미하는 다중회귀분석(multiple regression analysis) 결과에서는 다른 결과가 나올 수도 있다.

회귀분석(regression analysis)은 독립변수와 종속변수 간의 관계를 검증하여 독립변수의 변화에 따른 종속변수의 변화를 예측하기 위해서 사용하는 통계적 분석방법이다(Aiken & West, 1991). 서로 인과관계를 가지고 있는 변수들 중에서 다른 변수에 영향을 주는 변수를 독립변수라고 하고, 독립변수에 의해 영향을 받는 변수를 종속변수라고 한다. 단순회귀분석은 하나의 독립변수와 하나의 종속변수 사이의 관계를 분석하는 반면, 다중회귀분석(multiple regression)은 여러 독립변수들과 하나의 종속변수 간의 관계를 분석하는 것이다. 다수의 독립변수들 중에서 어느 변수가 종속변수에 영향을 미치는지의 여부와 그 영향력의 크기를 알아보고자 하는 데 목적이 있다.

먼저, 예측변수들 간에 다중공선성(multicollinearity)이 존재하는지를 확인하였다. 다중공선성이란 예측변수들 간의 높은 상관성으로 인해 파생되는 문제로서 예측변수들 간의 상관성이 지나치게 높을 경우 다중공선성이 존재한다고 한다. 예측변수들 간에 다중공선성이 존재할 경우 종속변수를 설명하는 개별 예측변수들의 변량을 해석하는 것이 모호해지고, 회귀계수를 비교하는 것이 무의미해진다. 따라서 다중회귀분석에서는 예측변수들 간의 다중공선성을 진단하는 과정이 꼭 필요하다. 예측변수들 간의 다중공선성을 확인한 결과, 모든 예측변수들의 공차한계(tolerance)가 0.103 이상이었고, 분산팽창지수(VIF: Variance Inflation Factor)는 9.728 이하로 나타났다. 일반적으로 공차한계는 0.1 이상, 분산팽창지수는 10 이하를 기준으로 한다는 점을 고려할 때, 본 연구의 분석에서는 다중공선성 문제가 발생할 가능성은 낮은 것으로 판단하였다.

함정 승조원 수에 대한 다중회귀분석 결과는 Table 5와 같다. 통제변수 중 임무 유형은 현재 승조원 수에 정(+)적으로 유

의한 영향을 미치는 것으로 확인되었는데($b = 34.13$, $p < .01$), 전투함이 지원함보다 현재 승조원 수가 더 많은 것으로 해석할 수 있다. 중량 변수들 중에서 선체 · 기관 중량($b = .02$, $p < .001$)과 무장 중량($b = .23$, $p < .01$)은 함정 승조원 수에 정(+)적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이는 선체 · 기관 및 무장 분야의 중량이 높을수록 승조원 수가 증가하는 것으로 해석할 수 있다. 하지만 지휘통제 중량은 승조원 수에 정(+)적으로 영향을 미치는 것으로 나타났지만 분석 결과 유의하지 않은 것으로 확인되었다($b = 17$, n.s.). 구체적으로, 지휘통제 중량의 p 값은 10%보다 높은 것으로 확인되었기 때문에 본 연구의 최저 기준인 0.5% 미만을 충족하지 못하여 기각된 것이다.

Table 5 Result of regression analysis predicting number of manpower

Variable	Number of manpower
Constant	120.54*** (25.23)
Mission type	34.13** (11.88)
Weight (structure-engine)	.02*** (.00)
Weight (combat & control system)	.17 (.14)
Weight (weapon system)	.23** (.06)
LOA (structure-engine)	-49.81** (15.26)
LOA (combat & control system)	-17.24* (9.07)
LOA (weapon system)	29.92*** (6.54)
R^2	.97
Adjusted R^2	.95
F	59.29***

Note. $N = 19$. LOA = Level of automation.
 Values represent unstandardized coefficients; Standard errors are in parentheses.
 * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ (one-tailed test).

자동화 변수들 중에서 선체 · 기관 자동화($b = -49.81$, $p < .01$)와 지휘통제 자동화($b = -17.24$, $p < .05$)는 함정 승조원 수에 부(-)적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 확인되었는데, 이는 선체 · 기관 및 지휘통제 분야의 자동화 수준이 높을수록

함정 승조원 수는 감소함을 의미한다. 반면에 무장 자동화는 승조원 수에 유의한 영향을 미치는 것으로 확인되었지만 정(+)적으로 영향을 미치는 것으로 확인되었다($b = 29.92, p < .001$). 이는 선체·기관 및 지휘통제 분야의 자동화 수준과는 달리 무장 분야 자동화 수준은 높을수록 오히려 승조원 수가 증가함을 의미하는데 이에 대한 분석이 필요할 것으로 보인다.

지휘통제 중량이 유의하지 않고, 다른 자동화 변수들과 달리 무장 자동화 변수가 승조원 수에 정(+)적 영향을 미치는 것으로 나타난 것에 대해서는 다음과 같은 해석이 가능하다. 첫째, 본 연구에 포함된 변수의 수와 일반적인 회귀분석에서 필요로 하는 표본 수를 고려했을 때 본 연구에서의 표본은 19개로 상대적으로 적다고 볼 수 있다. 따라서 적은 표본으로 인하여 예측의 정확성이 낮을 수도 있을 것이다. 둘째, 무장과 지휘통제 분야 간의 상관성을 고려할 필요가 있다. 두 변수간의 상관계수는 중량의 경우에는 0.71이고 자동화의 경우에는 0.83으로 높은 편이다. 물론 다중공선성 분석 결과 문제는 없는 것으로 확인되었지만 이러한 상관성이 복합적으로 분석의 결과에 영향을 미칠 가능성도 배제할 수 없을 것이다. 셋째, SWBS 700단위인 무장의 중량은 미사일, 포탄, 탄약 등이 포함되지 않은 순수 무장체계를 구성하는 설계 중량만 나타내고 있다. 따라서 중량값이 큰 미사일, 포탄, 탄약 등이 포함되지 않아 함정별 중량 값 차이가 분석 결과에 영향을 미칠 수도 있다. 넷째, 무장 분야의 경우에는 자동화 자체가 업무 범위를 확대시킬 수도 있다. 무장분야의 자동화 수준이 높아짐으로써 현장의 작동수는 감소되더라도 전투관리체계와의 상호연동성 증가로 이를 통제하고 감독할 승조원이 더 필요할 수도 있을 것이다.

선체·기관 자동화와 지휘통제 자동화 변수는 상관관계분석에서는 승조원 수와 정(+)적인 관계를 가지는 것으로 나타났지만, 다중회귀분석에서는 부(-)적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 여러 변수가 동시에 고려되는 상황과 두 변수 간의 관계만 고려하는 상황의 차이에서 기인한 것으로 볼 수 있다.

R^2 은 결정계수로서 예측변수들이 종속변수를 어느 정도 설명해 주는지를 나타내는 지수이다. R^2 의 값은 0에서 1 사이에 존재하는데, R^2 값이 1에 가까울수록 회귀모형의 유용성이 높다고 해석할 수 있다. 일반적으로 R^2 값은 통제변수와 독립변수 등 예측변수의 수가 증가함에 따라 그 값이 증가하는 경향을 보이는데, 수정된 R^2 값은 이러한 오류를 최소화하기 위해 예측변수의 수를 보정하여 계산한 것이다. 분석 결과, 수정된 R^2 의 값이 0.95이므로 독립변수들이 종속변수인 승조원 수를 약 95% 정도 설명한다고 볼 수 있다. 그리고 회귀모형이 통계적으로 유의한지에 대해서는 분산분석을 통해서 검증할 수 있다. 분산분석을 통해서 그 결과가 유의하면 분석 모형이 적합하다고 판단할 수 있다. 분석 결과, F 통계량이 59.297이고 이에 대한 유의확률이 0.000으로 나타났다. 따라서 이 분석모형은 99.9% 이상의 확률로 유의하다고 볼 수 있다.

한편, 가설검정(hypothesis testing)과 관련하여 귀무가설을 기각하는 영역이 양쪽에 있는 검정을 양측검정(two-tailed test)이라고 하고, 한쪽에 있는 검정을 단측검정(one-tailed test)이

라고 한다. 양측검정은 차이의 여부를 확인할 때 사용하는데, 주로 평균분석이나 상관관계분석에서 사용한다. 반면, 단측검정은 차이의 여부가 아닌 크거나 작다는 사실 여부를 확인하거나 인과성을 확인할 때 사용하는데, 회귀분석에서 주로 사용된다. 따라서 본 연구에서는 공동변화 정도를 확인하는 상관관계분석에서는 양측검정을, 예측변수와 종속변수 간의 인과성을 확인하는 다중회귀분석에서는 단측검정을 사용한다.

5.2 해군 함정 승조원 수 예측 모형

본 연구에서는 해군 함정 승조원 수를 예측하기 위한 모형을 제시하기 위하여 논리적으로 함정 승조원 수에 영향을 미치는 변수를 선정하였다. 따라서 본 연구에서 제시한 임무유형, 선체·기관 중량, 지휘통제 중량, 무장 중량 및 선체·기관 자동화 수준, 지휘통제 자동화 수준, 무장 자동화 수준은 함정의 승조원 수를 설명할 수 있는 객관적인 지표라고 할 수 있다. 하지만 19개 함정의 현재 인력 수를 종속변수로 하여 다중회귀분석을 한 결과, 지휘통제 중량을 제외한 임무유형, 선체·기관 중량, 무장 중량, 선체·기관 자동화 수준, 지휘통제 자동화 수준, 무장 자동화 수준이 유의한 것으로 확인되었다. 분석결과를 통해 다음과 같은 회귀식을 작성하였는데, 이는 함정 승조원 수 예측을 위한 모형이 된다. 한편, 도출된 해군 함정 승조원 수 예측 모형을 기존 함정 자료에 적용하여 비교한 결과, 인원 차이는 평균 18.02명으로 약 18% 정도의 오차가 있는 것으로 확인되었다.

함정 승조원 수

$$= 120.54 + 34.13 \times (\text{임무유형}) + 0.02 \times (\text{선체} \cdot \text{기관 중량}) + 0.23 \times (\text{무장 중량}) - 49.81 \times (\text{선체} \cdot \text{기관 자동화 수준}) - 17.24 \times (\text{지휘통제 자동화 수준}) + 29.92 \times (\text{무장 자동화 수준})$$

6. 결론

본 연구에서는 신조 함정 획득 시 적정 승조원 수를 예측하기 위한 모형을 제시하기 위하여 거시적 귀납모형 중에서 경험적 자료를 기준으로 하는 회귀분석기법을 선택하여 분석을 진행하였다. 인원 책정에 있어 관리의 양적 범위 뿐 아니라 관리의 질적 범위도 고려하였다. 함정의 SWBS 그룹별 중량을 관리의 양적 범위를 나타내는 변수로 설정하고, SWBS 그룹별 자동화 수준을 관리의 질적 범위를 나타내는 변수로 설정하였다. 총 19척의 함정을 대상으로 함정 승조원 수에 대한 다중회귀분석을 진행하였고, 분석 결과를 토대로 승조원 수 예측 모형을 제시하였다.

본 연구의 목적은 함정의 적정 인력 규모를 예측할 수 있는 모형을 개발하는 것이었다. 이를 위해서는 함정 승조원 수에 영향을 미치는 주요 요인들을 확인해야 하는데, 그 이유는 함정

인력 수를 예측할 수 있는 요인들의 변화에 의해 인력 수의 변화를 합리적으로 제시할 수 있기 때문이다. 하지만 다른 분야의 정부기관들과는 달리 지금까지 해군의 인력 예측과 관련된 연구는 거의 이루어지지 않았기 때문에 함정의 적정 인력 예측 모형을 개발하기 위한 이론적, 실증적 근거의 확보가 어려웠다. 이에 본 연구에서는 함정 적정 승조원 수 예측 모형 도출을 위해 관련 연구에 대한 분석을 기반으로 하여 이론적 모형을 제시하고, 이에 따라 분석 및 예측 모형을 제시했다는 점에서 의의가 있다. 즉 대한민국 해군에서 최초로 이루어진 인력 예측 모형 연구라는 점이 본 연구의 가장 큰 의의라고 할 수 있다.

둘째, 승조원 수 예측 모형과 관련된 유사 선행연구에서는 해당 조직의 특성에 적합한 독립변수를 연구모형에 포함하였다. 예를 들어, 소방인력과 관련된 연구에서는 위험물 시설 수, 소방대상물 수, 소화전 수, 총 출동 건수 등이 포함되었고, 해경 방제요원과 관련된 연구에서는 오염 발생건수, 오염 신고건수, 대형오염 사고발생건수 등이 포함되었다. 이러한 연구들에서 사용한 독립변수들의 공통점은 관리의 양적 범위와 관련된다는 것이다. 다시 말해, 해당 독립변수 값이 클수록 이와 관련된 인원 수가 증가한다는 것이다. 본 연구에서는 함정 구성요소들을 체계화하여 함정 관리의 근거를 제공하는 기능을 가진 SWBS(Shipboard Work Breakdown Structure) 그룹별 중량을 독립변수로 선정하였다. 아울러 함정 탑재 장비의 자동화가 진행될수록 소모되는 승조원 수는 줄어들 것이라 가정하고, SWBS 그룹별 자동화 수준을 독립변수에 포함하였다. 즉 SWBS 그룹별 중량은 관리의 양적 범위를 의미하는 것이고, SWBS 그룹별 자동화 수준은 관리의 질적 범위를 의미하는 것이다. 이와 같이 본 연구에서는 자동화 수준을 승조원 수 예측 모형 산출을 위한 연구모형에 추가함으로써 기존의 연구들보다 보다 진전된 이론적 모형을 제시하였다는 점에서 또 다른 의의를 갖는다.

셋째, 본 연구에서 해군 함정의 자동화를 측정할 수 있는 척도를 제시하였다는 점에서도 의의를 찾을 수 있다. SWBS 그룹별 자동화 수준을 측정하기 위하여 관련 분야의 선행 연구를 검토한 결과, 대부분의 연구에서 자동화 수준을 인지적 평가방식으로 측정하고 있는 것으로 확인되었다. 선행연구에서는 척도를 5점 척도에서 10점 척도까지 다양한 방식으로 측정하였는데, 최근에는 10점 척도로 측정하는 연구가 많아지고 있고, 10점 척도 방식이 자동화 수준을 보다 정밀하게 측정할 수 있다는 점을 고려하여, 본 연구에서는 함정 자동화 수준을 계량화하는데 10점 척도 방식을 적용한 자동화 수준 척도를 제시하였다.

넷째, 본 연구에 포함된 변수의 수와 일반적인 회귀분석에서 필요로 하는 표본 수를 고려했을 때 본 연구에서의 표본은 19개로 적은 편이라고 볼 수 있다. 이러한 표본수의 부족으로 인하여 예측의 정확성이 낮을 수도 있다. 하지만 분석 결과 분석모형의 유의성과 R^2 값이 매우 높은 것으로 확인되었다. 일반적으로 연구에 적합한 표본의 수는 표본오차와 연구모형의 정확성 등에 따라 달라지는데, 적은 표본 수에도 불구하고 분석모형의 유의성과 R^2 값이 높다는 것은 본 연구에 포함된 함정 표

본과 이론적 연구모형의 타당성이 매우 높다는 것을 의미한다고 볼 수 있다.

이러한 의의와 함께 연구의 한계도 있다. 앞에서 언급하였듯이, 본 연구 결과 전반적인 분석모형의 유의성과 R^2 값이 높고 이에 따라 승조원 수 예측 모형의 신뢰 수준도 높다고 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고 표본의 수를 확대할 수 있다면, 연구모형의 타당도와 신뢰도는 더 높아질 수 있고, 결국 승조원 수 예측 모형의 오차 범위가 감소하여 정확도가 더 높아질 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 본 연구의 연장선상에서 함정 표본수를 확대하여 승조원 수 예측 모형의 정확도를 개선할 것을 제안한다.

그리고 본 연구에 포함된 변수들 중에서 무장의 중량은 미사일, 포탄, 탄약 등이 포함되지 않은 순수 무장의 설계 중량만 나타내고 있다. 이는 승조원 수에 대한 무장 중량 변수와 무장 자동화 변수의 영향력을 정확하게 예측하기 어렵게 만드는 요인이 될 수도 있다. 따라서 향후 연구에서는 무장 중량 변수에 미사일, 포탄, 탄약 등의 무게를 포함하여 독립변수를 계량화하고 분석할 것을 제안한다.

끝으로 자동화 수준이 함정 승조원 수에 영향을 미치는 복합적 과정을 이해할 필요가 있다. 다양한 분야에서 자동화는 업무의 효율성을 높이고 필요한 승조원 수를 줄임으로써 전반적인 효과성에 기여하는 것으로 평가받는다. 하지만 이러한 장점과 함께 개인들의 업무 부담이 높아짐에 따라 스트레스가 높아질 수 있고, 결국 업무상의 오류가 발생할 가능성도 높아진다는 지적도 함께 제기된다(Bainbridge, 1983). 따라서 함정의 자동화 수준 향상이 실제 함정의 임무 수행에 어떤 영향을 미치는지를 과학적인 접근법을 활용하여 고찰할 필요가 있다.

References

- Aiken, L.S. & West, S.G., 1991. *Multiple regression: Testing and interpreting interactions*. Newbury Park, CA: Sage.
- Akinulli, B.O. & Apalowo, R.K., 2018. Regression analysis based effective manpower planning methodology: A case study. *Journal of Engineering Research and Reports*, 1(4), pp.1-12.
- Aref, M. & Sabah, M., 2015. Manpower planning for demand forecasting of faculty members using trend analysis and regression. *International Journal of Academic Research in Business and Social Science*, 5(2), pp.11-23.
- Bainbridge, L. 1983. Ironies of automation. *Automatica*, 19(6), pp.775-779.
- Choi, D.-K. & Roh, H.-S., 2006. A study on the effect of factory automation level on cost structure and business performance. *Korean Business Education Review*, 41, pp.127-148.
- Deegan, C.S., 2004. 2005 NAVSEA cost estimation handbook, Naval Sea Systems Command, November 18.
- Edaily news, 2019. Insufficient of crews on the naval ship, URL : <http://www.edaily.co.kr> [Accessed 3 Feb 2019].

- Endsley, M., 1987. The application of human factors to the development of expert systems for advanced cockpits. *Proceedings of the 31st Annual Meeting Human factors Society*, pp.1388-1392.
- Endsley, M. & Kaber, D.B., 1999. Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Ergonomics*, 42(3), pp.462-492.
- Jeong, J.H. & Kim, S.-G., 2016. A study on proper size of pollution control staff of Korea Coast Guard. *International Journal of Academic Research in Business and Social Science*, 6(2), pp.97-115.
- Khoong, C.M., 1996. An integrated system framework and analysis methodology for manpower planning. *Journal of Korean Maritime Police Science*, 17(1), pp.26-46.
- Lee, H.-J., 1997. Local autonomy and the interior department's personnel size control. *Korean Public Administration Review*, 31(3), pp.89-105.
- Lee, C.W., Lim, S.B., Kim, H.J. & Kim, M.J., 2010. An empirical study on the assessments of proper human resources needs for Korean fire management. *Korean Public Administration Quarterly*, 22(1), pp.85-105.
- Parasuraman, R., & Sheridan, T.B., Fellow, IEEE & Wickens, C.D., 2000. A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 30(3), pp.286-297.
- ROK MND, 2018. *Defense White Paper 2018*. Ministry of National Defense Report No.11-129000-000440-11.
- Scofield, T., 2006. *Manning and automation for naval ship analysis and optimization*. Master's thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Sheridan, T.B., Verplank, W.L. & Brooks, T.L., 1978. Human/computer control of undersea teleoperators. *Proceedings of IEEE International Conference on Cybernetics and Society*, Tokyo, Japan.
- Sing, C.-P., Love, Peter E.D., & Tam, C.M., 2012. Multiplier model for forecasting manpower demand. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(10), pp. 1161-1168.
- Statistics Korea Office Press Release, 2019. Birth Statistics Confirmed in 2018 [Accessed in 28 Aug 2019].

