

Affective Computing 분야의 지식생산, 지식구조와 네트워킹에 관한 분석 연구

Analytical Research on Knowledge Production, Knowledge Structure,
and Networking in Affective Computing

오지선¹ · 백단비² · 이덕희^{3†}

Jee-Sun Oh¹ · Dan-Bee Back² · Duk-Hee Lee^{3†}

Abstract

Social problems, such as economic instability, aging population, heightened competition, and changes in personal values, might become more serious in the near future. Affective computing has received much attention in the scholarly community as a possible solution to potential social problems. Accordingly, we examined domestic and global knowledge structure, major keywords, current research status, international research collaboration, and network for each major keyword, focusing on keywords related to affective computing. We searched for articles on a specialized academic database (Scopus) using major keywords and carried out bibliometric and network analyses. We found that China and the United States (U.S.) have been active in producing knowledge on affective computing, whereas South Korea lags well behind at around 10%. Major keywords surrounding affective computing include computing, processing, affective analysis, research, user modeling categorizing recognitions, and psychological analysis. In terms of international research collaboration structure, China and the U.S. form the largest cluster, whereas other countries like the United Kingdom, Germany, Switzerland, Spain, and Canada have been strong collaborators as well. Contrastingly, South Korea's research has not been diverse and has not been very successful in producing research outcomes. For the advancement of affective computing research in South Korea, the present study suggests strengthening international collaboration with major countries, including the U.S. and China and diversifying its research partners.

Key words: Affective Computing, Scientometrics, Knowledge Production, Knowledge Structure, Network Analysis

요약

경제 불안정과 고령화, 경쟁격화 및 개인 가치관의 변화 등 사회 문제가 점점 심각해질 가능성이 있다. 이러한 상황에서 이를 해결 가능한 방안 중 하나로써 감성컴퓨팅 관련 연구가 증가하고 있다. 이에 본 연구는 감성컴퓨팅 연구 키워드를 중심으로 국내 및 글로벌 연구의 지식구조와 주요 키워드, 연구생산 현황 및 국가간 협력관계 및 주요 키워드별 네트워크 등을 파악하였다. 이를 위해 전문 학술데이터 베이스(Scopus)로부터 해당 키워드를 중심으로 논문을 검색하였으며, 서지분석과 네트워크 분석을 실시하였다. 중국과 미국이 Affective computing 분야에서 지식생산이 활발하였고, 한국은 약 10% 정도로 저조한 상황이다. 주요 키워드는 Affective computing을 중핵으로 주로 컴퓨팅

¹ 오지선: KAIST 기술경영학부 박사과정

² 백단비: KAIST 한국4차산업혁명정책센터 연구원

^{3†} (교신저자) 이덕희: KAIST 기술경영학부 교수 / E-mail : dhlhexys@kaist.ac.kr / TEL : 042-350-6306

처리 및 감성분석, 인식을 분류하는 연구 및 사용자들의 모델링, 심리 분석이 주요 연구 키워드이다. 국가 간 협력구조는 중국과 미국이 가장 큰 클러스터를 형성하고 있고, 그 외에 영국, 독일, 스위스, 스페인, 캐나다 등이 협력을 주도하고 있다. 한국의 연구협력은 다양하지 않고 연구생산도 저조한 결과를 보였다. Affective computing 분야의 연구발전을 위해 미국, 중국 등 주요국과의 연구협력 강화와 연구파트너의 다양화를 위한 시사점을 결론으로 제안하였다.

주제어: 감성컴퓨팅, 과학계량학, 지식생산, 지식구조, 네트워크 분석

1. 서론

새로운 지식생산의 구조와 추이를 파악하는 것은 경쟁우위를 창출하는데 중요한 요소이다(Smith et al., 2005). 이처럼 어떠한 분야에서 연구의 지식구조와 현황을 파악하고 연구 협력관계를 분석하는 것은 과학계량적 측면에서 무척 중요하다. 분야별, 국가별 지식구조를 파악한다면 국가별 강점과 약점을 파악할 수 있고, 한국이 나아가야 할 R&D 방향을 예측할 수 있다. 또한 급변하는 지식의 진화와 동태, 핵심영역으로 부각되는 키워드 등을 이해하는데 도움이 된다. 이에 유망 기술을 대상으로 글로벌 지식구조와 변화를 파악하는데 많은 학자들의 선행연구가 있다(Davarpanah, & Aslekia, 2008; Serenko et al., 2010).

본 연구에서는 감성과학 분야에서 중요한 분야 중 하나인 감성컴퓨팅(Affective computing)의 국내외 연구의 지식구조와 네트워크 분석을 수행하고 비교하였다. 감성은 자극이나 자극의 변화를 오감으로 느끼고 지각하는 인간의 인식 능력으로 지성과 상호작용을 하는 기본적인 인간의 인식 능력이다(심현준&노연숙, 2020). 인공지능, 컴퓨터와 소통하는 Affective computing은 인간과 기계가 상호작용에 기반하여 업무혁신, 생산성 향상 등을 위한 도구로 활용 범위가 확대되고 있다(유초롱 외, 2020). Affective computing은 인간에게서 쉽게 분리되지 않는 기능을 개별적으로 검사할 수 있고, 감정과 표현을 이해하여 실생활에 적용할 수 있는 실용적 연구이기도 하다. 많은 연구자들은 감정인식, 표현, 모델링, 의사소통 및 반응과 같은 여러 가지 정서적 능력을 인식하는 컴퓨팅 기술 개발이 무척 중요하다고 주장하고 있다(Picard, 2003). 감정은 인간의 의사소통에 중요한 역할을 하고, 성공적인 상호작용을 위해서는 감성지능이 IQ보다 더 중요하다. Affective computing 및 정서 분석은 AI 및 그로부터 비롯된 모든 연구 분야

의 발전에 핵심이다. 감정과 정서분석, 다양한 시나리오와 회사에서 응용프로그램을 개발하는데 도움이 되기도 한다(Cambria, 2016). Affective computing은 현재 가장 활발한 연구주제 중 하나이며 컴퓨터 분야의 많은 학자들에게 집중적인 관심을 받고 있는 분야이다. virtual reality, smart surveillance, perceptual interface 등과 같은 여러 분야에서 광범위한 응용프로그램과 관련이 있다. 또한 심리학, 인지, 생리학 및 컴퓨터 과학과 같은 학문분야와도 밀접한 관련이 있다(Tao & Tan, 2005). 그러나 컴퓨터 기술의 발전과 신경망, 딥러닝 등 혁신적인 기술에 대한 연구는 많이 수행되어 왔으나, 인간의 감성을 인지하고 해석, 모의 할 수 있는 Affective computing에 대한 연구는 많지 않다. 또한 감성과학 분야에서 Affective computing은 주요 연구 분야이지만 관련 연구의 지식구조와 협력에 대한 연구는 거의 없었다.

본 연구에서는 감성과학 분야의 국내외 연구의 흐름을 파악하였고, 지식생산 현황과 지식구조, 연구협력 관계를 분석하였으며, 연구의 강약점을 파악하여 미래 연구를 위한 시사점을 제시하였다.

2. Affective computing R&D지식구조 분석

2.1. 학술데이터 베이스(SCOPUS) 분석

Affective computing 분야의 전체 연구생산 추이를 파악하였다. 특히 이 분야에서 활발한 연구생산을 하고 있는 미국과 중국, 한국의 연구동향과 연구흐름을 파악하였고, 각 나라들을 비교하는 연구를 수행하였다. 이를 위해, SSCI와 SCI, SCI-E의 저널의 전문 학술데이터 베이스인 SCOPUS를 다음과 같은 검색을 통해 서지정보를 파악하였다.

- 검색식: affective comput* OR emotion* comput*
- 검색 기간: 1985년 ~ 2019년까지 총 34년간 검색
- 검색 대상 유형: 논문(article)과 리뷰(review)
- 검색 결과: 총 974편의 논문이 검색됨

2.2. 연도별 연구 생산

아래의 Fig. 1과 같이 1985년부터 2019년 전 기간 동안 Affective computing 관련 연구는 꾸준히 증가하였다. 아래 Table 1과 같이 기간을 세 구간으로 나누어 1981~2003, 2004~2011, 2012~2019로 보면 연구가 폭발적으로 증가한 시기는 3번째 구간이다. 특히 2010년에는 전년대비 약 2배로 증가하였고 2011년 잠시 하락세를 보였지만 2012년에는 전년대비 2배 이상 연구생산이 급증하였다. 2015년 이후에는 연구생산이 완만한 증가추세를 보였다. 누적 연구생산이 최초 100편을 넘은 것은 2009년이다. Affective computing 관련 연구가 최초 생산된 1985년대 이후 2009년까지 약 24년간 100여편이 생산되었다. 그 후 2011년 2년 후 200편이상

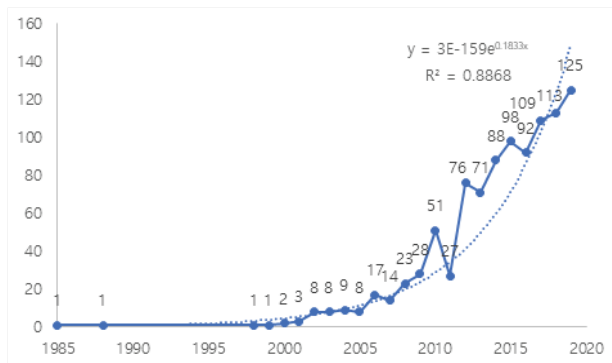


Fig. 1. Research production related to Affective computing by year (Unit: case)

Table 1. Number of papers produced and cumulative number by year

Year	Number of publications	Cumulative number	Year	Number of publications	Cumulative number	Year	Number of publications	Cumulative number
1985	1	1	2004	9	34	2012	76	278
1988	1	2	2005	8	42	2013	71	349
1998	1	3	2006	17	59	2014	88	437
1999	1	4	2007	14	73	2015	98	535
2000	2	6	2008	23	96	2016	92	627
2001	3	9	2009	28	124	2017	109	736
2002	8	17	2010	51	175	2018	113	849
2003	8	25	2011	27	202	2019	125	974

생산되었고, 다시 2년 후인 2013년 300편, 2014년 400편, 2015년 500편, 2016년 600편, 2017년 700편, 2018년 800편, 2019년 900편 이상이 생산되었다. 2017년 후부터는 매년 100편 이상씩 생산되며 활발한 연구생산이 이루어졌음을 알 수 있다.

2009년까지는 전체적인 연구생산이 많지 않았으나, 2017년 이후 매년 100편씩 생산되며 본격적으로 활발하게 연구가 수행되었다. 2017년부터는 AI, IoT, Emotional detection 등 4차 산업혁명 관련 연구가 활발히 수행된 시점이기도 하다. 2016년 세계 경제포럼에서 클라우드 슈밥의 ‘4차 산업혁명’, 미국의 ‘AI 국가연구개발전략 계획’ 등 2017년부터 본격적인 연구가 수행되면서, 이 시기와 맞물려 Affective computing 분야에 대한 연구생산도 폭발적으로 증가한 것으로 판단된다. 논문의 증가추세를 파악하고 각 국가별 강점과 약점, 국가 간 비교를 통해 한국 Affective computing 연구의 현재와 미래를 파악할 수 있다.

2.3. 논문발표 상위 20개국 연구생산

전체기간 동안 가장 많이 연구를 생산한 기관은 Table 2와 같이 중국으로 총 208편을 생산하였고 이는 전체 21.4%의 비율로 1위를 차지했다. 다음은 미국으로 총 184편으로 18.9%의 비율을 보이고 있다. 3위는 영국으로 전체 124편(12.7%), 4위는 독일 71편(7.3%), 5위는 스페인 67편(6.9%)를 기록했다. 이탈리아는 6위로 50편(5.1%), 7위 네덜란드 48편(4.9%), 8위는 일본 45편(4.6%), 9위는 캐나다 43편(4.4%), 프랑스는 38편(3.9%)이다. 11위는 호주로 37편(3.8%), 12위 스위스 36편(3.7%), 13위 그리스 28편(2.9%), 14위 인도 27

Table 2. Number and percentage of Affective computing research production in the top 20 countries

Rank	Country	Number of cases	Percentage	Rank	Country	Number of cases	Percentage
1	China	208	0.214	11	Australia	37	0.038
2	United States	184	0.189	12	Switzerland	36	0.037
3	United Kingdom	124	0.127	13	Greece	28	0.029
4	Germany	71	0.073	14	India	27	0.028
5	Spain	67	0.069	15	Taiwan	23	0.024
6	Italy	50	0.051	16	Portugal	22	0.023
7	Netherlands	48	0.049	17	South Korea	21	0.022
8	Japan	45	0.046	18	Turkey	18	0.018
9	Canada	43	0.044	19	Brazil	16	0.016
10	France	38	0.039	20	Malaysia	14	0.014
				20	Sweden	14	0.014

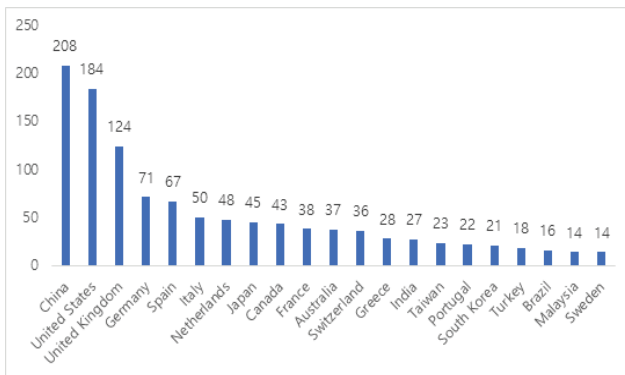


Fig. 2. Diagram of the number and percentage of Affective computing research production in the top 20 countries (unit: case)

편(2.8%), 15위 타이완 23편(2.4%), 16위 포르투갈 22편(2.3%), 17위가 한국으로 21편(2.2%), 18위 터키 18편(1.8%), 19위 브라질 16편(1.6%), 공동 20위는 각각 말레이시아와 스웨덴으로 14편(1.4%)을 기록했다. 상위 2개국인 중국과 미국이 전체 370편으로 38%를 차지함으로써 Affective computing 분야에서 활발한 연구를 하고 있는 것으로 나타났고, 상위 10개국의 논문생산 편수는 725편으로 전체 74.4%의 비율을 차지했다.

특히 중국의 경우 2014년 최초 개발된 ‘샤오빙’이라는 감성컴퓨팅 시스템을 구축하고 있다. 중국 샤오빙은 중국 뿐 아니라 미국, 일본, 인도, 인도네시아 등 수억 명들의 대화를 기반으로 감정을 학습하고 있다¹⁾. 정부는 ‘국가발전개혁위원회’를 중심으로 신인프라 육성정책을 발표하였고, 정보유형통신 네트워크 인프라로 5G, IoT, 위성인터넷, AI, 클라우드컴퓨팅, 블록체인 등

에 적극적인 투자를 선언하였다²⁾. 이에 중국의 연구생산은 2012년 이후 급격한 발전의 배경이 되었다. 또한 함께 각 대학을 중심으로 R&D예산을 투자중이고, 중국의 많은 출연연, 대학 등의 논문생산량은 증가한 것으로 판단된다.

2.4. 국가별 연구 생산

Affective computing 연구에서 활발한 연구를 수행하고 있는 대표적인 국가는 중국과 미국이 있다. 중국은 1985년~2019년까지 34년 동안 208편의 논문을 생산했다. 미국은 184편, 한국은 21편이다. 한국의 경우 Affective computing 관련 연구는 중국의 10% 정도밖에 수행되고 있지 않다.

미국의 경우 1988년 1편, 이후 1998년 1편이 생산되고 그 이후 완만히 연구가 증가하다가 2010년에는 전년 대비 2배 증가하였고 2015년과 2018년 연구생산이 급격히 증가하였다. 그러나 2018년 이후에는 연구생산이 다시 감소하는 추세를 보였다. 중국의 경우도 1988년에 최초로 연구를 생산한 이후 계속 연구생산은 없었다. 그러나 2002년 이후 완만한 증가세를 보이다 2012년 이후 급격히 논문생산이 증가하였다. 그 이후 하락과 증가를 반복하면서 또 한번 2014년 연구가 급증하였다. 특히 2012년 이후부터 Affective computing 연구생산량은 미국을 추월하였다. 한국은 2006년 최초로 1편이 생산된 이후 2011년 이후 잠시 연구생산이

1) The Science Tiems(2018.9.6.), ‘AI 친구, 현실이 되다’

2) 산업연구원(2019), ‘2019년 중국 양회, 산업정책의 핵심 키워드는 4차 산업혁명’, I-KIET산업경제이슈

Table 3. Number of research production of Affective computing in the U.S., China, and South Korea

Year of knowledge production	U.S.	China	South Korea	Year of knowledge production	U.S.	China	South Korea
1985	0	0	0	2008	7	6	1
1988	1	0	0	2009	5	3	0
1998	1	0	0	2010	10	6	1
1999	0	0	0	2011	7	2	0
2000	2	0	0	2012	12	13	5
2001	2	0	0	2013	12	14	2
2002	6	1	0	2014	12	16	2
2003	4	0	0	2015	22	25	1
2004	1	1	0	2016	10	29	1
2005	3	3	0	2017	17	27	1
2006	6	3	1	2018	27	26	1
2007	5	4	0	2019	12	29	5
Total					184	208	21

Table 4. Number and percentage of Affective computing research production by top 20 fields

Rank	Research Area	Number of cases	Percentage	Rank	Research Area	Number of cases	Percentage
1	Computer Science	747	0.767	11	Materials Science	37	0.038
2	Engineering	329	0.338	12	Decision Sciences	24	0.025
3	Social Sciences	153	0.157	13	Chemistry	21	0.022
4	Mathematics	87	0.089	14	Chemical Engineering	19	0.020
5	Psychology	77	0.079	15	Agricultural and Biological Sciences	14	0.014
6	Neuroscience	73	0.075	16	Business, Management and Accounting	13	0.013
7	Arts and Humanities	65	0.067	17	Multidisciplinary	11	0.011
8	Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	52	0.053	18	Environmental Science	9	0.009
9	Medicine	46	0.047	19	Health Professions	9	0.009
10	Physics and Astronomy	41	0.042	20	Energy	6	0.006

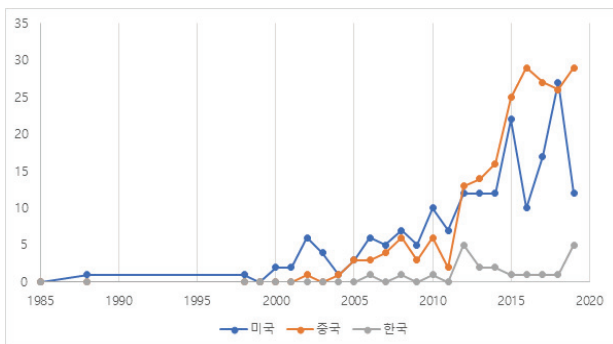


Fig. 3. Diagram of the number of research production of Affective computing in the U.S., China, and South Korea (unit: case)

증가하다 그 이후부터는 꾸준히 1~2편 정도의 논문이 생산되었다.

2.5. 분야별 연구 생산

해당기간 동안 Affective computing 분야에서 가장 많이 연구가 집중된 분야는 Table 4와 같이 Computer Science 분야로 전체 747편(76.7%)이 생산되었다. 2위는 Engineering 분야로 329편(33.8%), 3위는 Social Sciences 분야로 153편(15.7%)이 생산되었다. 4위는 Mathematics 분야로 87편(8.9%), 5위는 Psychology로 77편(7.9%), 6위는 Neuroscience 분야로 73편(7.5%), 7위는 Arts and Humanities 분야로 65편(6.7%), 8위는 Biochemistry, Genetics and Molecular Biology로 52편(4.4%), 9위가 Medicine 분야 46편(4.7%), 10위는 Physics and Astronomy 분야 41편(4.2%)이다. 11위는

Table. 5. The number and percentage of Affective computing research production in the U.S., China, and South Korea by top 10 fields

Research Area	U.S.	Percentage	China	Percentage	South Korea	Percentage
Computer Science	144	0.783	159	0.764	17	0.810
Engineering	47	0.255	80	0.385	9	0.429
Social Sciences	39	0.212	15	0.072	3	0.143
Mathematics	8	0.043	33	0.159	-	-
Psychology	21	0.114	-	0.000	-	-
Neuroscience	16	0.087	13	0.063	-	-
Arts and Humanities	11	0.060	-	0.000	-	-
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	9	0.049	6	0.029	4	0.190
Medicine	11	0.060	6	0.029	-	-
Physics and Astronomy	-	-	11	0.053	-	-
Materials Science	-	-	16	0.077	-	-
Decision Sciences	6	0.033	8	0.038	-	-
Chemistry	-	-	6	0.029	-	-
Multidisciplinary	-	-	7	0.034	-	-

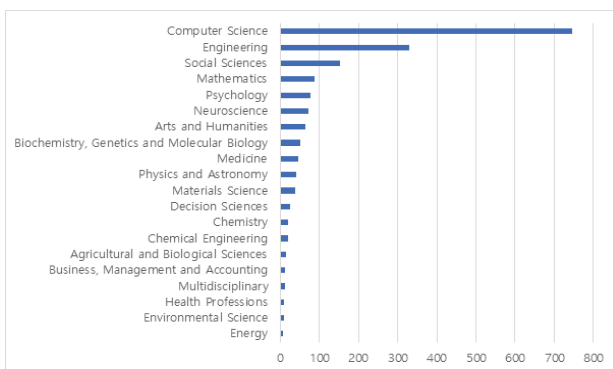


Fig. 4. Diagram of the number and percentage of Affective computing research production by top 20 fields (unit: case)

Materials Science로 37편(3.8%), 12위는 Decision Sciences 24편 2.5%, 13위는 Chemistry 21편(2.5%), 14위 Chemical Engineering 19편(2%), 15위 Agricultural and Biological Sciences 14편(1.4%), 16위 Business, Management and Accounting 13편(1.3%), 17위 Multidisciplinary 11편 (1.1%), 18, 19위는 각각 Environmental Science, Health Professions, 9편(0.9%), Energy가 마지막으로 20위로 6 편(0.6%)을 기록했다. 컴퓨터 과학이 전체 76.7%로 높은 집중도를 보이고 있고 사회과학 분야도 153건으로 15.7%로 3위를 기록하였다. Affective computing 분야는 컴퓨팅과 엔지니어링 분야에서 주로 연구되고 있음을 알 수 있다.

미국의 경우, Computer Science 분야에서 144편(78.3%)으로 가장 활발한 연구생산 역량을 보이고 있다. 한편 중국은 159편(76.4%), 한국은 17편(8.1%)을 차지했다.

Engineering 분야에서는 미국이 47편(25.5%), 중국 80편 (38.5%), 한국 9편(42.9%)이다. Social Sciences 분야에서는 미국이 39편(21.2%), 중국이 15편(7.2%), 한국이 3편 (14.3%)이다. Mathematics 분야는 미국이 8편(4.3%), 중국이 33편(15.9%)이다. Psychology 분야는 미국이 유일 하게 21편(11.4%)이다. Neuroscience는 미국이 16편 (8.7%), 중국이 13편(6.3%)이다. Arts and Humanities 분야는 미국이 유일하게 11편(6%)이다. Biochemistry, Genetics and Molecular Biology는 미국이 9편(4.9%), 중국이 6편(2.9%), 한국이 4편(19%)이다. Medicine 분야는 미국이 11편(6%), 중국이 6편(2.9%)이다. Physics and Astronomy 분야와 Materials Science 분야는 중국이 유일 하게 각각 11편(5.3%), 16편(7.7%)를 차지했다. Decision Sciences 분야는 미국이 6편(3.3%), 중국은 8편(3.8%)이다. Chemistry 분야와 Multidisciplinary 분야는 중국이 유일했고 각각 6편(2.9%), 7편(3.4%)으로 연구가 수행되고 있었다. 미국과 중국, 한국은 전반적으로 컴퓨터 과학 분야의 비중이 높았다. 중국은 미국에 비해 공학 비중이 상대적으로 높았다. 반면 사회과학은 미국이 가장 높은 비율을 보이고 있다. 미국은 심리학과 예술 분야에서도 Affective computing 관련 연구가 수행되고 있었고, 미국, 중국, 한국 모두 Affective computing 연구를 활용한 사회 과학적 접근이 시도되고 있었다. 한국은 Affective computing 연구가 거의 이루어지고 있지 않지만 컴퓨터 과학과 공학 분야에서 일부 연구가 진행되고 있다.

Table 6. Cooperation with the top 10 countries of the U.S., China and South Korea

Top 10 countries	U.S.	Percentage	China	Percentage	South Korea	Percentage
United States	-	-	22	0.106		
China	22	0.120	-	-	2	0.095
United Kingdom	11	0.060	11	0.053	-	-
Australia	8	0.043	-	-	-	-
Germany	8	0.043	5	0.024	-	-
Netherlands	7	0.038	-	-	-	-
Switzerland	7	0.038	-	-	2	0.095
France	6	0.033	-	-	-	-
India	5	0.027	-	-	-	-
Turkey	5	0.027	-	-	-	-
Egypt	3	0.016	-	-	-	-
Japan	-	-	19	0.091	-	-
Finland	-	-	3	0.014	-	-

2.6. 기관별 연구 생산

Affective computing 분야를 가장 활발히 연구하고 있는 기관은 Table 6과 같이 일본의 Tokushima University로 전체 22편(2.3%)이 생산되었다. 2위는 중국의 Hefei University of Technology로 20편(2.1%), 3위는 스위스 Université de Genève³⁾ 20편(2.1%)이다. 4위는 미국의 MIT Media Laboratory 19편(2%), 5위는 영국 Imperial College London 17편(1.7%), 6위는 네덜란드의 University of Twente⁴⁾ 16편(1.6%), 7위는 독일 Technical University of Munich⁵⁾, 8위와 9위는 각각 중국의 University of Science and Technology Beijing⁶⁾과 University of Southern California 13편(1.3%)이다. 10위는 중국의 Zhejiang University⁷⁾ 12편(1.2%), 11위와 12위는 각각 독일의 Universität Augsburg⁸⁾과 중국의 Tianjin University⁹⁾로 각각 11건(1.1%)이다. 12~16위까지는 중국의 Ministry of Education China¹⁰⁾, Chinese Academy of Sciences¹¹⁾, Tsinghua University¹²⁾와 이탈리아의 Università di Pisa¹³⁾로 각각 10편(1%)의 비율을 차지했다. 17위는

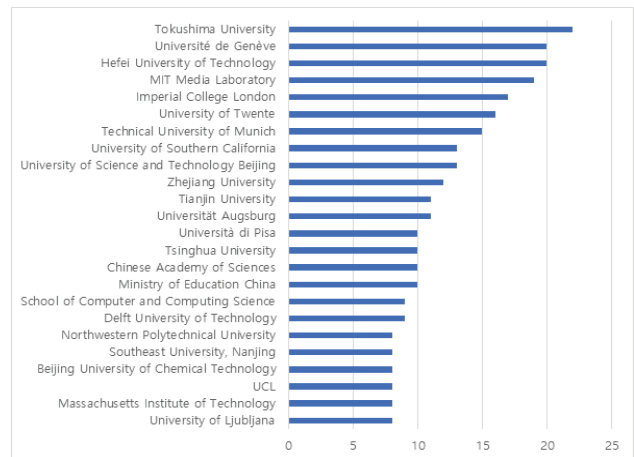


Fig. 5. Diagram of the number and percentage of Affective computing research production by top 20 institutions (Unit: case)

네덜란드의 Delft University of Technology¹⁴⁾로 9편 (0.9%), 마지막으로 중국의 Northwestern Polytechnical University, Southeast University, Nanjing, Beijing University of Chemical Technology과 영국의 UCL, 미국의 Massachusetts Institute of Technology, 슬로베니아의 University of Ljubljana¹⁵⁾가 각각 8편(0.8%)을 기록했다.

기관이 소속된 나라별로 보면 중국이 10개 기관(98 편)으로 가장 많아 Affective computing 분야에서 중국의 연구기관들이 다른 국가에 비해 활발한 연구를 수행하고 있는 것으로 나타났다. 2위는 미국으로 3개 기

3) 제네바대학교
 4) 네덜란드 트벤테대학교
 5) 뮌헨공과대학
 6) 북경과학기술대학
 7) 저장대학교
 8) 아우크스부르크
 9) 쉐닝대학교
 10) 중국 교육부
 11) 중국과학원
 12) 칭화대학교

13) 이탈리아 피사대학교
 14) 네덜란드 델프트 공과대학
 15) 슬로베니아 류블랴나대학교

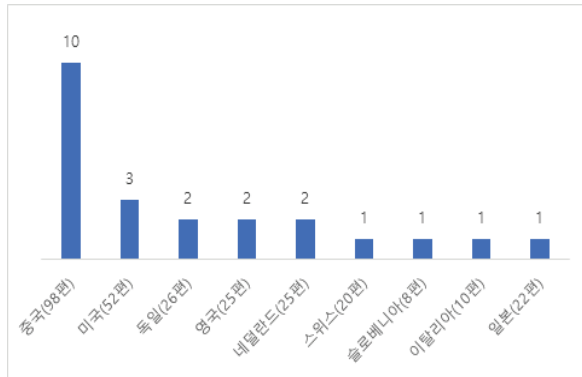


Fig. 6. Affective computing research production countries by top 20 institutions (unit: case)

관(52편)이었다. 그 외에는 독일(26편), 영국(25편), 네덜란드(25편)의 3개 나라가 각각 2개 기관이 Affective computing 연구를 수행하고 있다.

그 밖에 스위스(20편), 슬로베니아(8편), 이탈리아(10편), 일본(22편) 4개 나라의 국가가 포함되어 있다. 중국은 특히 중국교육부 및 중국과학원 등 정부부처 및 정부출연연구소에서 연구를 생산하고 있는 것으로 보아 중국 정부의 강력한 정책적 의지로 Affective computing 연구가 수행되고 있음을 추론해 볼 수 있다. 또한 스위스와 슬로베니아, 이탈리아, 일본 등은 각각 1개 기관에서 논문을 생산하고 있어 특정 기관에 Affective computing 연구가 집중되어 있음을 알 수 있다. 일본에서는 Tokushima University에서 유일하게 Affective computing 연구를 하고 있다.

2.7. 상위 10개국 국가간 협력

미국은 중국과의 협력이 22건(12%)으로 가장 활발한 것을 알 수 있다. 2위는 영국으로 11건(6%), 3위와 4위는 각각 호주와 독일로 8건(4.3%)을 기록했다. 5위와 6위는 네덜란드와 스위스로 7건(3.8%)이다. 7위는 프랑스 6건(3.3%) 8위, 9위는 각각 인도와 터키로 5건(2.7%)이다. 10위는 이집트 3건(1.6%)이다. 중국 또한 미국과의 협력이 22건(10.6%)으로 가장 긴밀한 연구협력을 하고 있는 것으로 나타났다. 2위는 일본으로 19건(9.1%)이다. 3위는 영국으로 11건(5.3%), 4위는 독일 5건(2.4%), 5위와 6위는 각각 3건(1.4%)을 기록했다.

한국의 경우 10위안에 들어가 있지 않지만 중국, 스위스와 각각 2건(9.5%) 협력을 하였고, 특정한 두 나라

에만 협력이 집중되어 있다. 연구생산 및 연구의 발전은 다양한 연구파트너와의 협력임을 고려하면 한국은 좀 더 다양한 국가들과 Affective computing 관련 연구 협력을 해야 할 것이다. 협력은 공저자의 관계를 의미한다. 예를 들어 논문 1편에 저자의 국적이 중국, 미국이라면 두 나라가 협력을 한 것으로 나타난다. 대표적인 융합학문인 Affective computing 분야는 단일기관, 단일연구분야, 단일국가로 연구하는 것보다는 국가별, 학자별로 협력연구를 수행하는 것이 더 시너지를 창출할 것이다. 또한 Affective computing은 인공지능과 관련된 많은 연구발전에 핵심이 되는 기술이다. 감성과 관련된 인간의 행동분석 등은 심리학, 인지기능, 컴퓨터 과학 등 다양한 분야에 걸쳐 있어 단독연구보다는 협력연구가 더욱 효과적이다.

Affective computing 분야는 중국과 미국, 영국, 호주 등이 활발한 연구를 수행하고 있는 것으로 보아 한국은 중국과의 협력은 좀 더 강화하고 향후에는 미국 및 유럽 국가들과 연구협력 대상을 확대해야 할 것이다.

2.8. 상위 10위 주요 저널

Affective computing 분야의 논문들은 주로 IEEE Transactions On Affective Computing이 63편(6.5%)로 가장 많이 출판되고 있었다. 2위는 International Journal Of Human Computer Studies로 28편(2.9%)를 차지했다. 3위는 IEEE Access 24편(2.5%), 4위는 Multimedia Tools And Applications 22편(2.3%), 5위는 Interacting With Computers 18편(1.8%), 6위는 Journal On Multimodal User Interfaces 17편(1.7%), 7위는 Sensors Switzerland 16편(1.6%), 8위는 Neurocomputing 13편(1.3%)이다. 마지막으로 Biologically Inspired Cognitive Architectures, IEEE Intelligent Systems, IEEE Transactions On Multimedia 3개의 저널이 각각 10편(1%)을 기록했다. 주로 감성컴퓨팅, 휴먼컴퓨팅 분야와 융합연구 및 센서 분야의 저널에서 주로 논문이 출판되었다.

2.9. 네트워크 분석을 통한 국가간 R&D 분석

저자 키워드를 중심으로 수행한 네트워크 분석에 의하면 Cluster [1] 컴퓨팅 처리, Cluster [2] 감성분석,

Table 7. The number and percentage of the top 10 publishing journals in Affective computing

Rank	Name of journal	Number of publications	Percentage
1	IEEE Transactions On Affective Computing	63	0.065
2	International Journal Of Human Computer Studies	28	0.029
3	IEEE Access	24	0.025
4	Multimedia Tools And Applications	22	0.023
5	Interacting With Computers	18	0.018
6	Journal On Multimodal User Interfaces	17	0.017
7	Sensors Switzerland	16	0.016
8	Neurocomputing	13	0.013
9	Biologically Inspired Cognitive Architectures	10	0.010
10	IEEE Intelligent Systems	10	0.010

Table 8. Author's keyword by Cluster

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
affective computing	virtual reality	physiological signals	user model	emotion analysis
autism	affect recognition	pattern recognition	neural network	sentiment analysis
emotion model	physiological computing	heart rate	emotion	facial expression recognition
artificial intelligence	psychophysiology	emotion classification	mood	e-learning
emotion detection	feature selection	pattern classification	music	deep learning
affective computing application	emotion recognition	feature	affect	empathy
pervasive computing	arousal	physiology	Social media	virtual agent

Table 9. Author's keyword by period

1st (before 2013)	2nd (2013~2014)	3rd (2015~2019)
user model	affective computing	emotion analysis
affect	autism	sentiment analysis
emotion model	facial expression	physiological signals
e-learning	emotion detection	deep learning
mood	facial expression recognition	neural network
emotion recognition	pattern recognition	physiological signals
psychophysiology	feature selection	artificial intelligence
affect recognition	virtual reality	heart rate
mood	physiological computing	affective computing application
user model	emotion analysis	virtual agent
affect	autism	emotion classification

Cluster [3] 인식과 분류, Cluster [4] 이용자 모델링, Cluster [5] 심리분석 등으로 구분되었다.

Affective computing은 affective computing을 중핵으로 주로 컴퓨팅 처리 및 감성분석, 인식을 분류하는 연구 및 사용자들의 모델링, 심리 분석이 주요 연구 키워드임을 알 수 있다. 인간의 감성을 인식하기 위한 표정, 기분, 생리학적 신호, 심박수 등과 관련된 생리학적 연구를 비롯하여 이를 패턴화하여 분류하는 연구, 또한 표정인식을 통한 딥러닝 기술과 AI 기술까지 다양한 심

리학, 공학적 분야에 넓게 걸쳐 연구가 진행되고 있다.

시기별로 살펴보면 1st 기간(2013년 이전)에는 감성 인식에 대한 연구가 주로 진행되었다. 감성, 생리학적 변화를 인식하고 사용자를 모델화하고, 일부 교육(e-learning)관련 분야에서도 Affective computing에 대한 연구가 진행되었다. 2nd 기간(2013~2014)에는 감성 컴퓨팅에 대한 연구가 주로 수행되었다. 표정, 패턴, 생리학적 특징을 인식하고 선택하여 패턴화하는 연구와 가상현실 등과 관련된 주제가 주로 수행되었다. 3rd 기간

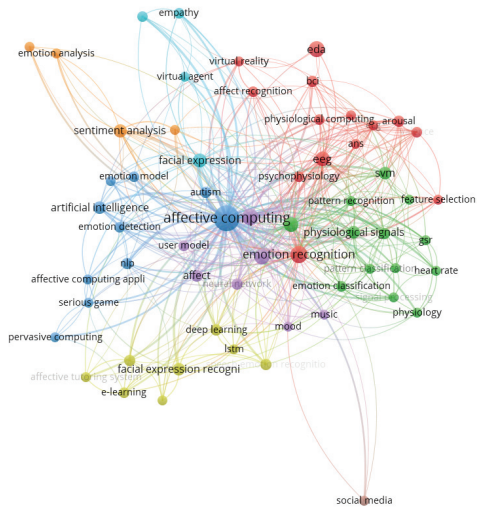


Fig. 7. Analysis result of author keyword's network of Affective computing

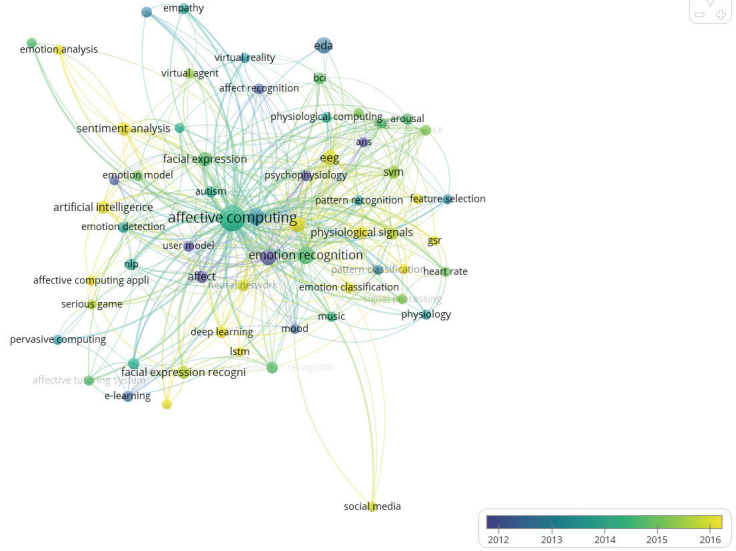


Fig. 8. Keyword Annual Changes in Affective Computing

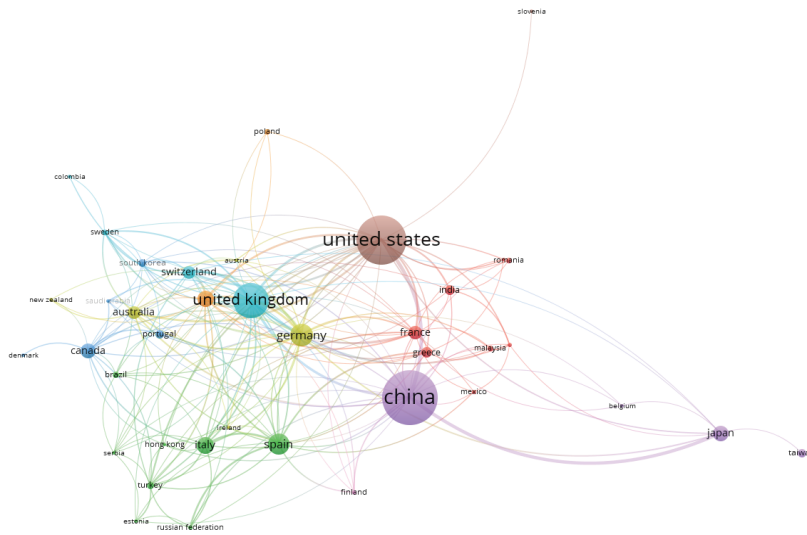


Fig. 9. Network of cross-border research cooperation for Affective computing

(2015~2019)에는 실제 데이터를 가지고 감성을 분류 및 분석하고 신경학적 연구까지 확장됨을 알 수 있다. 이와 관련한 딥러닝과 인공지능 연구도 함께 수행되고 있다.

국가간 협력 구조는 중국과 미국이 가장 큰 클러스터를 형성하고 있고 그 외에 (1) 영국 (2) 독일 (3) 스위스 (4) 스페인 (5) 캐나다 등이 협력을 주도하는 것으로 나타났다.

2.7에서 전술한 바와 같이 Affective computing 분야에서 가장 활발한 연구를 수행하고 있는 상위 10개국 국가는 미국, 중국, 영국, 호주, 독일 등이다. 상위 10위권 국가를 보는 것은 본 연구분야에서 선도적인 역할

을 하는 국가를 파악하고, 그 비율을 인식하는데 목적이 있습니다. 이를 통해 한국의 위치는 어느 정도이며, 한국은 주로 어떤 국가와 공동연구를 수행하고 있는지 파악할 수 있다.

가장 큰 중핵을 형성하고 있는 미국과 중국과의 연구 협력이 가장 활발하고 미국은 유럽 및 아시아의 다양한 국가들과 협력을 하고 있다. 또한 중국은 아시아 국가들을 중심으로 협력을 주도하고 있다. 반면 한국의 연구협력은 다양하지 않고 연구생산도 저조한 실정이다. 이에 한국은 특정 나라와 협력하는 구조를 탈피하여 협력대상을 넓히려는 노력이 중요하다. 관련 분야의

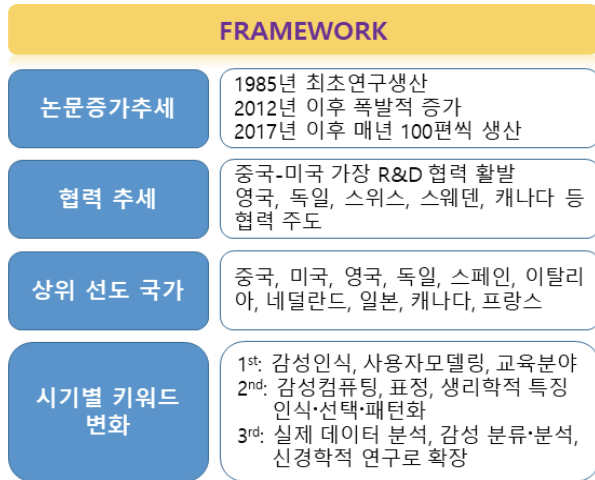


Fig. 10. Main framework for analyzing knowledge structure of Affective computing

연구발전을 위해 미국 및 중국 등 주요국과의 연구협력 강화와 함께 연구협력 대상국가도 유럽 등으로 다양하게 확대할 필요가 있다.

3. 결론

본 연구에서는 감성과학 분야의 주요 분야인 Affective computing 연구의 글로벌 지식구조와 연구협력 네트워킹을 분석하였다. 주요 내용은 논문증가추세와 국가간 협력구조, 상위 선도국가, 시기별 키워드 변화를 통해 Affective computing 분야의 지식구조를 파악하였다.

본 연구에서 도출된 결과를 중심으로 Affective computing 분야의 연구 활성화를 위한 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 중국의 경우 2002년 최초 연구생산 후 2012년 이후 Affective computing 연구생산량은 미국을 추월하였다. 한국도 Affective computing에 대한 최초 연구생산은 2006년으로 다소 늦었으나, R&D투자와 주요국과의 연구협력을 통해 Affective computing기술에 대한 국내 연구 활성화가 필요한 것으로 나타났다. 둘째, 키워드 네트워크 분석에 따르면 Affective computing의 주요 키워드는 감성인식 및 분석, 생리학적 사인 인식, 사용자 모델링 등이 주요 키워드이다. 표정인식을 통한 딥러닝 기술과 AI 기술까지 다양한 사회과학적, 공학적 분야에 걸쳐 연구가 진행됨을 알 수 있다. 또한 주제의 다양성 또는 주제의 연결 다양성을 보다 강화하기

위해 유망 기술과 사회적 이슈, 유망 기술과 경제적 현안, 유망 기술과 경영적 의제들이 연결되는 학제적 연구가 필요하다. 셋째, Affective computing 분야의 발전 및 연구 다양화를 위한 국가간 협력이 한국의 경우 매우 미흡하다. 한국이 Affective computing 분야에서 글로벌 연구의 허브로 부상하기 위해서는 국가간 연구협력은 매우 중요한 관건이 된다. 미국이나 중국 등 감성컴퓨팅 선도국과의 연구 협력뿐만 아니라 유럽, 아시아 국가들의 다양한 연구기관과의 협력관계 구축이 필요하다. 이를 위해 국가적 차원에서 협력지원 체제를 적극적으로 지원하고, 연구자들의 글로벌 협력 네트워크를 활성화 하는 노력이 필요할 것이다. 넷째, 한국은 전반적으로 현재 논문생산도 부족하고, 국가간 협력도 특정 국가와 이루어지고 있거나 부족한 실정이다. Affective computing 분야를 선도하는 10위권 국가들을 중심으로 연구협력 노력을 기울인다면 논문생산력도 자연스럽게 증가할 것이다. 중국과 미국은 인공지능, 딥러닝, 감성증강, 인식기술, 뉴럴네트워크 등의 연구가 기본적으로 활발하다. Affective computing 분야의 단독발전보다는 이와 관련된 요소기술과 핵심기술들의 융합과 R&D시너지를 위해 연구활성화가 필요하다. 다섯째, 컴퓨팅기술의 하드웨어와 소프트웨어 부분의 균형적인 기능증강이 선행되어야 한다. 컴퓨팅 자체의 성능을 높여주고, 감성을 분류하고 판별하는 분야에 대한 연구가 필요하다. 대부분의 AI가 지능과 데이터를 기반으로 만들어지는 것과 달리 지능과 감성이 고르게 발전해 사람과의 소통을 가능하게 하여 인간의 삶의 질 개선에 더욱 도움이 되게 하기 위한 연구이기 때문이다. 또한 감성과 AI를 결합해서 사회에 도움이 되는 다양한 서비스(인공지능 비서, 자살예방, 노인 및 어린이 대화지원 등)를 개발하는 동시에 감성기반 HCI(휴먼컴퓨팅 인터페이스)도 확대가 중요하다. 여섯째, 본 연구의 주요 학문적 기여점은 지식구조분석을 통해 한국의 Affective computing 분야 연구의 방향을 제시함에 있다. 연구의 생산, 연구의 영향(인용), 연구를 위한 국가간 협력관계, 연구주제의 변화 등을 시각적으로 비교할 수 있고, 연도별(추세적) 변화상황, 각 국가의들의 강점과 약점 등을 파악할 수 있다. 이를 통해 한국 Affective computing 분야의 연구수준과 발전방향을 예측할 수 있을 것이다.

마지막으로 감성컴퓨팅은 인공지능의 취약점을 보완하고, 비대면 사회로 불거진 불안, 우울 및 분노 심리 등 여러 사회문제를 해결하는 주요 대안이 될 수 있다. 감성컴퓨팅과 관련된 감성인공지능은 행정안전부에서 선정한 ‘2019년 지능형 정부를 주도할 10대 핵심기술’ 중 하나로 선정된 바 있으며, 주요 기반 기술인 인공지능은 지난 2019년 12월 17일 문재인 정부가 발표한 「인공지능 국가전략」 아래 추진되고 있다. 하지만 여전히 선도국과의 기술격차 및 전문인력 차이 등 여러 격차가 심화되고 있고, 특히 감성컴퓨팅의 세부적인 육성 정책은 거의 전무한 실정이다. 따라서 감성컴퓨팅에 관한 인지도 제고 및 연구 필요성 강조, 국내 산학연 협력 및 연구생산력 증가, 글로벌 연구 거버넌스 확대를 통한 연구협력 강화 등 정부의 장기적인 정책 방안 수립 및 집행이 필요한 시점이다.

4. 한계점 및 추후 연구

연구생산의 양적분석 뿐만 아니라 인용도 및 SCI의 저널별 분석을 통해 연구생산의 질적 수준 분석이 추가 요구된다. 본 연구는 컴퓨터 과학의 지식구조를 집중적으로 분석하기 위해 연구대상 분야를 ‘Affective computing’으로 한정하였으나, 경영학, 경제학 등 사회과학 분야로 확장하여 분석하고 서로 비교하는 것도 유용할 것이다. 법제도 및 정책, 정부의 규제, 소비자 행동 및 기술수용 등 사회과학 분야 이슈에 대한 연구생산현황 분석이 후속 연구들을 통해 다양하게 접근될 필요가 있다.

REFERENCES

Cambria, E. (2016). Affective computing and sentiment analysis. *IEEE Intelligent Systems*, 31(2), 102-107.

Davarpanah, M., & Asleikia, S. (2008). A scientometric analysis of international LIS journals: Productivity and characteristics. *Scientometrics*, 77(1), 21-39.

KIET (2019), *Chinese Lianghui in 2019*, The key keyword of industrial policy is 4IR, I-KIET Industrial Economic Issues

Picard, R. W. (2003). Affective computing: Challenges. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(1-2), 55-64.

Serenko, A., Bontis, N., Booker, L., Sadeddin, K., & Hardie, T. (2010). A scientometric analysis of knowledge management and intellectual capital academic literature (1994-2008). *Journal of Knowledge Management*, 14(1), 3-23.

Sim, H. J., & Noh, Y. S. (2020). Study on the Emotional Response of VR Contents Based on Photorealism: Focusing on 360 Product Image. *Science of Emotion & Sensibility*, 23(2), 75-88.

Smith, K. G., Collins, C. J., & Clark, K.D. (2005). Existing knowledge, knowledge creation capability, and the rate of new product introduction in high-technology firms. *The Academy of Management Journal*, 48(2), 346-357.

Tao, J., & Tan, T. (2005, October). Affective computing: A review. In *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (pp. 981-995). Springer, Berlin, Heidelberg.

The Science Times (2018.9.6.), ‘AI friends become reality’. from <https://www.sciencetimes.co.kr/news/ai-%EC%B9%9C%EA%B5%AC-%ED%98%84%EC%8B%A4%EC%9D%B4-%EB%90%98%EB%8B%A4/>

Yoo, C. R., Kim, S. H., & Kim, J. W. (2020). A Comparative Study of the Use of Intelligent Personal Assistant Services Experiences: Siri, Google Assistant, Bixby. *Science of Emotion & Sensibility*, 23(1), 69-78.

원고접수: 2020.09.17

수정접수: 2020.10.19

게재확정: 2020.10.26