

단일 요인을 활용한 비언어적 감정 표현 설계 연구: 적정 기술 기반 소셜 로봇 디자인 접근법

A Study of Nonverbal Emotion Expression Design Using Single Factors: Appropriate Technology Approach to Social Robot Design

심민지
Minji Sim
홍익대학교
Hongik University
alswl2sim@gmail.com

이재룡
Jaeryong Lee
홍익대학교
Hongik University
jaeryong99@naver.com

황석영
Seokyoung Hwang
홍익대학교
Hongik University
y0ung@g.hongik.ac.kr

박효상
Hyosang Pak
홍익대학교
Hongik University
jacobpak89@g.hongik.ac.kr

박기철*
Kicheol Pak
홍익대학교
Hongik University
hide@hongik.ac.kr

*교신저자(Corresponding Author):hide@hongik.ac.kr

요약문

소셜 로봇에 대한 사회적 관심은 정서적 돌봄 수요 증가와 함께 증가하고 있으나, 복잡한 설계와 높은 제작 비용으로 인해 대중화가 제한되고 있다. 본 연구는 최소한의 모션을 통해 소셜 로봇이 사용자와 효과적으로 정서적 상호작용을 수행할 수 있는지 소셜 로봇이 표현하기 적합한 4 가지의 감정표현으로 검증하고, 단순화된 요인들의 감정 평가 영향의 중요도 순위를 분석하였다. 실험 결과, 로봇은 단일 요인(눈, 림 라이트, 팔, 머리)만으로도 기쁨, 슬픔, 놀라움, 분노를 충분히 표현 가능하였다. 또한 놀라움은 긍정/부정으로, 분노는 능동/수동의 세부 감정으로 구분이 가능하였고, 단일 요인만으로 세부 감정을 충분히 표현 가능하였다. 또한, 머리와 눈 요인이 감정 표현에서 가장 높은 기여도를 보였고, 림 라이트와 팔의 영향은 상대적으로 미미하였다. 그 결과, 머리와 눈 중심의 최소한의 모션 설계는 설계 단순화와 비용 절감을 동시에 달성할 수 있음을 시사한다. 따라서 본 연구 결과는 최소 자원으로 감정 전달 효과를 극대화할 수 있는 설계 전략을 제안하며, 소셜 로봇의 대중화와 실질적 활용 가능성을 높이는 데 기여할 것이다.

주제어

HRI (Human-Robot Interaction), Social Robot, Robot Design, Emotional Expression, Nonverbal Communication, Simplifying Design

1 서론

1.1 연구의 배경

인공지능과 로봇 기술의 발전은 다양한 산업에서 혁신을 가져오고 있으며, 특히 고령화 사회의 가속화와 돌봄 서비스 수요의 증가로 인해 소셜 로봇(Social Robot)에 대한 관심이 크게 높아지고 있다[1]. 특히, 정서적 지원의 필요성이 증가하는 사회적 흐름 속에서, 소셜 로봇의 활용은 인간의 감정적 요구를 충족시키고 사회적 고립을 완화하기 위한 유망한 해결책으로 주목받고 있다. 이에 따라, 소셜 로봇 연구 중 사용자-로봇 간 상호작용 (Human-Robot Interaction, HRI)이 주요 연구 주제로 부상하고 있다[2]. HRI는 사용자가 로봇과 자연스럽게 직관적으로 소통하며 정서적 교감을 형성할 수 있도록 설계하는 데 초점을 맞춘다.

그러나 소셜 로봇을 활용한 정서적 지원에 대한 요구는 증가하고 있지만, 높은 제작 및 개발 비용으로 인해 아직 충분히 보급되지 못하고 있는 상황이다[3]. 만일 최소한의 모션으로도 인터랙션이 충분히 가능한 소셜 로봇을 개발한다면, 제작 비용을 절감할 수 있을 것이다. 이는 소셜 로봇에 대한 대중의 접근성을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

기존 연구들은 로봇의 다양한 모션이 감정을 표현하는 데 효과적임을 주장하고 있으나, 최소한의 모션(minimal motion)으로 감정을 표현하는 접근에 대한 연구는 상대적으로 미진하다[4]. 연구에 앞서 진행한 소셜 로봇에 대한 선행 연구는 [표 1]로 정리하였다.

표 1. 소셜 로봇 선행 연구

키워드	연구 내용 요약
사용 효과	우울증 및 심리 치료 관련 연구에서 심리적 안정과 사회적 연결감을 증진할 수 있는 효과가 증명됨[5]
모션을 통한 커뮤니케이션	신체 언어는 감정 상태와 태도를 전달하는 데 중요한 역할을 함[6]
감정 표현	로봇은 하나의 감정을 선택하여 감정을 표현하며, 이 때문에 사람처럼 여러 감정이 동시에 표현될 수 없음[7]

따라서 최소한의 모션에 대한 선행 연구의 미진함을 보완하여, 기술 및 비용 효율적인 로봇 제작의 초석을 제공하고, 나아가 소셜 로봇의 복잡한 설계 및 제작 비용에 대한 제약을 극복하고자 한다.

1.2 연구 목표

본 연구는 소셜 로봇의 감정 표현을 위한 복잡한 구조 설계 및 높은 비용 문제를 해결하고 정서적 돌봄 수요에 효과적으로 대응하기 위해, 최소한의 모션을 사용하는 소셜 로봇이 실제 사용자와의 정서적 상호작용에 효과적인지 검증하고자 한다. 소셜 로봇의 감정 표현 설계를 단순화하고 최적화함으로써, 최소한의 기술적 자원을 활용해 최대의 감정 표현 효과를 끌어내고자 하며, 이는 정서적 돌봄을 위한 소셜 로봇 개발 및 대중화에 기여하는 데 목적을 두고 있다.

따라서 소셜 로봇이 단일 요인을 활용하여 로봇의 기본적인 감정을 효과적으로 전달할 수 있는지 검증하고, 사용자와의 인터랙션에서 각 요인의 상대적 중요도를 규명하는 것을 목표로 한다. 황석영 외(2024)[8]의 연구에 따르면, 6 가지 기본 감정(기쁨, 슬픔, 놀라움, 분노, 혐오, 두려움) 중 소셜 로봇이 표현하기 부적합한 감정이라고 생각되는 혐오와 두려움을 제외하고 실험을 진행하였다. 또한 해당 논문에서 놀라움과 분노는 세부 감정으로 이해될 수 있다는 가능성을 확인하였다. 로봇이 단일 요인만으로 감정을 표현하였을 때, 상황 맥락이 없이도 사용자가 혼란 없이 정확하게 감정을 인지할 수 있도록, 로봇의 감정 표현의 정확도를 높일 필요가 있다. 따라서 단일 요인이 세부 감정(놀라움(긍정/부정), 분노(능동/수동))에 대

하여 충분한 설명력을 갖출 수 있는지 또한 검증하고자 한다. 구체적인 연구 목표는 [표 2]로 정리하였다.

표 2. 연구 목표

항목	검증 내용	목표
단일 요인과 기본 감정표현 (4 가지)	기쁨, 슬픔, 놀라움, 분노 각각의 감정을 단일 요인으로 표현 가능한가?	로봇의 감정 표현 시 단일 요인의 설명력을 검증하여, 로봇 설계의 효율화
단일 요인의 세부 감정(놀라움, 분노)에 대한 설명력	놀라움(긍정/부정)과 분노(능동/수동)의 세부 감정을 단일 요인으로 설명 가능한가?	로봇이 단일 요인만으로 감정을 표현하였을 때, 상황 맥락 유무와 관계 없이, 사용자가 정확히 인지할 수 있도록 감정 전달의 정확도를 높일 필요성 확인
감정 표현에 대한 각 단일 요인의 중요도	단일 요인 중 감정 표현에 가장 중요한 영향을 미친 요인은 무엇인가?	최소한의 요소로 최대의 인터랙션 효과를 달성할 수 있는 단일 요인 도출

2 실험 설계

2.1 실험용 로봇

실험에 앞서, 실험에 사용할 소셜 로봇을 제작하였다. 로봇은 최소한의 부품으로 최소한의 모션만을 사용하여 감정 표현을 수행하여 실험의 주요 목적을 달성하는 데 초점을 맞추었다.

본 로봇의 단일 요인으로 눈(E), 림 라이트(L), 팔(A), 머리(H)를 선정하였다.

선행 연구에 따르면, 로봇의 눈 표현이 감정 전달에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되었다[9]. 그러나 선행 연구는 눈을 이용한 다양한 표정으로 단일 요인 검증이 불가능한 한계가 있어, 본 실험은 단일 요인으로 검증하고자 한다. 움직임 설계는 황석영(2024)[8]의 연구를 참고하여 동일하게 설계하였다. 이는 동일 조건에서 세부 감정에 대한 감정 전달의 정확도를 재 검증하여 수행하기 위함이다.

2.1.1 외형 이미지

실험을 위해 설계된 로봇의 형상은 그림[1]과 같으며, 감정 표현을 위한 각 요인의 배치를 시각적으로 확인할 수 있다.

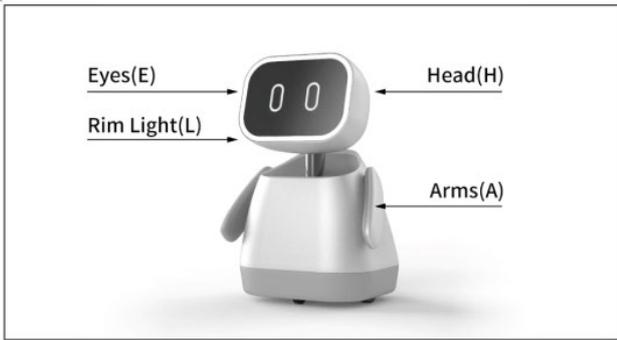


그림 1. 실험용 로봇 외형

2.1.2 단일요인 설계 및 변수화

로봇의 초기 상태를 ‘모션 대기 상태’로 설정하여 모든 요인이 비활성화된 상태에서 동작을 시작하도록 하였다. 이를 통해 특정 요인이 활성화된 이후의 변화를 실험자가 더 명확히 관찰하고 비교할 수 있도록 하였다. 실험용 로봇의 4 가지 요인(E, L, A, H)을 단일 요인으로 사용하기 쉽도록 기호로 구분하여 명시하였고, 회귀분석에서 결과 해석을 명확히 하기 위해 이진법 기반(0 과 1)으로 표현하였다. 요인 변수화에 대한 세부 내용은 [표 3]으로 정리하였다.

표 3. 요인 변수화

요인 (기호)	변수 (0: 꺼짐 / 1:켜짐)
기본 (P)	-
눈 (E)	0,1
림 라이트 (L)	0,1
팔 (A)	0,1
머리 (H)	-1, 0, 1 (-1 숙이기, 0 가만히 있기, 1 들기)

2.2 설문지 설계

단일 요인은 로봇이 감정을 전달하기 위해 사용하는 하나의 모션 방식을 의미하며, 이러한 단일 요인만을 사용하여 로봇과 사용자 간 정확도가 높은 감정적 인터랙션이 가능한지 검증하고자 한다. 이를 [표 4]로 정리하였다.

표 4. 독립 변인 분류표

분류 코드	이미지	단일 요인 표현 방식	모션 절차
-------	-----	-------------	-------

0000		-	대기상태
1000		눈(E)	타원 형태는 눈 그래픽 커짐
0100		림라이트(L)	백색광이 머리 테두리에 커짐
0010		팔(A)	0 도에서 +30 도 앞 방향으로 움직임
000-1		머리(H)	0 도에서 -30 도 아래 방향으로 숙임
0001		머리(H)	0 도에서 +30 도 위 방향으로 들기

황석영 외(2024)[8]의 연구에서는 놀라움과 분노가 각각 두 가지 형태, 즉 긍정/부정(놀라움)과 능동/수동(분노)으로 인식될 수 있다고 예측하였다. 따라서 긍정적 놀라움은 기쁜 감정과, 부정적 놀라움은 당황스러운 감정과 유사할 것이라는 가설을 설정하였다. 또한 Russel, J. A.(1980)[10]의 연구를 기반으로 능동적인 분노는 일반적인 분노를 의미하며, 수동적인 분노는 슬픔과 유사하게 인식될 가능성이 있다고 예상하였다.

따라서 본 실험 설문지는 놀라움은 긍정/부정으로, 분노는 능동/수동으로 세부 항목을 추가로 설정하였다. 최종적으로 설계된 설문지는 [표 5]로 정리하였다.

표 5. 실험 설문지

감정	시나리오	1 순위 감정 표현	2 순위 감정 표현
1.기쁨	로봇이 의자를 치워주었다.	요인 선택/이유 서술	요인 선택/이유 서술
2.슬픔	로봇이 벽에 부딪혔다.	요인 선택/이유 서술	요인 선택/이유 서술

3.놀라움 (긍정/부정)	3.1 로봇에게 깜짝 선물을 주었다. /3.2 실수로 로봇을 쳤다.	요인 선택/이유 서술	요인 선택/이유 서술
4.분노(능동/수동)	로봇의 뒤통수를 때렸다. - 4.1 적극적으로 화를 내는 경우 /4.2 로봇이 혼자 분을 삭히는 경우	요인 선택/이유 서술	요인 선택/이유 서술

사후인터뷰

단일 요인 중 감정 평가에 큰 영향을 미친 순서대로 나열, 그 이유를 설명

요인-감정 상관 강도	각 요인이 감정에 미치는 영향	모션 (요인)-감정 간 관계 강도	크래머 V 상관 관계 분석
빈도 분석 (단일요인)	응답의 중요도 및 실제 유효성	응답 구성 비율 분석	1 순위(1.0), 2 순위 (0.5)로 빈도 분석
빈도 분석 (사후인터뷰)	응답 비율 및 경향성 확인	응답자들의 응답 분포 분석	1 순위(1.0), 2 순위 (0.5)로 빈도 분석

3 결과

3.1 설문 분석

교차분석에서의 p-value 는 응답 동질성을 확인하기 위한 것으로, $p > 0.05$ 일 때 동질성을 나타낸다고 본다. 명목척도의 요인과 감정 간의 상관관계 강도는 크래머 V 계수를 기준으로 분석하였으며, 계수 값이 0.3 이하일 경우 낮은 상관관계로 무시할 수 있고, 0.3 이상 0.5 이하는 약한 상관관계, 0.5 이상 0.7 이하는 중간 정도, 0.7 이상 0.9 이하는 높은 상관관계, 그 이상은 매우 높은 상관관계로 분류하였다[13].

또한, p-value 와 상관관계만으로 경향성을 판단하지 않도록 유의할 필요가 있다. 따라서 분석 결과를 확인할 때는 빈도 분석도 함께 고려하여, 특정 요인이 50% 이상 도출된 경우 이를 유의미한 응답으로 판단하였다[14]. 설문 분석 결과는 [표 7]로 정리하였다.

2.2.1 진행 방식

사용자 실험은 감각 기관 중 시각만을 이용해 진행되었으며, 앞서 설계한 실험용 로봇 형상을 모니터 화면에 띄워 진행하였다. 선행 연구인 ‘황석영 (2024)[8]’에서는 사전 설명에 따른 응답 동질성 및 적절한 모집단 검증이 미진하여, 본 실험에서 보완하여 진행하였다. 또한 인원은 남/여 20 대 대학생 30 명으로 구성되었다. 본 실험 방식을 요약하여 [그림 2]로 정리하였다.

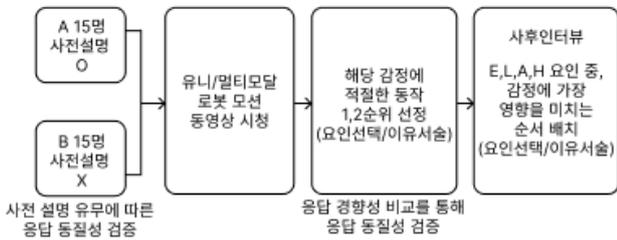


그림 2. 실험 방식 요약

2.2.2 분석 기법

실험값 분석과 계산은 ‘허순영 외(2008)’, ‘Fowler, F. J. Jr. (1995)’을 참고하여 계산을 진행하였다[11,12]. 본 실험에서 사용된 분석 기법을 [표 6]으로 정리하였다.

표 6. 분석 기법

구분	분석 목적	분석 내용	분석 방법
응답 우연성 검증	응답이 우연에 의한 것 인지	A, B 집단 응답 우연성	일표본 이항검증 수행
동질성 검증	A, B 집단의 동질성	A, B 집단 응답 경향성 동일 여부	카이제곱 교차분석 수행

표 7. 분석 결과

감정	일표본 이항검증		교차분석			분류코드
	p-value (A/B)	우연성 (A/B)	카이제곱	크래머 V	p-value	
기쁨	0.00	유효	-	-	-	완전 동일 1000
슬픔	0.03/0.00	유효	3	.333	.07	유효** 000-1
놀라움 (긍정)	0.03/0.02	유효	7	.426	.07	유효** 1000

놀라움(부정)	0.02/0.00	유효	6.27	.48	.18	유효	0001
분노(능동)	0.01/0.00	유효	3.39	.32	.34	유효	0010
분노(수동)	0.01/0.02	유효	1.32	.02	.52	유효	000-1

분석 결과 일표본 이항검정에서 p-value 는 모두 0.05 이하 값이 도출되었으므로, 사전 설명 유무에 따라 나누었던 두 집단의 응답의 우연성의 유효함이 확인되었다. 따라서 모든 결과가 유의미하다고 해석할 수 있다. 또한 교차분석에서는 p-value 가 모두 0.05 이상의 값으로 도출되어, 동질성 검증에서 유효하게 분석되었다. 슬픔과 놀라움(긍정)의 유효**는 p-value 가 임계점에 달한 것으로 A-B 각각 2 번 응답 빈도를 제외한 다른 빈도 값이 다르게 나온 영향 때문이다.

3.2 사후 인터뷰 분석

사후 인터뷰 결과를 바탕으로, 빈도 분석을 진행하고 로봇의 각 모션 요인이 사용자의 감정 인식에 미치는 영향을 중요도 순서대로 배치하였다. 순위 평가 유의확률을 보기 위한 Cohen의 가중 카파 분석에서, 1 순위 외에는 유의미함을 나타내지 않았기 때문에, 사용자의 감정 인식에 영향을 주는 요인 순서는 '1 순위 평가'인 'H> E> L = A'로 분석되었다. 사후 인터뷰 분석 결과는 [그림 3]으로 정리하였다.

그림 3. 빈도분석 결과

빈도분석 결과 (n=30)	1순위 평가					Cohen의 가중 카파						
	분류	빈도	퍼센트	유효 퍼센트	누적 퍼센트	등급	가중 카파a	근사			95% 근사 신뢰구간	
								표준 오차b	z	p-value	하한	상한
						1순위 - 2순위	-0.463	0.123	-2.592	0.01	-0.705	-0.222
E	12	40	40	40	1순위 - 3순위	-0.652	0.086	-3.788	<.001	-0.82	-0.484	
L	2	6.7	6.7	46.7	1순위 - 4순위	-0.133	0.099	-1.116	0.264	-0.327	0.061	
A	2	6.7	6.7	53.3	2순위 - 3순위	-0.19	0.106	-1.062	0.288	-0.399	0.018	
H	14	46.7	46.7	100	2순위 - 4순위	-0.145	0.11	-1.097	0.272	-0.36	0.069	
전체	30	100	100		3순위 - 4순위	0.083	0.128	0.665	0.506	-0.168	0.333	

분석 결과를 통해, 앞서 언급한 선행 연구를 보완하여 단일 요인으로 진행하여도, 얼굴 부위를 통해 감정을 보는 영향이 크다는 것을 검증 가능하였다.

3.3 결과 요약

실험 결과를 요약하여 [표 8]로 정리하였다.

표 8. 실험 결과

감정	세부 감정	단일요인	코드
기쁨	-	눈 E(1)	1000
슬픔	-	머리 H(-1)	000-1
놀라움	긍정	눈 E(1)	1000
	부정	머리 H(1)	0001
분노	능동	팔 A(1)	0010
	수동	머리 H(-1)	000-1

4 결론

앞서 설정한 연구 목표를 바탕으로 실험을 진행하여 도출된 결론을 다음 3 가지로 정리하였다.

첫 번째, 단일 요인만으로 로봇이 표현하는 기본 감정표현을 사용자가 정확히 인식할 수 있음을 확인하였다. 본 연구를 통해 눈(E), 림라이트(L), 팔(A), 머리(H) 요인을 사용하여 사용자에게 정확히 표현한 감정은 기쁨, 슬픔, 놀라움, 분노이다. 이는 소셜 로봇의 설계에 있어 최소화된 부품과 모션만으로도 충분한 감정 표현이 가능하다는 점을 실증적으로 보여준다.

두 번째, 로봇의 세부 감정 표현에서 놀라움은 긍정/부정으로, 분노는 능동/수동으로 사용자에게 인식될 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 단일 요인이 각 세부 감정을 효과적으로 전달할 수 있으며, 동일 요인을 통해 슬픔과 수동적 분노처럼 여러 감정이 인식될 수 있음을 밝혀냈다. 특히, 수동적 분노는 슬픔과 동일한 단일 요인을 통해 인식되었으며, 이는 Russell(1980)[10]의 연구 결과와 일치한다. 또한, 상황 맥락이 제공될 경우 동일한 단일 요인을 사용한 감정들도 구별 가능함을 확인하였다.

세 번째, 빈도 분석 결과에 따르면 감정 평가에 대한 단일 요인의 기여도는 '머리(H) > 눈(E) > 림라이트(L) = 팔(A)'의 순서임을 확인하였다. 분석 결과에서 응답 빈도의 87%가 머리와 눈 요인에 집중되었다. 이는 로봇의 얼굴 부근 표현이 사용자에게 가장 강력한 감정적 영향을 준다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 소셜 로봇 설계에서 머리와 눈 요인의 비중을 높이고, 상대적으로 설명력이 낮은 림라이트와 팔 요인은 간소화하는 것이 기술적 효율성과 비용 절감 측면에서 합리적임을 시사한다.

따라서 본 연구를 통해 단일 요인으로도 기본 감정 4 가지를 충분히 표현 가능하다는 가설을 검증하였다. 따라서 설명력이 낮은 다른 요인들은 제거 또는 간소

화하고 머리와 눈 요인만을 활용하여 소셜 로봇의 상호작용을 설계한다면, 감정 표현의 효과를 극대화하면서도 설계 요인과 제작 비용을 최소화하는 효율적인 디자인이 가능할 것이다.

본 연구는 소셜 로봇의 높은 비용 문제와 정서적 돌봄 수요 증가라는 사회적 배경 속에서, 최소한의 기술 자원으로 핵심 감정 표현을 가능하게 하여 소셜 로봇의 대중화와 실질적 활용을 촉진할 수 있는 중요한 방향성을 제시한다. 따라서 본 연구 결과를 바탕으로, 정서적 지원이 필요한 다양한 분야에서 비용 효율적인 소셜 로봇 개발이 가능할 것으로 기대된다. 그러나 피실험자의 모수가 적고 로봇의 사용 목적과 일치하는 다양한 사용자 집단을 포함하지 못한 점은 결과의 일반화 가능성을 낮추는 요인으로 작용할 수 있다. 또한, 모니터 화면을 통해 로봇의 모션을 제시하는 방식으로 진행되었기 때문에, 실제 로봇과의 상호작용 환경과는 차이가 있을 수 있다. 이러한 점들을 보완한다면, 연구에서는 이는 소셜 로봇의 대중화와 실질적 활용을 촉진하는 데 기여할 수 있을 것이다.

사사의 글

이 연구 2024년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행되었다. (P0012725, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

참고 문헌

1. 고우리 외, 이재연, 김재홍. 휴먼케어 로봇과 소셜 상호작용 기술 동향. 전자통신동향분석, 35(3), pp. 32-44. 2020.
2. 김나현. A Human & Robot Interaction Study for Emotional Expression of Social Robots - Using Colors of Light and Arm Movements -. 국내석사학위논문 홍익대학교 국제디자인전문대학원, 서울. 2023.
3. 김정은. 가정용 소셜 로봇의 연이은 실패가 로봇 산업에 남긴 교훈. <https://www.thedailypost.kr/news/articleView.html?idxno=70152>. 2024.11.30
4. Rossi, S., and Ruocco, M. Better alone than in bad company: Effects of incoherent non-verbal emotional cues for a humanoid robot. *Interaction Studies*, 20(3), pp. 489-510. 2019.
5. Chen, S. C., Jones, C., & Moyle, W. "Social robots for depression in older adults: a

- systematic review". *Journal of Nursing Scholarship*, Vol. 50, No.6, pp. 612-622. 2018.
6. Dautenhahn, K. THE ART OF DESIGNING SOCIALLY INTELLIGENT AGENTS: SCIENCE, FICTION, AND THE HUMAN IN THE LOOP. *Applied Artificial Intelligence*, 12(7-8), pp. 573-617. 1988.
7. 안호석, 최진영. 인간 친화 로봇의 다양한 복합 감정 표현을 위한 다차원 복합 감정 모델 설계. *로봇학회 논문지*, 4(3), 210-217. 2009
8. 황석영 외. 단일요인만을 활용한 인간 로봇 인터랙션 유효성에 대한 연구, 한국디자인학회 국제학술발표대회(추계), KAIST, pp. 248-249. 2024.
9. Carl F. DiSalvo. et al, All robots are not created equal: the design and perception of humanoid robot heads. In Proceedings of the 4th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques (DIS '02). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 321-326. 2002.
10. Russell, J. A. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), pp. 1161-1178. 1980.
11. 허순영 외. 조사연구에서 순위절차를 이용한 항목순위결정에 관한 연구, 조사연구, 9(2), pp29-49. 2008.
12. Fowler, F. J., Jr. (1995). *Improving survey questions: Design and evaluation*. Sage Publications, 1995.
13. Hinkle DE. et al, *Applied statistics for the behavioral sciences*. Boston, Mass. 2003.
14. Wasserstein, R. L. et al, Moving to a World Beyond " $p < 0.05$." *The American Statistician*, 73(sup1), 1-19. 2019.