

Digital Human Simulation (DHS)을 통한 인간공학적 헬리콥터 조종실 평가방법개발

(Development of an Ergonomic Assessment Method of
Helicopter Cockpit Using Digital Human Simulation)



박장운¹, 정기효¹, 이원섭¹, 유희천¹
엄주호², 이정효², 강병길², 박세권³



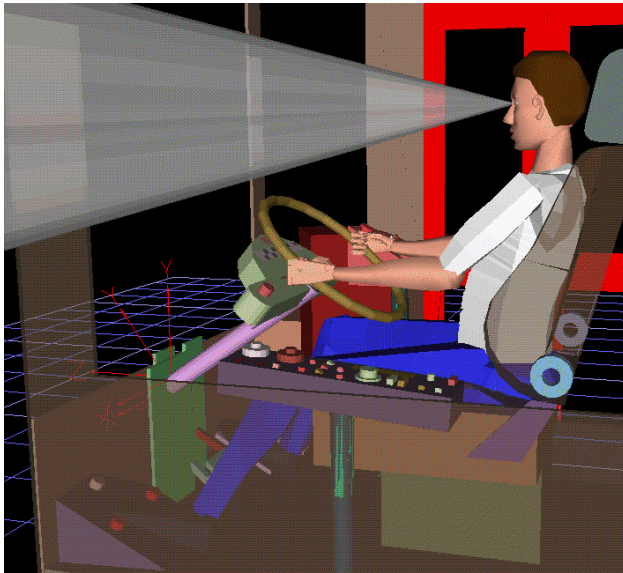
- 1 포항공과대학교 인간공학설계기술연구실
- 2 한국우주항공산업
- 3 공군사관학교

Agenda

- 연구 배경
- 연구 목적
- DHS 기반 인간공학적 평가 방법
- 평가 적용 사례
- 토의

연구 배경

- 헬리콥터, 크레인(crane), 자동차 조종/운전 공간에 대한 인간공학적 설계시 digital human simulation의 유용성
⇒ 개발 비용, 시간, 설계 오류 감소 효과



버스 운전석 평가 (You et al., 1999)



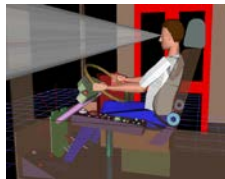
천장크레인 평가 (이상기 외, 2005)

기존 DHS 평가 절차

1. 대표인체모델 생성



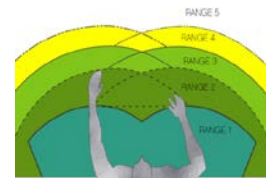
2. 수행 작업 정의



4. 정량적 평가

Task	Time	Posture	Frequency	Duration	Intensity	Recovery	Overall
Task 1	10	Neutral	10	10	10	10	10
Task 2	15	Neutral	15	15	15	15	15
Task 3	20	Neutral	20	20	20	20	20
Task 4	25	Neutral	25	25	25	25	25
Task 5	30	Neutral	30	30	30	30	30
Task 6	35	Neutral	35	35	35	35	35
Task 7	40	Neutral	40	40	40	40	40
Task 8	45	Neutral	45	45	45	45	45
Task 9	50	Neutral	50	50	50	50	50
Task 10	55	Neutral	55	55	55	55	55
Task 11	60	Neutral	60	60	60	60	60
Task 12	65	Neutral	65	65	65	65	65
Task 13	70	Neutral	70	70	70	70	70
Task 14	75	Neutral	75	75	75	75	75
Task 15	80	Neutral	80	80	80	80	80
Task 16	85	Neutral	85	85	85	85	85
Task 17	90	Neutral	90	90	90	90	90
Task 18	95	Neutral	95	95	95	95	95
Task 19	100	Neutral	100	100	100	100	100
Task 20	105	Neutral	105	105	105	105	105
Task 21	110	Neutral	110	110	110	110	110
Task 22	115	Neutral	115	115	115	115	115
Task 23	120	Neutral	120	120	120	120	120
Task 24	125	Neutral	125	125	125	125	125
Task 25	130	Neutral	130	130	130	130	130
Task 26	135	Neutral	135	135	135	135	135
Task 27	140	Neutral	140	140	140	140	140
Task 28	145	Neutral	145	145	145	145	145
Task 29	150	Neutral	150	150	150	150	150
Task 30	155	Neutral	155	155	155	155	155
Task 31	160	Neutral	160	160	160	160	160
Task 32	165	Neutral	165	165	165	165	165
Task 33	170	Neutral	170	170	170	170	170
Task 34	175	Neutral	175	175	175	175	175
Task 35	180	Neutral	180	180	180	180	180
Task 36	185	Neutral	185	185	185	185	185
Task 37	190	Neutral	190	190	190	190	190
Task 38	195	Neutral	195	195	195	195	195
Task 39	200	Neutral	200	200	200	200	200
Task 40	205	Neutral	205	205	205	205	205
Task 41	210	Neutral	210	210	210	210	210
Task 42	215	Neutral	215	215	215	215	215
Task 43	220	Neutral	220	220	220	220	220
Task 44	225	Neutral	225	225	225	225	225
Task 45	230	Neutral	230	230	230	230	230
Task 46	235	Neutral	235	235	235	235	235
Task 47	240	Neutral	240	240	240	240	240
Task 48	245	Neutral	245	245	245	245	245
Task 49	250	Neutral	250	250	250	250	250
Task 50	255	Neutral	255	255	255	255	255
Task 51	260	Neutral	260	260	260	260	260
Task 52	265	Neutral	265	265	265	265	265
Task 53	270	Neutral	270	270	270	270	270
Task 54	275	Neutral	275	275	275	275	275
Task 55	280	Neutral	280	280	280	280	280
Task 56	285	Neutral	285	285	285	285	285
Task 57	290	Neutral	290	290	290	290	290
Task 58	295	Neutral	295	295	295	295	295
Task 59	300	Neutral	300	300	300	300	300
Task 60	305	Neutral	305	305	305	305	305
Task 61	310	Neutral	310	310	310	310	310
Task 62	315	Neutral	315	315	315	315	315
Task 63	320	Neutral	320	320	320	320	320
Task 64	325	Neutral	325	325	325	325	325
Task 65	330	Neutral	330	330	330	330	330
Task 66	335	Neutral	335	335	335	335	335
Task 67	340	Neutral	340	340	340	340	340
Task 68	345	Neutral	345	345	345	345	345
Task 69	350	Neutral	350	350	350	350	350
Task 70	355	Neutral	355	355	355	355	355
Task 71	360	Neutral	360	360	360	360	360
Task 72	365	Neutral	365	365	365	365	365
Task 73	370	Neutral	370	370	370	370	370
Task 74	375	Neutral	375	375	375	375	375
Task 75	380	Neutral	380	380	380	380	380
Task 76	385	Neutral	385	385	385	385	385
Task 77	390	Neutral	390	390	390	390	390
Task 78	395	Neutral	395	395	395	395	395
Task 79	400	Neutral	400	400	400	400	400
Task 80	405	Neutral	405	405	405	405	405
Task 81	410	Neutral	410	410	410	410	410
Task 82	415	Neutral	415	415	415	415	415
Task 83	420	Neutral	420	420	420	420	420
Task 84	425	Neutral	425	425	425	425	425
Task 85	430	Neutral	430	430	430	430	430
Task 86	435	Neutral	435	435	435	435	435
Task 87	440	Neutral	440	440	440	440	440
Task 88	445	Neutral	445	445	445	445	445
Task 89	450	Neutral	450	450	450	450	450
Task 90	455	Neutral	455	455	455	455	455
Task 91	460	Neutral	460	460	460	460	460
Task 92	465	Neutral	465	465	465	465	465
Task 93	470	Neutral	470	470	470	470	470
Task 94	475	Neutral	475	475	475	475	475
Task 95	480	Neutral	480	480	480	480	480
Task 96	485	Neutral	485	485	485	485	485
Task 97	490	Neutral	490	490	490	490	490
Task 98	495	Neutral	495	495	495	495	495
Task 99	500	Neutral	500	500	500	500	500
Task 100	505	Neutral	505	505	505	505	505

3. 신체부하 평가 척도 개발



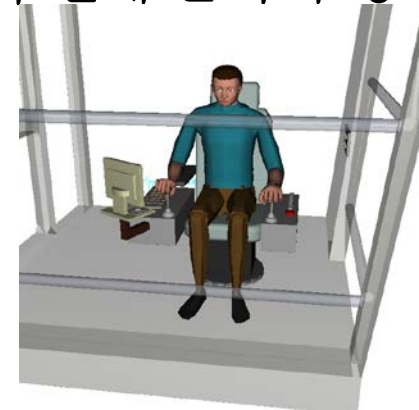
기존 연구 한계

- 기존 연구는 DHS를 활용하여 시계성, 도달성, 자세측면 등을 고려하여 특정 설계의 정량적인 평가를 수행하였지만, 다양한 작업 특성, 작업 발생 빈도, 인간공학적 평가 척도, 세부 인체 부위를 고려한 **종합적인 평가는 미흡**
- **민감도 분석, trade-off 분석** 등과 같은 최적화 설계 분석 수행 한계



< 개선 전 >

	목	허리	어깨	팔꿈치	손목	합계
부하점수	3	3	3	2	0	11



< 개선 후 >

	목	허리	어깨	팔꿈치	손목	합계
부하점수	1	0	0	1	0	2

연구 목적

- 종합적인 DHS 기반 인간공학적 평가 기법 개발
- 개발된 기법을 헬리콥터 설계 및 평가에 적용



W₁~5: 가중치

평가 체계

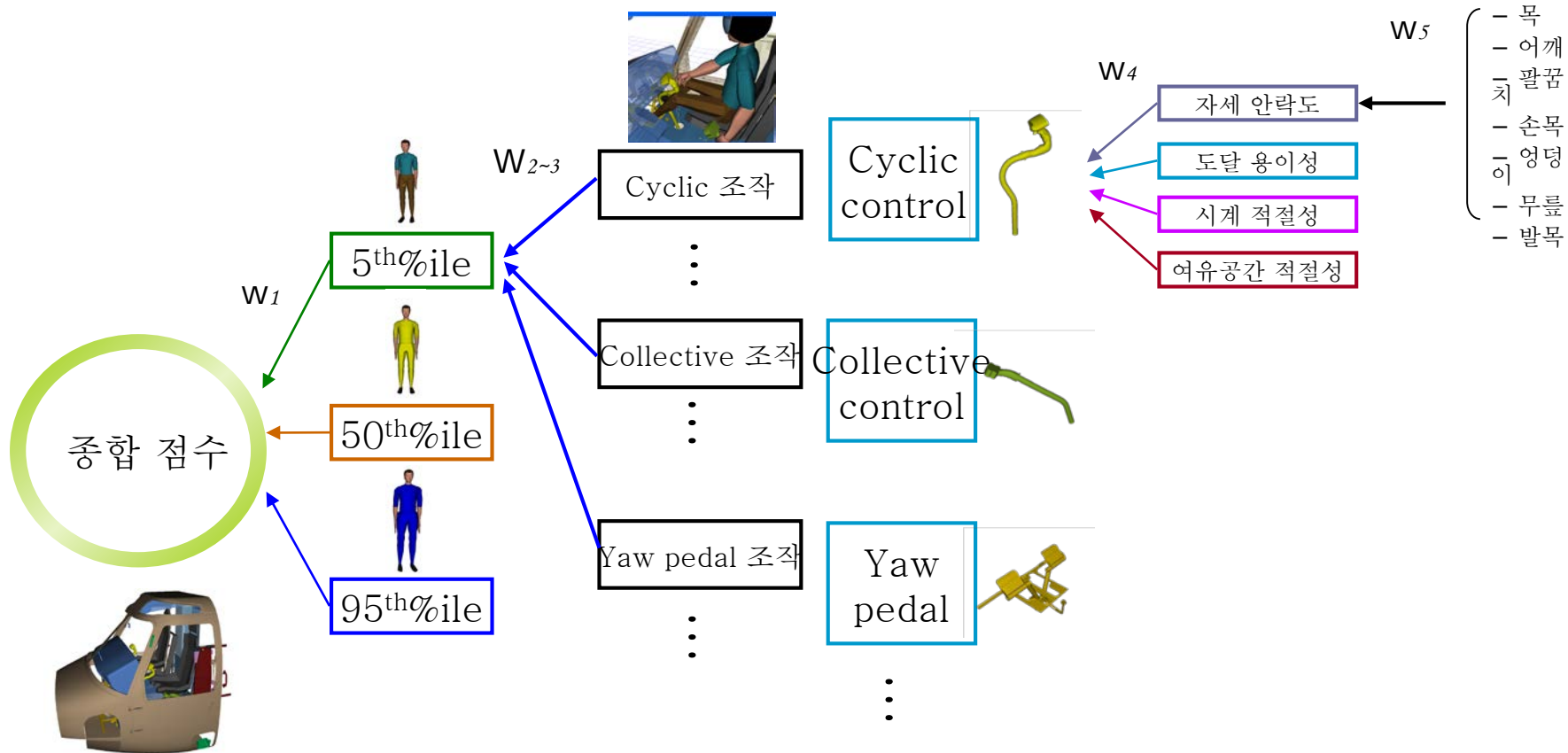
종합

대표인체모델

조종 작업 및 관련 설계 요소

평가 척도

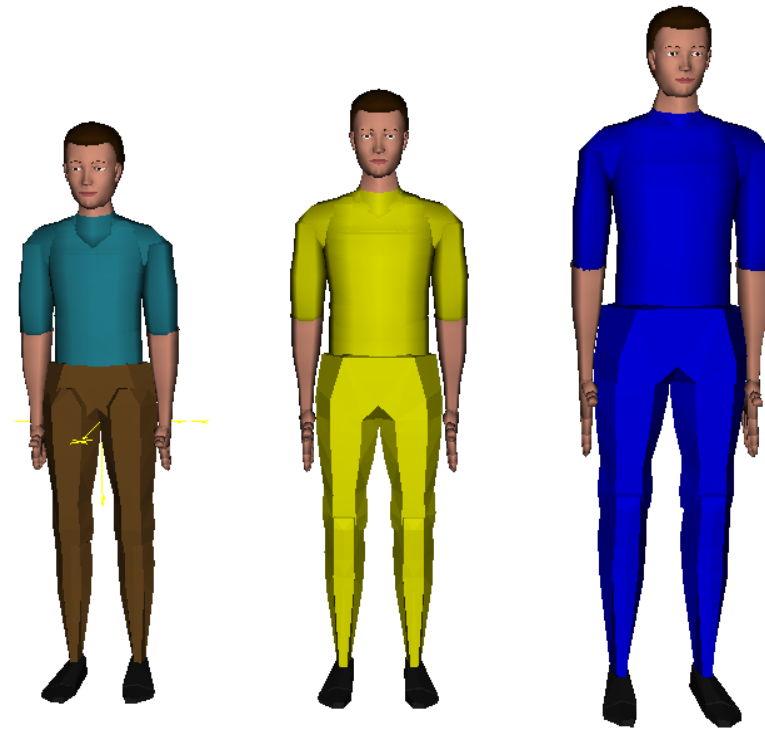
신체 부위



대표인체모델 생성

- 대표인체모델 3명 생성: 한국 육군 헬리콥터 조종사(조자영 외, 2007)와 US Army 인체측정자료(Gorden, 1988) 기반

순번	인체변수
1	Acromial height
2	Biacromial breadth
3	Buttock-knee length
4	Buttock-popliteal length



5th%ile

50th%ile

95th%ile

16	Stature
17	Thigh circumference
18	Thigh clearance
19	Thumb-tip reach
20	Waist circumference
21	Weight

조종 작업

- UH-60 승무원 훈련교범(육군항공학교, 2006년 1월 발간)과 조종사 의견을 수렴하여 헬리콥터 조종 작업을 정의 (비행 전, 비행 중, 비상시, 비행 후 작업)

비행 전
작업

비행 작업

비상시
수행되는
작업

비행 후
작업

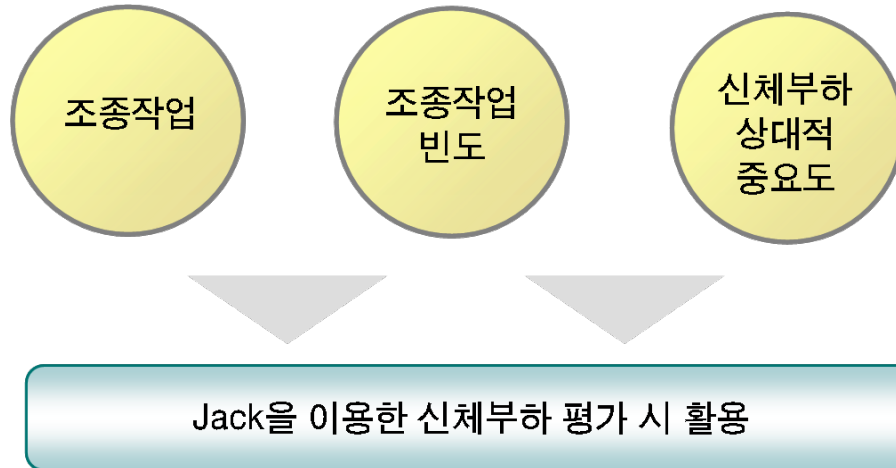
구분	작업
비행(In-flight) 작업	Engine 시동 계통 조작
	Cyclic 조작
	Collective 조작
	Yaw pedal 조작
	Instrument panel 조작
	Console 조작
	Upper console 조작

설문 분석을 통한 가중치 설정

II.1 비행 전(Pre-flight) 작업

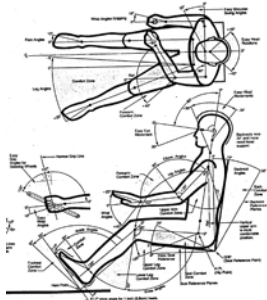
☞ 아래의 비행 전 수행되는 각 작업의 발생 빈도(1~3점)를 기입하시고, 각 작업에 연관된 신체 부하 항목의 중요도(1~3점)를 평가(✓)하여 주십시오. (주) "X"가 표시된 셀(cell)은 표시하지 않으셔도 됩니다.

비행 전 작업	발생 빈도			신체 부하 항목과의 연관 중요도											
				자세			도달성			시계성			여유공간		
	낮음	보통	높음	낮음	보통	높음	낮음	보통	높음	낮음	보통	높음	낮음	보통	높음
탑승(ingress)	①	②	③	①	②	③	X	X	X	X	X	X	①	②	③
조종석 위치변경장치 조작	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
Yaw 페달 위치변경장치 조작	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
안전벨트 체결	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	X	X	X
Switch 및 control의 상태 점검 (before-starting check)	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	X	X	X
Parking brake 해제	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	X	X	X

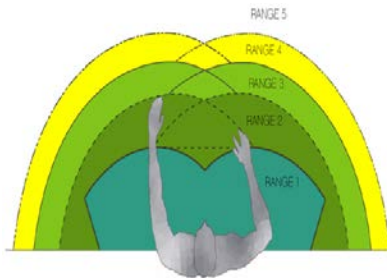


신체부하 평가 척도

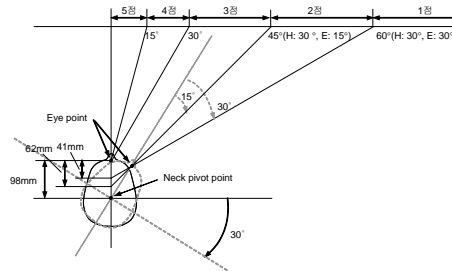
No.	평가척도	정의
1	자세 안락도	조종사가 조종작업 수행시 편안한 자세를 유지하는 정도
2	도달 용이성	조종사가 조종실 설계요소에 용이하게 도달할 수 있는 정도
3	시계 적절성	조종사가 조종실 계기를 편안하게 볼 수 있는 정도
4	여유공간 적절성	조종사의 신체와 설계요소 간의 여유공간 정도



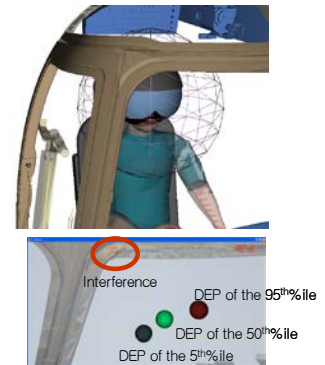
1) 자세 안락도



2) 도달 용이성



3) 시계 적절성



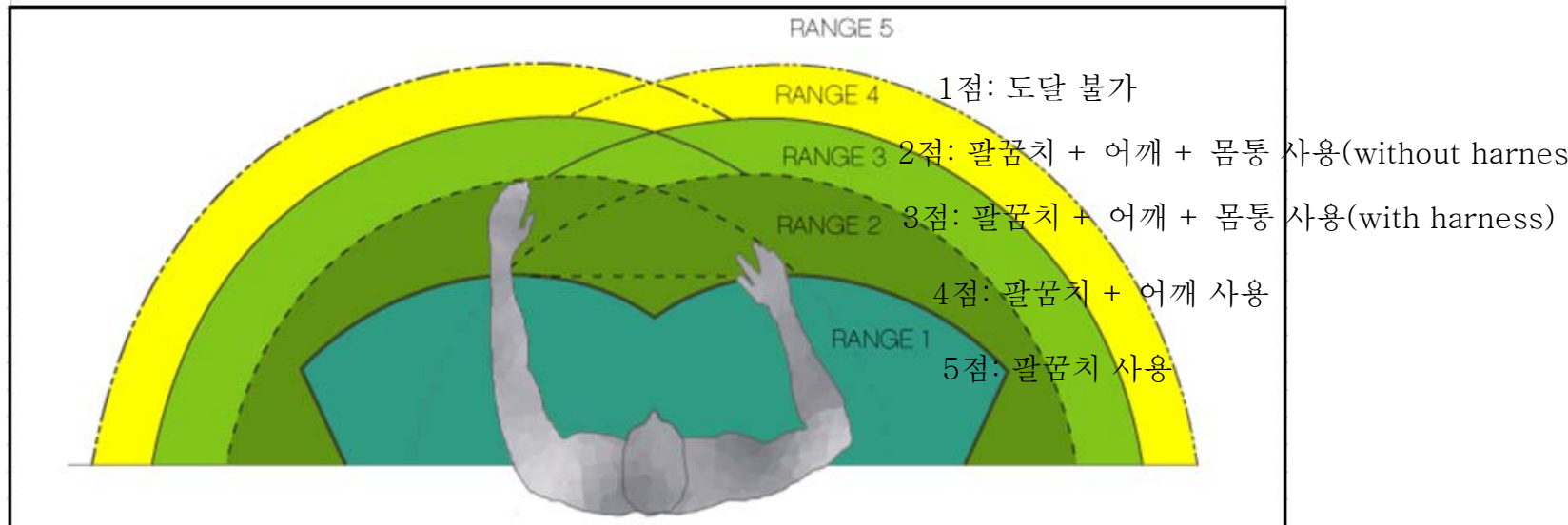
4) 여유공간 적절성

참고문헌: Kroemer et al. (1994), Diffrient et al. (1981), MIL-STD-1333 (1987), Sanders and McCormick (1992), 신승우, (2004)

도달 용이성 평가 척도

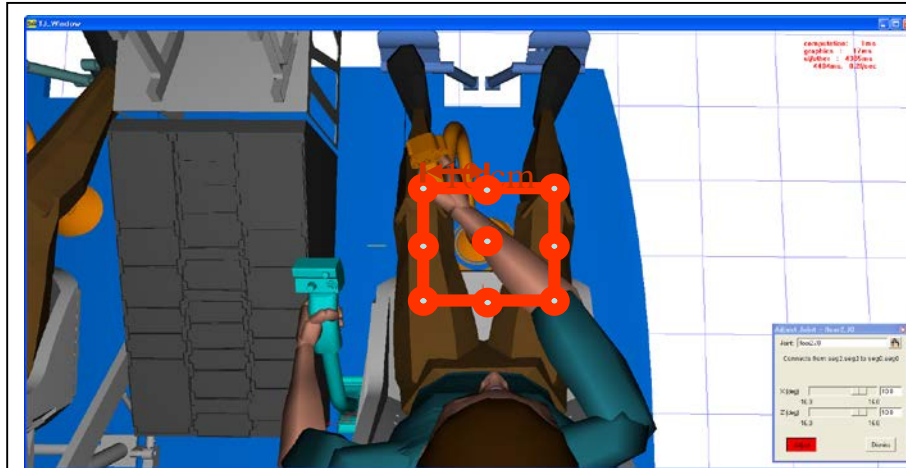
- 신체(팔꿈치, 어깨, 몸통)를 사용하여 손이 도달할 수 있는 영역을 고려하여 도달 용이성

5 등급 평가체계 개발

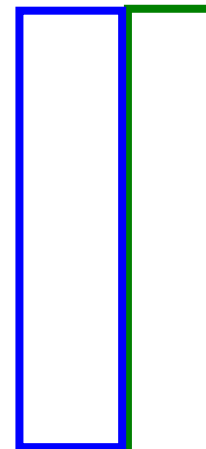


참고문헌 : MIL-STD-1333 (1987), Sanders and McCormick (1992)

평가 방법 적용 예시




평가 대상	Cyclic control	
평가 항목	자세 안락도	●
	도달성	●
	시계성	
	여유성	●
비고	상하 10cm씩, 총 9개 point에서 분석	



신체부위별 중요도 점수 평가척도


총점

종합적 평가 결과 도출




A 3D model of a male figure in a blue shirt and brown pants, representing the 5th percentile. Below the model are several small screenshots of software interfaces showing data tables and graphs, with an ellipsis indicating more data.

Cyclic control 9개 위치 평가
(5thile 대표인체모델)



A 3D model of a male figure in a yellow jumpsuit, representing the 50th percentile. Below the model are several small screenshots of software interfaces showing data tables and graphs, with an ellipsis indicating more data.

(50thile 대표인체모델)



A 3D model of a male figure in a blue jumpsuit, representing the 95th percentile. Below the model are several small screenshots of software interfaces showing data tables and graphs, with an ellipsis indicating more data.

(95thile 대표인체모델)



토의

- DHS를 통한 헬리콥터 조종실 설계의 종합적(자세, 시계, 도달, 여유), 정량적 분석
- 서로 다른 헬리콥터 기준들간의 점수 비교를 통해 설계 특성 분석 및 개선 사항 평가시 활용

Q & A

경청해 주셔서 감사합니다!

