

<事例研究>

무기체계에서의 인간공학적 설계 적합성 평가 사례연구

이영봉* · 이상태*

A Case Study on the Evaluation of a Design Adequacy of Human Factors for a Weapon System — by Heuristic Method

Abstract

The application of human-factor concept in developing a complex weapon system is important for system engineer to determine the system performance and reliability. This paper describes the evaluation procedure of human factors in the X-system wherein the evaluation result provides a better performance than the previous model in operatability and maintainability. The criteria used for the evaluation of a design adequacy of the X-system are based on the military human-factor standards.

1. 서 론

무기체계에서의 인간공학 요소는 크게 두가지로 나누어 볼수 있다. 고장발생 시점을 기준으로 장비가 고장나기 전까지 장비를 조작하는 인간과 장비 자체의 성능에 관계된 운용성과, 장비가 고장난 후의 고장 복구에 관한 정비성이다. 여기서 운용성은 장비 운용자나 탑승자의 안전과 직

결되기 때문에 조작 오류나 피로방지를 도모하여 어떤 임무수행이 필요한 시점에 운용자가 적절한 대응을 하는가에 대한 것이고, 정비성은 고장이 발생했을때 얼마나 빠른 시간내에 장비를 복구하여 작전 가능한 상태로 되돌려 놓는가에 대한 것이다.

무기체계에서 이러한 운용성과 정비성이 성능과 신뢰성 발휘에 중요함은 물론이고, 특히 운용

* 국방과학연구소

자의 활동공간이 극히 제한된 장비일 경우는 더욱 중요하다. 본 논문에서는 운용자의 활동공간이 제한된 경우를 대상으로 단계적 접근방법을 통하여 운용성과 정비성 제고를 위한 인간공학 요소 적용 내용과 결과를 소개하였다.

2. 연구대상과 방법

본 연구에서는 X-체계의 인간공학적 적합성 평가를 위하여 평가내용을 운용과 정비에 관련한 4가지 항목으로 구분하고, 시험을 통하여 소요 자료를 측정된 후 미 군사 규격치(아직 인간공학 요소에 관하여 국내에서 측정, 정리된 자료가 없으므로 인하여)와 비교하여 각 항목별로 적합성을 평가하였다. 측정하여 분석한 4가지 항목은 다음과 같다.

첫째, X-체계의 조작 및 운용에 관련한 사항으로 운용자의 활동공간의 적합성, 운용자가 조작하는 지시기/조종기(Displays/Controls)의 조작 적합성 등을 평가하고,

둘째, X-체계가 고장이 발생하여 정비를 수행할 경우 정비 소요 공간이 적절한가를 판단하는 것과 정비시 사용하는 장비 및 공구가 분리/결합공간이 충분한가를 평가하고(유니트급 또는 결합체급까지의 정비만 고려),

셋째, X-체계를 구성하는 유니트 또는 결합체를 연결하는 모든 케이블과 커넥터가 손상이나 마모될 위험성이나 연결상태가 불량하지 않는가를 평가하고,

넷째, X-체계를 운용하고 정비하는데 인식편의를 위하여 부착되어 있는 식별 표지들의 제작 및 부착상태가 적절한가를 평가하였다.

본 논문에서는 X-체계의 인간공학 요소 적용 시험 결과의 운용성과 정비성 요소중 일부만 실었음을 밝혀둔다(X-체계의 소음, 진동 등 기

타 인간공학 요소에 관한 평가도 별도의 연구에 의해 수행되었다).

3. 시험방법, 절차 및 결과분석

3-1. 운용성

X-체계의 운용성은 두가지로 나누어 평가하였다. 첫째, X-체계를 운용하는 운용자가 활동하는 공간에 대한 적합성 평가로 포탑 내부와 조종석 내부의 두 곳으로 그림 1과 같고, 측정항목, 치수 및 기준치수와 적합성 여부 결과는 표 1과 같다.

측정 치수는 X-체계의 실제 해당 치수를 나타내고, 기준 치수는 미군사 규격서 [1], [2], [3]와 관련 규격서[5], [7]의 기준치를 나타낸다. 분석대상인 운용자는 한국인 남자(20-24세 기준)의 95%를 포함하는 표준치수[7]를 적용하였다.

적합성 여부 결과표시는 세가지로 구분하였으며, 'O'는 적합함을, 'X'는 부적합함을 나타내며, '?'는 특별한 이유로 인하여 적합성 판단이 가능하지 않음을 나타낸다. 적합성 평가결과 부적합한 항목에 대해서는 실제 보안을 통하여 개선 가능한 부분은 기준 치수를 만족하도록 조정하여야 한다.

둘째, 운용자가 인지하고 조작하는 지시기/조종기(Displays/Controls)의 크기, 간격, 색채 부여(Color Coding) 상태에 대한 적합성 평가로 평가항목, 치수 및 기준치수, 간격, 적합성 여부 결과는 표 2와 같다.

적합성 여부 결과 표시로 'O'는 적합함을 나타내고, 부적합한 경우는 정도에 따라 세가지로 나누어 표시하였는데 'X1'은 지시기/조종기의 크기나 간격이 가로, 세로 치수 모두 기준치를 만

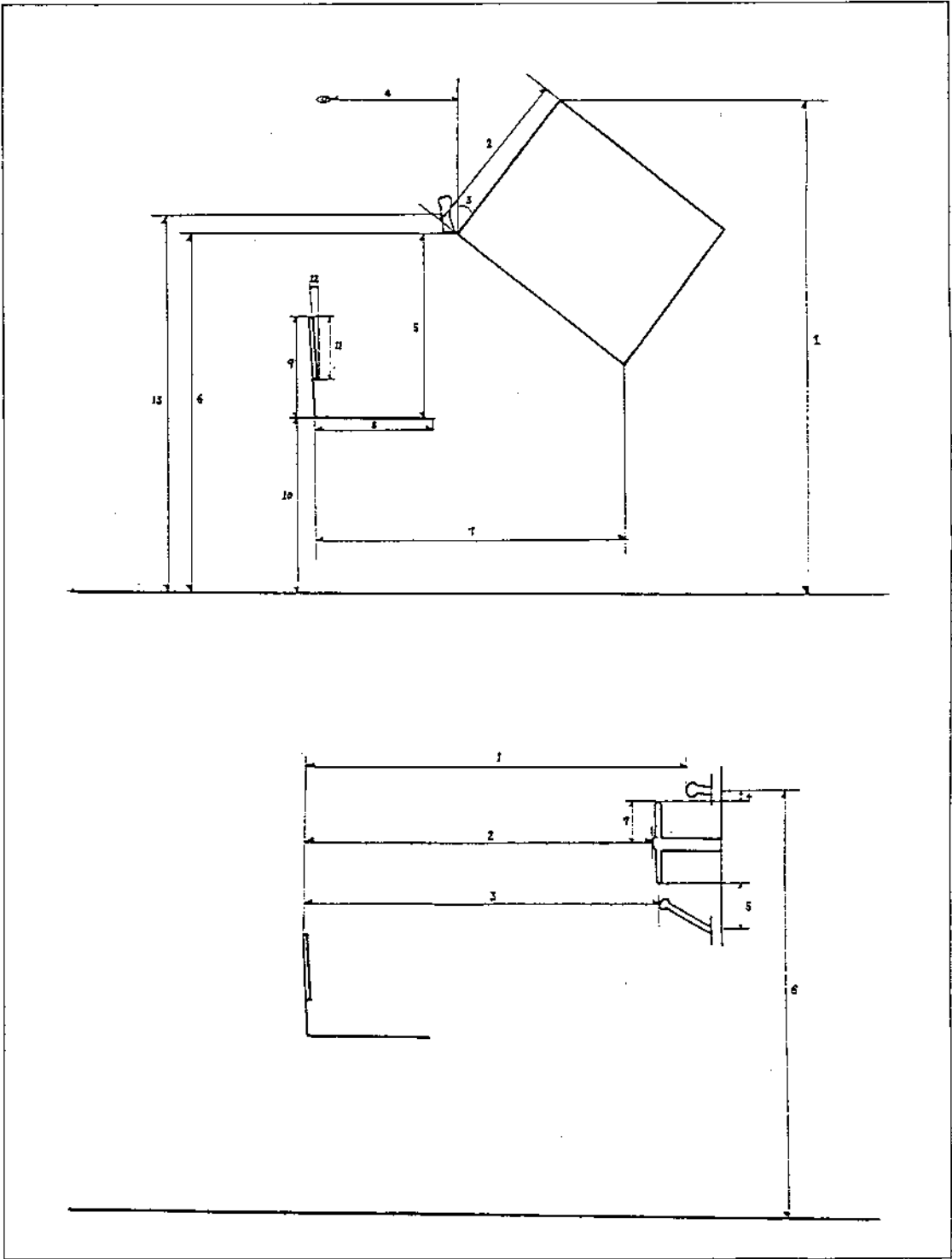


그림 1. 포탑/조종석 공간

표 1. 포탑/조종석 내부 운용성

(단위 : mm)

No.	구 분	측정치수	기준치수	적합성
포탑 내부				
1	콘솔 상부 끝-바닥	1,080	1,206.5-1,473.2	X
2	콘솔 크기(가로, 세로)	1,102,370	609-711,-457	?
3	수직면-콘솔면 각도	47°	0°-20°	X
8	좌판-등판끝 수평거리	365	355.6-381	O
12	등판 수직면과의 각도	10°	5°-15°	O
조종석 내부				
1	등판-기어레버 수평거리	805	673.1-779.8	X
2	등판-조향핸들 수평거리	730	673.1-779.8	O
7	조향핸들(반경)	123	88.9-266.7	O

표 2. 지시기 및 조종기 적합성

(단위 : mm)

구 분	측정치수(길이 또는 각도)/색채					기준치수(길이 또는 각도)/색채					적 합 성		
	가로	간격	세로	간격	색채	가로	간격	세로	간격	색채	크기	간격	색채
1. 콘솔 A													
1) 체계전원	16	16	16	—	녹	12.7	12.7	12.7	—	녹	O	O	O
2) 운용방법													
· 방법 1	16	11	16	11	녹	12.7	12.7	12.7	12.7	녹	O	X1	O
· 방법 2	16	16	16	11	녹	12.7	12.7	12.7	12.7	녹	O	X2	O
3) 레치 1 열립	10	20	—	—	적	—	—	—	—	적	—	—	O
2. 콘솔 B													
1) 대기/동작	16	22	16	—	주	12.7	12.7	12.7	—	주	O	O	O
2) 시 형	16	—	16	12	녹	12.7	—	12.7	12.7	녹	O	X3	O
3. 콘솔 C													
1) 광 도	φ16	—	—	12	—	φ9.5	—	—	25.4	—	O	X2	—
2) 비상작동	19	5	17	5	주	12.7	12.7	12.7	12.7	주	O	X1	O

적 색	녹 색	황 색	청 색	백 색
위험상태(고장, 정지) 비상, 경고상태	가동상태 만족한 상태	주의상태 (지연, 점검, 재점검)	대기상태	종립상태

족하지 않을 경우이고, 'X2'는 가로, 세로 치수 중 어느 하나가 기준치를 만족하지 않을 경우이며, 'X3'는 가로, 세로 치수가 근사적으로 기준치를 만족하는 경우이다.

또한 지시기/조종기의 색채 부여는 다음의 기준에 의하여 부여하였다.

부적합한 항목중 대부분은 조종기 사이의 간격이 협소한 경우로 이는 운용자의 조작활동중에 조작 오류를 초래할 수가 있다. 따라서 해당되는 콘솔 자체 크기를 크게 하여 지시기/조종기 배열 공간을 넓게 하거나 아니면 해당되는 조종기(예, 누름버튼) 주위에 굴곡진 틀을 만들어 조작시 운용자의 손이 미끄러지지 않도록 하여 다른 조종기와의 혼란을 피할 수 있도록 하는 등의 개선안을 찾아 개선하여야 한다.

3-2. 정비성

X-체계의 정비성도 두가지로 나누어 평가하였다.

첫째, 체계가 고장이 발생하여 유니트나 결합체의 정비작업을 수행할 경우 그림 2에 나타나 있는 정비작업 자세별로 해당 유니트나 결합체에 대한 정비작업 공간 치수를 측정하여 기준치수와 비교한 후, 적합성을 평가하였으며 결과는 표 4와 같다.

정비작업시 소요되는 자세는 다섯가지로 구분할 수 있으며, 자세별로는 측정항목은 다음과 같으며, 기준 치수는 표 3과 같다.

- 1) Squatting(웅크림, 쭈그림);
Height(H), Width(W)
- 2) Stooping(허리굽힘);
Width(W)
- 3) Kneeling(무릎꿇음);
Width(W), Height(H), Work Point(P)
- 4) Kneeling Crawl(기어감);
Height(W), Length(L)
- 5) Prone/Crawl(엎드려 기어감);
Height(H), Length(L)

표 4의 자세 구분란의 번호는 위의 자세 구분번호를 말하고, '외부'는 외부에서 정비를 수행하는 유니트나 결합체를 말하며 관련항목 공간이 적합하면 'O'으로, 부적합하면 'X'로 표시하고 측정치수난에 실제 측정치수를 기록하였다.

외부에서 정비를 하는 유니트나 결합체는 공간 제약을 받지 않으므로 적합하다고 볼수 있다. 부적합한 유니트나 결합체는 정비 공간이 충분하도록 체계 배치를 다시 하여야 한다.

둘째, 정비작업시 소요되는 장비 및 공구를 파악하고 아울러 유니트나 결합체를 분리하거나 결합할 경우 장비/공구의 조작공간이 충분한가와 조작방향이 적합한가를 평가하였으며, 결과

표 3. 자세별 기준치수

(단위 : mm)

자세구분 \ 측정항목	Width			Height			Length		
	최소	적절	최대	최소	적절	최대	최소	적절	최대
Squatting	690	910	1020	1220	-	1300	-	-	-
Stooping	910	1020	1120	-	-	-	-	-	-
Kneeling	1070	1220	1270	1420	-	1500	-	-	-
Kneeling Crawl	-	-	-	790	910	970	1500	-	1570
Prone/Crawl	-	-	-	430	510	610	2440	-	-

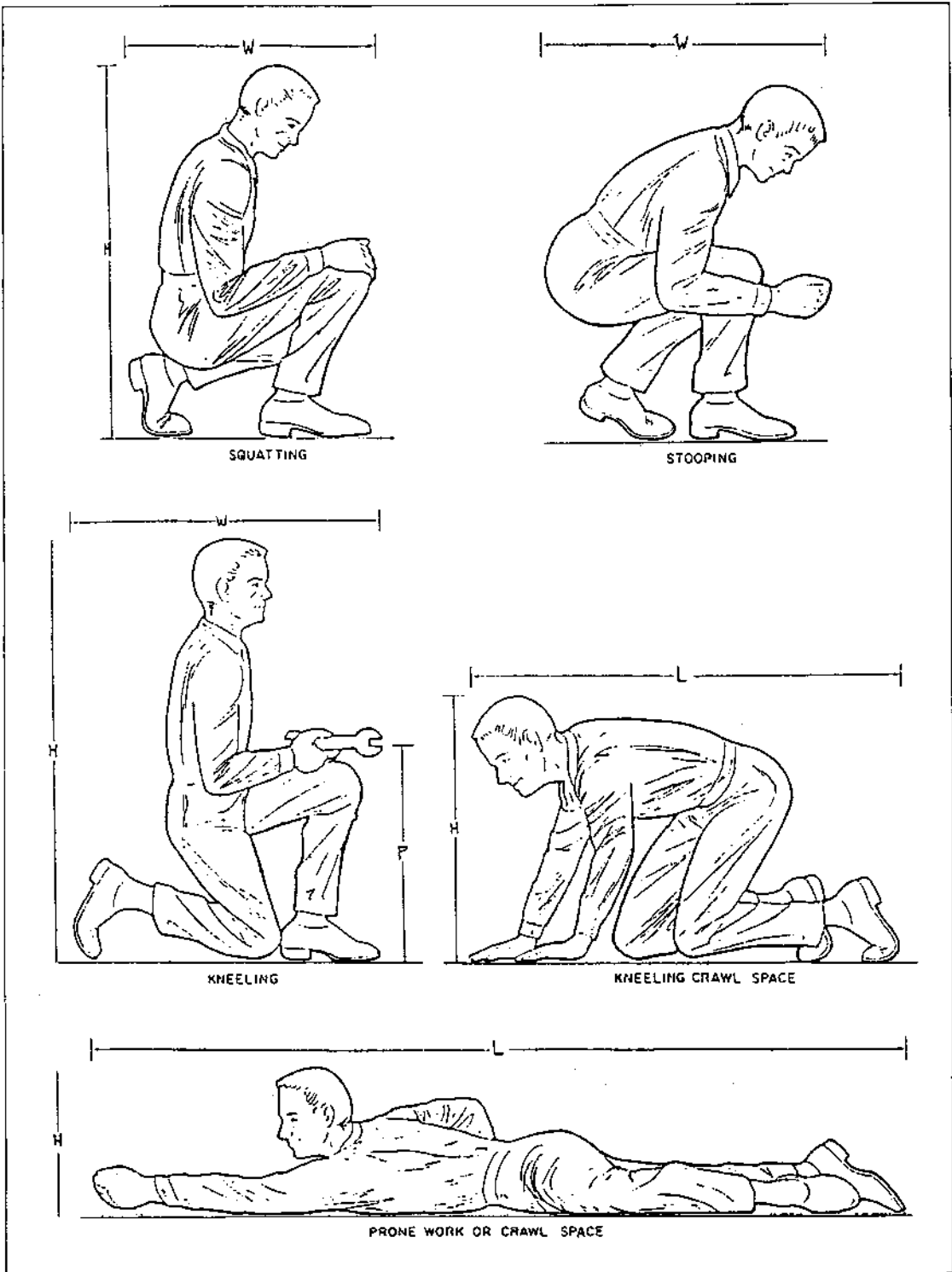


그림 2. 5가지 정비작업 자세

표 4. 정비성 1-정비작업 공간

(단위 : mm)

No.	품 목 구 분	자세구분	측 정 치 수				적합성
			H	W	P	L	
1	Battery Ass'y	2			O		O
2	Rectifier	5	360			O	X
3	Telephone Box	외부					O
4	Console	1	O	O			O
5	Controller	L, 5	330	O		O	X
6	송수신기	1	O	O			O
7	전원공급기	1	O	O			O
8	Hull Fan	2		O			O
9	Air Cleaner	외부					O
10	Radiator	외부					O

표 5. 정비성 2-사용장비/공구 공간

(단위 : mm)

No.	품 목 구 분	사용장비/공구	측 정 치 수				적합성
			←	↑	↓	→	
1	Battery Ass'y	복 3/4					O
2	AZ, Servo Amp,	손					O
3	AZ, Inductor	복 9/16, 연			205		O
4	Telephone Box	복 7/16					O
5	Console	렌 6					O
6	송수신기	손					O
7	전원공급기	복 7/16					O
8	Cable Meter	스			23		X
9	Air Cleaner	손			11	11	O
10	Torsion Bar	Bar Puller					O

는 표 5와 같다. 정비작업시 소요되는 장비/공구는 다음과 같으며, 표 5에는 약어로 기록하였다.

- 복 7/16 : 복스알 7/16인치
- 렌 5 : L형 렌치 5mm
- 드+(-) : +(-)자 드라이버

- 스 ; 스페너
- 연 ; 복스 연결대
- 통 ; 통 노우즈
- 손 ; 손으로 가능한 작업

표 5의 측정 치수란의 ←, ↑, ↓, →의 의미는 장비/공구를 사용하여 유니트 및 결합체를

분리하기 위한 장비/공구의 조작 방향을 나타내며, 적합성 판단이 중요한 경우만 실제 측정치를 기록하고 적합성 여부를 판단하였다. 적합하면 'O'으로, 부적합하면 'X'으로 표시하였고, 적합한데도 측정치수가 없는 항목은 조작 공간이 충분함을 나타낸다.

부적합한 유니트 및 결합체는 정비용 장비/공구조작이 용이하도록 유니트나 결합체를 재배치하거나 관련되는 장비/공구를 조작 공간에 부합하도록 특수 제작하여 사용하여야 한다.

4. 결 론

본 연구에서 제안된 개선안은 X-체계의 인간공학 요소 시험을 통한 두번째 안으로 첫번째 안(3년전에 수행)에 의한 설계 개선후의 X-체계를 대상으로 한 것이며, 이 안도 역시 다른 여러 시험을 통하여 얻어진 결과와 함께 설계개선에 반영시킬 예정이다.

실제로 첫번째 안의 개선안을 설계개선에 반영하여 운용과 정비면에서 많은 효과를 볼수 있었다. 인간공학 요소를 연구, 적용하는데 있어 이론과 실제적인 상황과의 차이에서 비롯되는 많은 난점을 느낄수 있었으며, 무기체계 고유 특성인 H/W 자체의 기능, 성능 및 공간상의 제약 조건으로 인하여 측정, 분석 및 개선이 불가능한 부분도 상당수 있었다. 비록 열악한 여건속에서나마 이론의 적용이 이루어진다면 무기 체계(특히 복합 정밀 무기체계)의 운용 및 정비 용이성이나 신뢰도 증진에 인간공학 요소는 많은 기여를 할수 있을 것이다. 또한 이러한 적용과정은 무기체계 개발 초기부터 단계적으로 적용함으로써 효과를 거둘수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 미 군사 규격치에 근간한 측정 자료를 토대로 분석, 평가하였으나 보다 정확하고 의미있는 분석, 평가가 되기 위해서는 한정된 규모라 하더라도 우리 실정에 부합하는 인간공학 실험을 통한 자료에 근거하여 적용 및 분석을 하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] MIL-STD-1472, Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities, Department of Defense, 1968
- [2] MIL-STD-1472B, Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities, Department of Defense, 1974
- [3] MIL-STD-1472C, Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities, Department of Defense, 1981
- [4] MIL-HDBK-759A, Human Factors Engineering Design for Army Material, Department of Defense, 1987
- [5] AMCP 706-134, Maintainability Guide for Design, Headquarters, US Army Material Command, 1972
- [6] MIL-H-46855, Human Engineering Requirements for Military Systems Equipment and Facilities, Department of Defense, 1968
- [7] 산업의 표준치 설정을 위한 국민 표준체위 조사 연구보고서, 한국과학기술연구소, 1980