

한국형 데이터 시각화 리터러시 평가 개발 및 연구 동향 분석

김하늘¹ · 김성희^{2*}

Development on Korean Visualization Literacy Assessment Test(K-VLAT) and Research Trend Analysis

Ha-Neul Kim¹ · Sung-Hee Kim^{2*}

¹Graduate Student, Department of IT Convergence, Dong-eui University, Busan, 47340 Korea

^{2*}Assistant Professor, Department of Industrial ICT Technology, Dong-eui University, Busan, 47340 Korea

요 약

최근 정보 기술의 성장에 따라 디지털, 데이터, 인공지능 리터러시와 같은 다양한 리터러시에 대한 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는, 빅데이터 분석에서 필수적이고, 일상생활 모바일 앱에서도 다양하게 쓰이는 데이터 시각화에 초점을 두고 있으며, 데이터 시각화 활용 능력을 측정하는 데이터 시각화 리터러시 평가 체계에 대해서 다룬다. 2016년에 개발된 영문형 데이터 시각화 활용 능력을 측정하는 평가 체계(VLAT, Visualization Literacy Assessment Test)에 대해서 설명하고, 한국형에 맞춰 개발한 K-VLAT 평가 체계를 소개한다. K-VLAT은 국내 사용자의 맥락에 맞춰 12개의 시각화와 53개의 문항을 웹사이트를 통해 제공한다. 또한, 데이터 시각화 리터러시의 연구 방향을 이해하기 위해서, 영문형 VLAT을 참조한 79건의 논문을 분석하였다. 연구 목적을 4개의 대분야 및 11개의 소분야로 분류하였으며, 데이터 시각화 리터러시와 관련한 인지, 체계에 대한 확장, 교육과의 연계, 사용자 중심형 대시보드 개발 및 효과 평가 등에 활용되고 있다. 이에 따른 K-VLAT의 향후 활용 방안에 대해서 논의한다.

ABSTRACT

With the recent growth of information technology, various literacy such as digital literacy, data literacy, AI literacy is being studied. In this paper, we focus on data visualization literacy as visualization is an essential part of big data analysis and is used in several mobile apps. Visualization Literacy Assessment Test(VLAT) was developed in 2016 and we introduce how the test was developed and modified to a Korean version, K-VLAT. K-VLAT is consisted of 12 visualizations and 53 questions through a website. Additionally, to understand the research trend in visualization literacy we analyzed 81 papers that had cited the VLAT publication. We categorized the research into 4 categories with 11 sub-categories. The area of studies visualization literacy related to was understanding the relation with cognition, expanding the literacy measures, relation with education, utilization for developing user-centric dashboards or using the test to show effectiveness of visualizations. At last, we discuss about different ways to utilize K-VLAT for future research.

키워드 : 데이터 시각화, 시각화 리터러시, 평가 테스트, 교육

Keywords : Data visualization, Visualization literacy, Assessment test, Education

Received 10 September 2021, Revised 28 September 2021, Accepted 8 October 2021

*Corresponding Author Sung-Hee Kim(E-mail:sh.kim@deu.ac.kr, Tel:+82-51-890-2366)

Assistant Professor, Department of Industrial ICT Engineering, Dong-eui University, Busan, 47340 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.11.1696>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© 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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

최근 빅데이터 기술시장의 성장에 따라 데이터를 탐색하고 유용한 인사이트를 도출하는 분석과정에서 데이터 시각화의 중요성이 높아지고 있다. 또한, 인공지능 분야에서도 시각화를 통한 데이터에 대한 이해는 중요한 부분으로 자리 잡고 있다[1]. 데이터 시각화는 데이터를 그래프와 차트를 통해 직관적이고 효과적으로 표현하는 것이다. 전문가의 데이터 분석 이외에도, 데이터 시각화의 활용은 일상 속에서 흔히 접할 수 있다. 헬스케어나 금융 관련 모바일 앱에서 시각화는 필수적인 요소이다. 시각화를 통해 복잡한 데이터가 간결하게 표현됨으로써 숨겨진 의미를 파악할 수 있고, 직관적으로 개인 데이터를 이해할 수 있다. 이러한 상황에서 데이터 시각화를 읽고 해석하는 능력은 중요해지고 있으며, 측정 도구에 대한 필요성도 커지고 있다.

리터러시는 글을 읽고 쓰는 능력을 의미하지만, 기술이 발전함에 따라 디지털 리터러시, 데이터 리터러시와 같은 개념도 새롭게 나타나고 있다. 데이터 시각화 리터러시는 최근에 연구가 시작된 분야로서 공통적으로, 시각적으로 표현된 데이터를 읽고 해석하면서 정보를 추출하는 능력, 해석하는 능력, 이해한 정보를 활용하는 능력으로 정의하고 있다[2,3,4]. 이에 따라, Lee et al.은 데이터 시각화 활용 능력을 측정할 수 있는 VLAT (Visualization Literacy Assessment Test)을 개발하였다[2]. 일반인부터 전문가들까지, 데이터 시각화를 접할 일이 증가하면서, 개인의 데이터 시각화 리터러시가 중요해짐에 따라, VLAT을 한국형으로 문항을 변형하여 K-VLAT(www.k-vlat.co.kr) 웹버전을 개발하였다. 본 논문에서는, VLAT에 대한 설명 및 한국형 변형에 대한 방법론을 소개한다. 또한, 데이터 시각화 리터러시의 연구 동향을 이해하기 위해서 영문형 VLAT[2]을 참조한 79개의 논문을 분석하여 활용 방안 및 추후 발전 방향에 대해서 논의한다.

II. 관련 연구

2.1. 리터러시 관련 연구 동향

리터러시는 글을 읽고 쓸 줄 아는 능력을 의미한다. 그러나 사회가 고도화되면서 리터러시는 단순한 문자

에 대한 해석 능력뿐만 아니라 정보의 수용자가 자신을 둘러싼 환경과 상황에 대한 본질을 이해하고 대처하는 능력으로 그 개념이 확장되고 있다. 이러한 새로운 개념의 리터러시에 관한 연구 중 정보기술과 관련된 리터러시를 소개한다.

디지털 리터러시는 가장 많은 연구가 이루어진 분야로, 1997년 Paul Gilster가 저서 ‘Digital Literacy’에서 처음 소개하였으며, ‘컴퓨터를 통해 찾아낸 다양한 출처의 정보를 다양한 형식으로 이해하고 사용할 수 있는 능력’이라 정의되었다[5]. Hague와 Payton(2010)은 삶의 모든 영역에서 분별력 있게 살아나갈 수 있는 자질이라고 일컬으며, 디지털 리터러시를 향상시키기 위해서는 디지털 매체를 통한 단순 정보 검색 능력뿐만 아니라 창의성, 문화적, 사회적 이해 등 다층적이고 총체적인 역량이 요구된다고 정의하고 있다[6]. 이러한 디지털 리터러시는 디지털 현대 사회의 필수적인 ‘생존 기술’로 정의되기도 하였으며[7], 이를 통해 새로운 개념의 리터러시는 계속 생겨나갈 것이며, 이에 맞춰 능력 개발을 지속해야 하는 것을 알 수 있다.

데이터 리터러시는 리터러시 관련 분야 중 최근 가장 활발하게 연구되고 있는 주제다. 4차 산업혁명 시대가 도래하며 끊임없이 생성되는 ‘데이터’에 대한 이해와 활용 역량이 더욱 강조되고 있기 때문이다. 구글 수석 이코노미스트 Hal Varian은 ‘데이터를 이해, 처리하고, 가치를 창출하고, 시각화하고, 전달하는 능력은 향후 수십 년간 매우 중요한 기술이 될 것’이라 강조했다[8]. 미국의 4대 테크기업 중 하나인 구글이 핵심적인 비즈니스 능력으로서 데이터 리터러시의 중요성을 역설한 것이다. 이는 데이터 리터러시가 기업의 차원 뿐 만 아니라 개인에게도 요구되는 능력임을 시사한다. 해외에서는 데이터 리터러시 향상의 중요성을 인지하고 이에 대한 다양한 연구가 수행되었다. Mandinach(2013)은 교육 데이터 리터러시 구현에 대한 체계적인 관점에 대해 연구하였다[9]. 국내의 경우, 이원태(2015)는 빅데이터 시대의 새로운 정보 격차로서 ‘데이터 활용 격차’를 완화하기 위한 방안 중 하나로 데이터 리터러시를 소개하고 있다. 그는 국내에서 데이터 리터러시의 교과 과정이 활성화되어 있지 못하고 데이터 접근 환경 역시 제한적이라는 문제점을 제기했다[10]. 보다 체계적인 데이터 리터러시 교육의 마련과 자유로운 데이터 활용이 가능한 개방적 환경을 위한 정책 마련이 필요한 상황인 것이다.

마지막으로, 인공지능(AI) 리터러시 역시 데이터 리터러시와 마찬가지로 AI 기술의 고도화와 그 활용이 증가함에 따라 AI 리터러시 개발이 더욱 중요해지고 있다. Long과 Magerko(2020)는 AI 리터러시를 개인이 AI 기술을 비판적으로 평가할 수 있고, AI와 효과적으로 소통, 협력하며 AI 솔루션을 일상생활에서 도구로 사용할 수 있는 역량으로 정의했다[11]. 박선주(2021)는 학생들의 인공지능 교육을 위해 AI과 AI 교육에 대한 예비교사들의 인식을 분석하였다[12]. 연구 결과, AI를 이해하고 활용 가치에 대한 지식을 가진 사람이 AI 교육의 중요성과 AI 리터러시 역량 향상의 필요성을 지각하고 있는 것이다.

2.2. 데이터 시각화 리터러시 관련 연구 동향

다양한 리터러시 관련 연구 분야 중 데이터 시각화 리터러시에 관한 연구는 이제 시작 되고 있는 단계다. Boy et al.은 “효과적이고 효율적이며 자신 있는 방식으로 정보를 처리하기 위해 잘 확립된 데이터 시각화를 사용하는 능력”[3], Borner et al.은 “데이터의 시각적 표현에서 패턴, 추세 및 상관관계를 의미하고 해석하는 능력”이라고 정의했다[4]. 이진석(2019)은 데이터 리터러시를 ‘데이터 시각화’를 중심으로 분석한 국내 연구가 거의 없는 실정을 지적하였다[13]. 김민정(2021) 역시 언택트(Untact) 문화가 일상이 되어버린 환경에서 아이들이 온라인 수업, 뉴스 등에서 접하는 데이터 시각화를 제대로 읽지 못하는 상황에서, 체계적인 데이터 시각화 교육의 신속한 마련과 실행을 위한 워크플로우를 제안하고자 하였다[14]. 그는 해외에서는 데이터 시각화 리터러시 능력 향상을 위한 구체적인 실행 연구가 많은 반면, 국내의 경우에는 잘못된 사례를 선정하거나 제한적인 데이터 시각화 유형만을 활용하는 현황을 문제점으로 꼽았다. 시각화 데이터로 끊임없이 갱신되고 있는 새로운 환경을 구성원들이 이해할 수 없고 적용할 수 없다면 새로운 차원의 문맹시대가 열리게 될 것이다.

데이터 시각화 활용 능력을 측정하기 위해서, Lee et al.은 평가체계를 처음으로 개발하였으며[2], VLAT은 심리학 및 교육 측정에서 따르는 방법론을 통해 문항을 확립하였다. 개발 절차는 테스트 청사진 구성, 테스트 항목 생성, 내용 타당성 평가, 테스트 및 문항 분석, 테스트 문항 선택, 신뢰성 평가로 6단계를 걸쳐 진행되었다. 해당 연구 결과는 응시자를 통해 높은 신뢰도를 보였고,

시각화 리터러시의 결과가 사용자에게 따라 높은 양의 관계가 나타난다는 연구 결과를 보여주었다. 또한, 각 문항별 정답 비율을 통해 문항별 난이도를 분석하여 제공하고 있다. 신뢰도 및 타당성을 입증한 방법론으로 본 논문에서도 한국형 문항 개발에 활용되었다. 데이터 시각화 리터러시와 관련된 연구 동향은 4장에서 다룬다.

III. K-VLAT (Korean Visualization Literacy Assessment Test)

3.1. 데이터 시각화 구성

K-VLAT은 영문 버전 VLAT을 번역한 테스트로 데이터 시각화를 이해하고 사용하는 사용자의 능력을 측정하기 위해 개발되었다. VLAT과 유사한 난이도를 가지기 위해서 변경 요소를 최소화하였다. 국내 사용자의 시각을 고려하여 12개의 시각화 중 3개의 시각화와 내용을 수정하여 개발했다. 특히, 미국 지도, 미국 지리명이나 사람 이름의 경우 문화 지리적으로 생소하여 시험 결과에 영향을 미칠 수 있어서 한국형으로 변형하였다. 시각화의 축으로 이용되는 지역명을 대한민국의 시/도로 변경하고, 여성의 이름을 한국 여성의 이름으로 수정하여 개발했다. 특히, 지도 맵은 미국 지도가 아닌 한국 지도로 개발하였다.

K-VLAT은 12개의 시각화로 이루어져 있으며, 그림 1과 같이 라인차트(Line Chart), 바차트(Bar Chart), 스택 바차트(Stacked Bar Chart), 100% 스택 바차트(100% Stacked Bar Chart), 파이차트(Pie Chart), 히스토그램(Histogram), 산점도(Scatterplot), 영역차트(Area Chart), 스택 영역차트(Stacked Area Chart), 버블차트(Bubble Chart), 지도맵(Choropleth Map), 트리맵(Treemap)으로 구성되고, 시각화에 따른 53개의 객관식 질문이 존재한다. 데이터 시각화는 기본적으로 데이터 원형 값을 이용하여 시각적 개체로 활용한다. 하지만 몇 가지 예외들이 존재한다. 첫째로, 데이터의 실제 값이 변환된 값만으로 사용하여 시각적 개체로 사용하는 것이다. 예를 들어, 100% 스택 바차트나 파이차트는 비율 계산에 의해 시각화 요소로 보여진다. 또한, 히스토그램, 트리맵은 시각화의 크기에 따라 값의 빈도와 횟수가 달라진다[2]. K-VLAT에 사용되는 시각화별 문항 개수는 표 1과 같이 구성된다.



Fig. 1 The 12 visualizations for K-VLAT

Table. 1 VLAT visualization configuration

No.	Visualization	# of Problems
1	Line Chart	5
2	Bar Chart	4
3	Stacked Bar Chart	5
4	100% Stacked Bar Chart	3
5	Pie Chart	3
6	Histogram	3
7	Scatter Plot	7
8	Area Chart	3
9	Stacked Area Chart	6
10	Bubble Chart	7
11	Choropleth Map	3
12	Tree Map	3

3.2. Task

데이터 시각화는 목적에 따라 다양한 Task를 지원한다. 예를 들어, 바차트는 항목별 비교에 용이하며, 라인 차트는 시계열에 따른 추세 확인에 주로 사용된다. 따라서, 문항 개발시 시각화에 따른 알맞은 Task에 대한 질문을 구성하는 것이 중요하다. K-VLAT은 VLAT의 8개의 Task를 그대로 적용하였으며, 표 2와 같이 설명할 수 있다. 8개의 Task는 해당 값 찾기, 최대 값 찾기, 최적의

범위 결정, 분포 특성 찾기, 이상치 발견, 클러스터(군집) 찾기, 상관관계/트렌드 찾기, 비교로 분류된다[2]. 각 시각화에 대해 수행 가능한 인지 Task는 표 2의 교차점 표시를 통해 알 수 있다.

3.3. Dataset

시각화의 데이터셋은 크게 4가지의 기본 데이터셋 유형이 존재한다. 기본 데이터셋은 테이블 유형, 네트워크 유형, 필드 유형, 기하학 유형이 있다[15]. K-VLAT의 모든 문항의 데이터셋은 테이블 유형을 포함하고 있다. 그 중에서, 스택차트, 100% 스택차트, 스택 영역차트, 버블차트는 다차원 데이터로 이루어져 있으며, 지도 맵은 기하학 유형, 트리맵은 트리구조의 데이터 유형을 포함하고 있다.

3.4. K-VLAT 시스템 소개

K-VLAT은 웹(www.k-vlat.co.kr)으로 제공되고 있으며, 로그인 없이 안내페이지 이후에 시험 문제가 제공된다. 그림 2와 같이 시각화와 해당 문제가 보여진다. 53개의 문항이 완료된 이후에는 그림 3과 같은 결과 화면이 제공된다. 최종 점수 및 시각화별 정답 비율을 확인할 수 있다. 또한, 마지막 페이지에서 부여된 사용자 고유 코드를 통해 자신의 결과를 다시 확인할 수 있다.

Table. 2 Performed cognitive tasks of each visualization

Visualization	Retrieve Values	Find Extremum	Determine Range	Characterize Distribution	Find Anomalies	Find Clusters	Find Correlation' Trens	Make Comparison
Line Chart	✓	✓	✓				✓	✓
Bar Chart	✓	✓	✓					✓
Stacked Bar Chart	✓	✓	✓					✓
100% Stacked Bar Chart	✓	✓						✓
Pie Chart	✓	✓						✓
Histogram	✓	✓		✓				✓
Scatter Plot	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Area Chart	✓	✓	✓				✓	✓
Stacked Area Chart	✓	✓	✓				✓	✓
Bubble Chart	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Choropleth Map	✓	✓						✓
Tree Map	✓	✓						✓

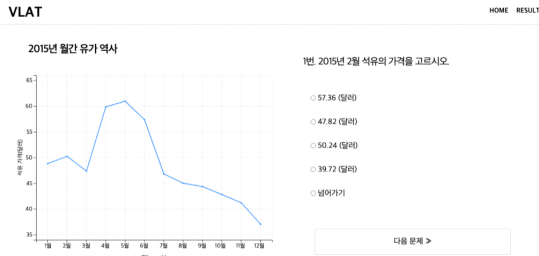


Fig. 2 Example of a test page on the K-VLAT

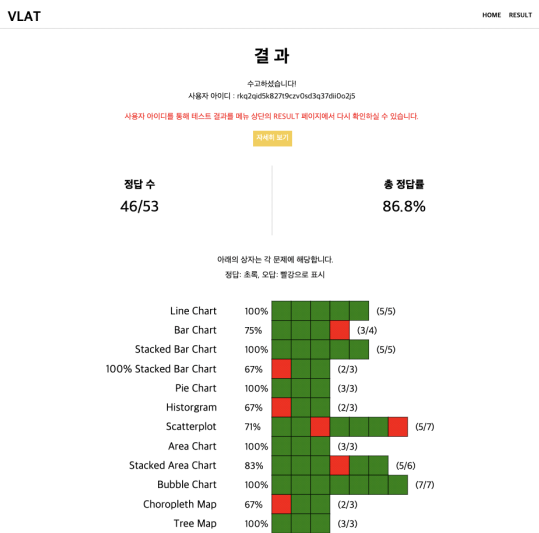


Fig. 3 Result page on the K-VLAT

IV. 데이터 시각화 리터러시 연구 동향

데이터 시각화 리터러시와 관련된 연구 동향을 분석하기 위해서, 기존 VLAT 논문[2]을 인용한 논문들을 분석하였다. Google Scholar를 통해 확인된 총 85건(2021년 6월 20일 기준)에서 영문이 아닌 논문 또는 시각화 리터러시와 직접적인 연관성이 낮은 6건을 제외한 79건의 논문이 최종 분석 대상이었다. 시각화 리터러시 관련 연구는 2016년을 기점으로 점차 증가하고 있는 것을 그림 4로 확인할 수 있다. 2021년 6월에 조사한 통계치로 2021년은 인용수가 적은 것으로 보인다.

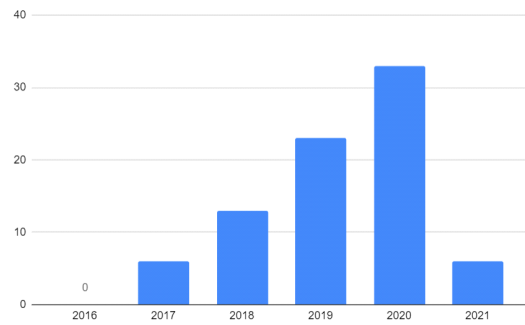


Fig. 4 Number of papers that cited VLAT paper[2] by year

연구 동향 분석을 위해서 데이터 시각화 분야에서 10년 이상 경력을 가진 연구자 2명이 각 논문을 주제와 목

적에 따라 분류하였으며, 먼저 크게 4개 분야인 ‘데이터 시각화 리터러시 개념(Concept on Visualization Literacy)’, ‘데이터 시각화 리터러시 교육(Visualization Literacy Related to Education)’, ‘개인화 대시보드 개발(Personalized Dashboards)’, ‘데이터 시각화 효과 평가(Effectiveness of Visualizations)’로 나누었다. 표 3을 통해 각 주제 분류 및 연구 내용에 대한 요약, 해당 논문을 확인할 수 있다.

첫 번째로 가장 많이 연구되는 분야는 데이터 시각화 리터러시 개념에 대한 것으로, 인지 연구와 개념 확장 및 개발 연구가 절반 이상을 차지하고 있었다. 데이터 시각화 리터러시 개념은 데이터 시각화 리터러시에 대한 개인별, 지역별, 커뮤니케이션 측면 인지적 특성 연구와 정보 디자인, 헬스케어 등 새로운 도메인으로 시각화 리터러시 적용 영역을 확장 또는 게임과 같은 솔루션을 개발하는 연구로 구분하였다.

데이터 시각화 리터러시 교육은 교육 대상에 따라 초등, 중등, 고등, 대학생, 그리고 비전문가 일반인 대상으로 구분하였다. 대학생을 제외하고 교육 목적의 연구들은 특정 과목이나 분야가 아닌 시각화 리터러시 자체에 대한 기본 자질 개발과 향상을 위한 연구가 주를 이루고 있었다.

개인화 대시보드 개발은 개인의 특성이나 목적, 요구 사항을 반영한 맞춤형 대시보드 메타모델 개발 연구와 대시보드 개발을 헬스케어, 교육 등 특정 도메인에서 활용하기 위한 연구로 구분하였다.

마지막으로, 데이터 시각화 효과 평가는 다양한 시각화 유형별 시각화 리터러시 효과성에 대한 검증과 영화, 프리젠테이션과 같은 스토리텔링에서 청중에 대한 시각화 정보의 영향력과 효과 분석 연구로 구분하였다.

V. K-VLAT 활용 방안

데이터 시각화 활용 능력은 시각화된 정보를 읽고, 해석하고, 그로부터 도출된 인사이트를 활용하는 능력을 모두 포함하는 것이다. K-VLAT은 데이터 시각화로부터 정보를 읽고 해석하는 능력을 측정하는 것으로 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 먼저 전문가의 경우, 특정 업무 적합성 확인을 위해서 전문가의 능력을 측정할 수 있다. 많은 기업체에서 대시보드의 활용은 늘어나고 있

으며, 데이터 기반 의사결정이 중요해짐에 따라 현장에서의 업무 역량 측정에 활용될 수 있다. 또한, 교육 분야에서는 학생들의 역량 측정을 하는 것 이외에도, 데이터 시각화 교육용 도구를 개발하였을 때, 그 효과를 측정하기 위해 수업 전과 후에 학생들의 시각화 리터러시를 측정하여 교육용 도구에 대한 효과를 보여줄 수 있다. 또한, 헬스케어나 금융과 같이 개인화된 데이터를 직관적으로 이해하기 위해서 데이터 시각화가 일상 생활 앱에서도 많이 사용되는 만큼, 다양한 리터러시를 가진 사람들에게도 효과적으로 쓰이고 있는지 확인할 수 있다.

VI. 결론

데이터 시각화 리터러시가 중요해짐에 따라 한국형으로 개인의 역량 측정을 위해 K-VLAT을 개발하였다. 또한, 연구동향 분석을 위해서 기존 VLAT논문들을 인용한 논문들의 분석을 통해 4가지 분야를 도출하여 연구동향을 분석했다. 특히, 리터러시 개념을 더 깊이 이해하기 위한 인지 연구, 개념 확장 및 교육과 관련된 연구가 많이 이루어지고 있다. 또한, 여러 도메인에서 시각화가 활용됨에 따라 효과적인 개발, 개발 산출물에 대한 효과 평가 등에도 활용되고 있다. 향후 연구로, K-VLAT의 활용도를 높이기 위해서는 동일한 시각화에 대해서 다양한 문항 개발이 필요하며, 시각화 역시 정적인 것 이외에도 동적인 시각화에 대한 시험 개발이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Science and ICT (MSIT), South Korea, under the Grand Information Technology Research Center support program (IITP-2020-0-01791) supervised by the Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation (IITP) and by National Research Foundation of Korea Grant, grant number NRF-2019R1C1C1005508.

Table. 3 Areas of research on data visualization literacy

Topics	Sub-areas	Summary	References
Concept on Visualization Literacy (46)	Cognitive Research (21)	<ul style="list-style-type: none"> - Correlation studies on individual difference and visualization literacy - Error analysis on visualization comprehension and research on intuitiveness and emotional effectiveness - [Ethnography] Comparison on visualization literacy and understanding by regions (Canada, Pennsylvania, Bangladesh) - [Psychology] Research on visualization and decision making, cognitive biases, impact on communication - [Communication] Utilization of visualization for communication and effective visualizations for intellectual disorder population 	[15-35]
	Extension or Development (25)	<ul style="list-style-type: none"> - [Information Design] Graphical encodings for visual analysis and effective measures for novice users - [Healthcare] Research on developing effective visualizations for healthcare data and understand the underlying process while understanding the visual aspects - [Traffic] Understand on traffic visualizations and analyze the relation between safety and understanding infographics - [Game] Develop on games to enhance visualization literacy - [Robotics/AI] Utilize robotics to enhance data usage and visual analysis abilities and use AI to measure the cognitive load - [Others] Research on deriving optimized visualizations in different domains 	[36-60]
Visualization Literacy Related to Education (15)	Elementary School (4)	<ul style="list-style-type: none"> - Development on interactive tools to enhance understanding of children's visualization literacy and test effectiveness - Understand if visualization literacy can be educated in early stage students - Development on frameworks to educate and evaluate visualization literacy 	[61-64]
	Middle School (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Effectiveness of different tools for education such as visualization on open data or augmented reality with 3D maps - Case studies on data visualization and storytelling workshop 	[65-67]
	High School (2)	<ul style="list-style-type: none"> - Exploratory stories on learning abstract datasets, visualizations, and dashboards - Understand of visualizations can have impact on behavioral changes 	[68,69]
	University (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Utilize visualization for undergraduate statistics education - Visual literacy intervention for improving critical thinking for global issues - Utilize visualization solve domain problems with numerical values such as in construction 	[70-72]
	General Public (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Research on how to support non-experts for understanding different representations in decision support systems - Assessment and development to test and educate visualization literacy 	[73-75]
Personalized Dashboards (9)	Development (6)	<ul style="list-style-type: none"> - Develop personalized dashboards based on individual aspects, requirements, and specific goals for different domains - Utilize meta-modeling to capture high-level requirements of visual dashboards' components 	[76-81]
	Domain Applications (3)	<ul style="list-style-type: none"> - [Healthcare] Development on visualizations to enhance personal visualization literacy for understanding personal health data - [Healthcare] A meta-model integration for supporting knowledge discovery in healthcare domains - [Education] Derive design guidelines for visualization dashboards through exploring education and workforce development ecosystems 	[82-84]
Effectiveness of Visualizations (9)	Evaluation (6)	<ul style="list-style-type: none"> - Studies on several types of visualizations and guidelines for effective visualizations 	[85-90]
	Assistance on Storytelling (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Story curves to understand non-linear narratives on movie contents - Research on how visual aspects affect presentations (attract attention, understanding, learning outcomes) - Interpretation on visualizations with biased news titles 	[91-93]

REFERENCES

[1] J. Y. Hong and Y. S. Ki, "Development of AI Data Science Education Program to Foster Data Literacy of Elementary School Student," *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 24, no. 6, pp. 633-641, Dec. 2020.

[2] S. K. Lee, S. H. Kim, and B. C. Kwon, "VLAT: Development of a Visualization Literacy Assessment Test," *IEEE Transactions Visualization and Computer Graphics*, vol. 23, pp. 551-560, Jan. 2017.

[3] J. Boy, R. Rensink, E. Bertini, and J. D. Fekete, "A principled way of assessing visualization literacy," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 20, no. 12, pp. 1963-1972, Nov. 2014.

[4] K. Börner, A. Maltese, R. N. Balliet, and J. Heimlich, "Investigating aspects of data visualization literacy using 20 information visualizations and 273 science museum visitors," *Information Visualization*, vol. 15, no. 3, pp. 1-16, Aug. 2015.

[5] P. Gilster, *Digital Literacy*, John Wiley & Sons, Inc., 1997.

[6] C. Hague and S. Payton, "Digital Literacy across the curriculum," *Curriculum and Leadership Journal*, vol. 9, no. 10, Apr. 2011.

[7] Y. Eshet, "Digital Literacy: A Conceptual Framework for Survival Skills in the Digital Era," *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 13, no. 1, pp. 93-106, 2004.

[8] Forbes. (2016) [Internet]. Available: <https://www.forbes.com/sites/brentdykes/2016/03/31/data-storytelling-the-essentials-data-science-skill-everyone-needs/?sh=6d4b7b5052ad>.

[9] E. B. Mandinach and E. S. Gummer, "A Systemic View of Implementing Data Literacy in Educator Preparation," *Educational Researcher*, vol. 42, no. 1, pp. 30-37, Jan. 2013.

[10] W. Lee, "Overcome the information gap by data literacy in the Big data Era," *KISO Journal*, vol. 21, 2015.

[11] D. Long and B. Magerko, "What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations," *CHI '20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1-16, Apr. 2020.

[12] S. J. Park, "AI education perception of pre-service teachers according to AI learning experience, Interest in AI education, and Majo," *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 25, no. 1, pp. 103-111, Feb. 2021.

[13] J. S. Lee, "A Study for Cultivating Data Literacy in the Social Studies Education - Focusing on the Analysis of the Data Visualization Contents of the Social Studies Textbook in the 2015 Curriculum," *Teacher Education Research*, vol. 58, no. 4, pp. 501-512, 2019.

[14] M. J. Kim, "A Study on the Educational Method of Data Visualization Literacy for Elementary School Students," *Korea Institute of Design Research Society*, vol. 6, no. 1, pp. 294-305, 2021.

[15] T. Munzner, "Visualization Analysis and Design," *CRC Press*, 2014.

[16] E. M. Peck, S. E. Ayuso, and O. El-Etr, "Data is personal: Attitudes and perceptions of data visualization in rural pennsylvania," in *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, no. 244, pp. 1-12, 2019.

[17] S. Lee, B. C. Kwon, J. Yang, B. C. Lee, and S. H. Kim. (2019). The correlation between users' cognitive characteristics and visualization literacy. *Applied Sciences* [Internet]. 9(3), pp. 488. Available: <https://doi.org/10.3390/app9030488>.

[18] H. Mansoor and L. Harrison, "Data visualization literacy and visualization biases: Cases for merging parallel threads," in *Cognitive Biases in Visualizations*, pp. 87-96, Jan. 2018.

[19] P. C. Parsons, "Conceptual metaphor theory as a foundation for communicative visualization design," in *IEEE VIS Workshop on Visualization for Communication*, 2018.

[20] Z. Liu, R. J. Crouser, and A. Ottley, "Survey on individual differences in visualization," in *Computer Graphics Forum*, vol. 39, no. 3, pp. 693-712, Jun. 2020.

[21] K. Wu, S. Tanis, and D. Szafir, "Designing communicative visualization for people with intellectual developmental disabilities," 2019.

[22] S. Campbell, "Feeling numbers the rhetoric of pathos in visualization," Doctoral dissertation, Northeastern University, 2018.

[23] K. Wu, E. Petersen, T. Ahmad, D. Burlinson, S. Tanis, and D. A. Szafir, "Understanding data accessibility for people with intellectual and developmental disabilities," in *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, no. 606, pp. 1-16, May. 2021.

[24] F. Gutiérrez, X. Ochoa, K. Seipp, T. Broos, and K. Verbert, "Benefits and Trade-Offs of Different Model Representations in Decision Support Systems for Non-expert Users," in *IFIP Conference on Human- Computer Interaction*, pp. 576-597, Sep. 2019.

- [25] A. M. B. Rodrigues, G. D. J. Barbosa, H. C. V. Lopes, and S. D. J. Barbosa, "What questions reveal about novices' attempts to make sense of data visualizations: Patterns and misconceptions," *Computers & Graphics*, vol. 94, pp. 32-42, 2021.
- [26] S. Campbell and D. Offenhuber, "Feeling numbers: The emotional impact of proximity techniques in visualization," *Information Design Journal*, vol. 25, no. 1, pp. 71-86, 2019.
- [27] P. Tsagaroulis, "Data Visualization, Numeracy and Graph Literacy: Seeing and Thinking of Data Presented as Tables or Charts," Doctoral dissertation, The Chicago School of Professional Psychology, 2020.
- [28] A. Locoro, W. P. Fisher, and L. Mari, "Visual Information Literacy: Definition, Construct Modeling and Assessment," *IEEE access*, vol. 9, pp. 71053-71071, 2021.
- [29] S. Sultana, S. I. Ahmed, and J. M. Rzeszotarski, "Seeing in Context: Traditional Visual Communication Practices in Rural Bangladesh," *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, vol. 4, no. 214, pp. 1-31, 2021.
- [30] S. Lee, "Investigation of Visualization Literacy: A Visualization Sensemaking Model, a Visualization Literacy Assessment Test, and the Effects of Cognitive Characteristics," Doctoral dissertation, Purdue University, 2017.
- [31] A. Burns, C. Xiong, S. Franconeri, A. Cairo, and N. Mahyar, "How to evaluate data visualizations across different levels of understanding" in *2020 IEEE Workshop on Evaluation and Beyond-Methodological Approaches to Visualization*, pp. 19-28, Oct. 2020.
- [32] A. Esselman, "A Study of Status Quo Bias in Data Visualizations Used for Decision Making," Wilmington University, Delaware, 2020.
- [33] K. Bergram and B. Ochan, "Data-driven Biased Decision-making? Exploring the landscape between dashboards, visualization literacy and decision bias," *Department of Informatics*, 2018.
- [34] M. A. Livingston and D. Brock, "Position: Visual Sentences: Definitions and Applications," 2020.
- [35] H. A. He, J. Walny, S. Thoma, W. J. Willett, and S. Carpendale, "Discussing Open Energy Data and Data Visualizations with Canadians," 2019.
- [36] M. Le Goc, C. Perin, S. Follmer, J. D. Fekete, and P. Dragicevic, "Dynamic composite data physicalization using wheeled micro-robots," *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, vol. 25, no. 1, pp. 737-747, 2018.
- [37] A. Abdul, C. von der Weth, M. Kankanhalli, and B. Y. Lim, "COGAM: Measuring and Moderating Cognitive Load in Machine Learning Model Explanations," in *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1-14, Apr. 2020.
- [38] X. Shu, A. Wu, J. Tang, B. Bach, Y. Wu, and H. Qu, "What makes a Data-GIF understandable?," *IEEE Transactions on Visualization and Computer*, vol. 27, no. 2, pp. 1492-1502, 2020.
- [39] A. Ulmer, M. Schufrin, H. Lücke-Tieke, C. D. Kannanayikkal, and J. Kohlhammer, "Towards Visual Cyber Security Analytics for the Masses," *EuroVis Workshop on Visual Analytics*, pp. 55-59, Jun. 2018.
- [40] M. A. Livingston, D. Brock, J. W. Decker, D. J. Perzanowski, C. Van Dolson, J. Mathews, and A. S. ulushi, "A query generation technique for measuring comprehension of statistical graphics," in *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, vol. 963, pp. 3-14, Jul. 2019.
- [41] D. Rees, R. S. Laramée, P. Brookes, T. D'Cruze, G. A. Smith, and A. Miah, "AgentVis: Visual Analysis of Agent Behavior with Hierarchical Glyphs," *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Sep. 2020.
- [42] R. Schertler, S. Kriglstein, and G. Wallner, "User guided movement analysis in games using semantic trajectories," in *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, pp. 613-623, Oct. 2019.
- [43] O. Lock, T. Bednarz, and C. Pettit, "The visual analytics of big, open public transport data - a framework and pipeline for monitoring system performance in Greater Sydney," *Big Earth Data*, pp. 134-159, 2021.
- [44] J. Steinhardt, "The role of numeric and statistical content on risk perception in infographics about road safety," *Journal of Risk Research*, pp. 613-625, 2020.
- [45] A. M. B. Rodrigues, G. D. J. Barbosa, R. de Araújo Lima, D. J. F. Braga, H. C. V. Lopes, and S. D. J. Barbosa, "Revisiting Visualization Task Taxonomies: Specifying Functions for the Data Transformations Stage," in *International Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 655-671, Jul. 2020.
- [46] J. F. Kassel, "On intelligible multimodal visual analysis," Doctoral dissertation, Hannover: Institutionelles Repositorium der Leibniz Universität Hannover, 2020.
- [47] M. Hind, "Explaining explainable AI," *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students*, pp. 16-19, 2019.
- [48] M. Li, "Design Judgments in Information Visualization Design," Doctoral dissertation, Purdue University Graduate

- School, 2021.
- [49] J. Choi, C. Oh, B. Suh, and N. W. Kim, "Toward a Unified Framework for Visualization Design Guidelines," *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1-7, May. 2021.
- [50] D. Zhang, A. Sarvghad, and G. Miklau, "Investigating Visual Analysis of Differentially Private Data," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 27, no. 2, pp. 1786-1796, 2020.
- [51] N. Yusop, M. M. Derus, and N. A. Bakar, "Technical Skills in Quantity Surveying and Relevant Practices: Discipline Standards," *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, pp. 1863-1873, 2018.
- [52] B. Copeland, C. Griffin, C. E. Bianco, N. Kononenko, and W. J. Craft, "Data Visualization in Games," *Major Qualifying Projects*, pp. 7, 2018.
- [53] S. Lee, "Designing Information Visualization to Support Visual Comparison for Novices," Doctoral dissertation, Seoul University Graduate School, 2020.
- [54] H. Nguyen, "Visualizing Hypothetical Outcomes in Quantitative Ethnography," in *Second International Conference on Quantitative Ethnography: Conference Proceedings Supplement*, p. 11, 2021.
- [55] C. Lee, T. Yang, G. D. Inchoco, G. M. Jones, and A. Satyanarayan, "Viral Visualizations: How Coronavirus Skeptics Use Orthodox Data Practices to Promote Unorthodox Science Online," in *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1-18, May. 2021.
- [56] O. Ola, "The Design of Interactive Visualizations and Analytics for Public Health Datam," *Electronic Thesis and Dissertation Repository*, 2017.
- [57] M. Keck, D. Kammer, A. Ferreira, A. Giachetti, and R. Groh, "VIDEM 2020: Workshop on Visual Interface Design Methods," in *Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces*, pp. 1-2, Sep. 2020.
- [58] M. A. Livingston, D. Brock, J. W. Decker, D. J. Perzanowski, C. Van Dolson, J. Matthews, and A. S. Lulushi, "Report on a Query Generation Technique for Measuring Comprehension of Statistical Graphics," Naval Research Lab Washington DC Washington *United States*, 2019.
- [59] B. J. Lee, S. h. Yoo, Y. E. Kim, H. J. Song, J. C. Lee, J. H. Hwang, B. H. Kim, and J. W. Seo, "Interactive Visualization Tool for Effective Evidence Mapping with Medical Research Papers," *KIISE Transactions on Computing Practices*, vol. 24, no. 12, pp. 662-669, 2018.
- [60] A. M. MacEachren, "(re) Considering Bertin in the age of big data and visual analytics," *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 46, no. 2, pp. 101-118, 2019.
- [61] B. Alper, N. H. Riche, F. Chevalier, J. Boy, and M. Sezgin, "Visualization literacy at elementary school," in *Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 5485-5497, May. 2017.
- [62] K. Börner, A. Bueckle, and M. Ginda, "Data visualization literacy: Definitions, conceptual frameworks, exercises, and assessments," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pp. 1857-1864, 2019.
- [63] F. Chevalier, N. H. Riche, B., Alper, C. Plaisant, J. Boy, and N. Elmqvist, "Observations and reflections on visualization literacy in elementary school," *IEEE computer graphics and applications*, vol. 38, no. 3, pp. 21-29, 2018.
- [64] A. Veldhuis, R. H. Liang, and T. Bekker, "CoDa: Collaborative data interpretation through an interactive tangible scatterplot," in *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, pp. 323-336, Feb. 2020.
- [65] M. Saddiqa, B. Larsen, R. Magnussen, L. L. Rasmussen, and J. M. Pedersen, "Open data visualization in Danish schools: a case study," *International Conference in Central Europe on Computer Graphics*, 2019.
- [66] R. Schnürer, C. Dind, S. Schalcher, P. Tschudi, and L. Hurni, "Augmenting Printed School Atlases with Thematic 3D Maps," *Multimodal Technologies and Interaction*, 2020.
- [67] P. Ruchikachorn, P. Duangklad, and T. Ruangdej, "A Case Study of Data Visualization and Storytelling Workshop for Middle School Students," in *Proceedings of PacificVis 2020 Posters*, Tianjin, China, 2020.
- [68] S. R. Bartholomew, T. McGraw, D. Fauber, J. Charlesworth, and J. Weitlauf, "Reducing water waste through data-driven irrigation practices," *Technology and Engineering Teacher*, vol. 79, no. 4, pp. 21-25, 2019.
- [69] D. Donohoe, and E. Costello, "Data Visualisation Literacy in Higher Education: An Exploratory Study of Understanding of a Learning Dashboard Tool," *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 15, pp. 115-126, 2020.
- [70] S. E. Krejci, S. Ramroop-Butts, H. N. Torres, and R. D. Isokpehi, "Visual literacy intervention for improving undergraduate student critical thinking of global

- sustainability issues,” *Sustainability*, vol. 12, pp. 10209, 2020.
- [71] N. Yusop, M. M. Derus, and I. Samsuddin, “Predictors of Spatial Visualization Ability (SVA) in construction and the quantification course achievements: a conceptual analysis,” *Malaysian construction Research Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 63, 2020.
- [72] K. Kelecsényi, “Non-Standard Data Visualization Methods in Undergraduate Statistics Education,” *GRADUS*, pp. 54-63, 2019.
- [73] C. Stoiber, F. Grassinger, M. Pohl, H. Stitz, M. Streit, and W. Aigner, “Visualization onboarding: Learning how to read and use visualizations,” *IEEE Workshop on Visualization for Communication*, IEEE, Vancouver, BC, Canada, 2019.
- [74] E. Adar and E. Lee, “Communicative Visualizations as a Learning Problem,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 27, no. 2, pp. 946-956, 2020.
- [75] A. Denisova, R. Laramée, and E. Firat, “Treemap Literacy: A Classroom-Based Investigation,” in *Eurographics Proceedings*, May. 2020.
- [76] A. Vázquez Ingelmo, F. J. García Peñalvo, R. Therón Sánchez, and M. Á. C. González, “Extending a dashboard meta-model to account for users’ characteristics and goals for enhancing personalization,” in *Proceedings of LASI-SPAIN*, no. 2415, pp. 35-42, 2019.
- [77] A. Vázquez-Ingelmo, F. J. García-Peñalvo, R. Therón, D. A. Filvå, and D. F. Escudero, “Connecting domain-specific features to source code: Towards the automatization of dashboard generation,” *Cluster Computing*, pp. 1803-1816, 2020.
- [78] A. Vázquez-Ingelmo, F. J. García-Peñalvo, and R. Therón, “Capturing high-level requirements of information dashboards’ components through meta-modeling,” in *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, pp. 815-821, Oct. 2019.
- [79] A. Vázquez-Ingelmo, A. García-Holgado, F. J. García-Peñalvo, and R. Therón, “Dashboard meta-model for knowledge management in technological ecosystem: a case study in healthcare,” in *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, vol. 31, no. 1, pp. 44, 2019.
- [80] A. Vázquez-Ingelmo, F. J. García-Peñalvo, R. Therón, and M. Á. Conde, “Representing data visualization goals and tasks through meta-modeling to tailor information dashboards,” *Applied Sciences*, pp. 2306, 2020.
- [81] A. Vázquez-Ingelmo, F. J. García-Peñalvo, R. Therón, and A. García-Holgado, “Specifying information dashboards’ interactive features through meta-model instantiation,” in *Proceedings of the LASI-SPAIN 2020. Learning Analytics Summer Institute Spain 2020: Learning Analytics*, 2020.
- [82] O. Ola, and K. Sedig, “Health literacy for the general public: Making a case for non-trivial visualizations,” in *Informatics, Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, vol. 4, no. 4, pp. 33, Dec. 2017.
- [83] A. Vázquez-Ingelmo, A. García-Holgado, F. J. García-Peñalvo, and R. Therón, “A meta-model integration for supporting knowledge discovery in specific domains: a case study in healthcare,” *Sensors*, pp. 4072, 2020.
- [84] Y. S. Gugale, “Exploring ecosystems in indiana’s education and workforce development using a data visualization dashboard,” Doctoral dissertation, Purdue University Graduate School, 2020.
- [85] B. Saket, A. Endert, and C. Demiralp, “Task-based effectiveness of basic visualizations,” *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, vol. 25, no. 7, pp. 2505-2512, 2018.
- [86] N. W. Kim, B. Bach, H. Im, S. Schriber, M. Gross, and H. Pfister, “Visualizing nonlinear narratives with story curves,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 24, no. 1, pp. 595-604, 2017.
- [87] H. K. Kong, Z. Liu, and K. Karahalios, “Frames and slants in titles of visualizations on controversial topics,” in *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, no. 438, pp. 1-12, Apr. 2018.
- [88] H. K. Kong, W. Zhu, Z. Liu, and K. Karahalios, “Understanding visual cues in visualizations accompanied by audio narrations,” in *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, no. 50, pp. 1-13, May. 2019.
- [89] B. Saket, A. Endert, and C. Demiralp, “Data and task based effectiveness of basic visualizations,” *CoRR*, 2017.
- [90] S. L’Yi, Y. Chang, D. Shin, and J. Seo, “Toward understanding representation methods in visualization recommendations through scatterplot construction tasks,” in *Computer Graphics Forum*, vol. 38, no. 3, pp. 201-211, Jun. 2019.
- [91] R. Schnürer, M. Ritzi, A. Çöltekin, and R. Sieber, “An empirical evaluation of three-dimensional pie charts with individually extruded sectors in a geovisualization context,” *Information Visualization*, vol. 19, no. 3, pp. 183-206, 2020.

- [92] A. M. Rodrigues, G. D. Barbosa, H. Lopes, and S. D. Barbosa, "Comparing the effectiveness of visualizations of different data distributions," in *2019 32nd SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images, IEEE*, pp. 84-91, Oct. 2019.
- [93] A. Denisova, R. Laramée, and E. Firat, "Treemap Literacy: A Classroom-Based Investigation," in *Eurographics Proceedings*, May. 2020.



김하늘(Ha-Neul Kim)

2021년 동의대학교 산업CT기술공학과 학사
2021~ 동의대학교 IT융합학과 석사과정
※관심분야: 인공지능, 데이터 시각화



김성희(Sung-Hee Kim)

2006년 이화여자대학교 컴퓨터공학 학사
2008년 이화여자대학교 컴퓨터공학 석사
2014년 Purdue University 산업공학 박사
2017~ 현재 동의대학교 조교수
※관심분야: 인공지능, 데이터 시각화, HCI