

지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 평가 기준 개발 및 적용 연구*

Usability Evaluation Criteria Development and Application for Map-Based Data Visualization

문 성 하 (Sungha Moon)**, 윤 현 수 (Hyunsoo Yoon)***
양 승 원 (Seungwon Yang)****, 오 상 희 (Sanghee Oh)*****

목 차

- | | |
|-------------|---------|
| 1. 서 론 | 4. 연구결과 |
| 2. 선행연구 | 5. 논 의 |
| 3. 연구방법과 모델 | 6. 결 론 |

초 록

본 연구의 목적은 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼에 적합한 평가 도구를 개발하고, 이를 현재 상용되고 있는 지역간 정보를 나타내는 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼을 대상으로 휴리스틱 사용성 평가를 수행하는 것이다. 본 연구에서는 Nielsen(1994)의 사용성 평가 10가지 원칙과 함께 지도 기반 플랫폼의 사용성 평가 기준을 다른 선행연구들의 결과를 비교·분석하여 (1) 가시성, (2) 실세계와의 일치, (3) 일관성 및 표준, (4) 사용자 제어 여부와 친화성, (5) 융통성, (6) 디자인, (7) 호환성, (8) 오류 방지 및 해결, (9) 도움말 제공 및 문서화로 9가지의 평가 항목을 개발하였다. 또한, 개발한 평가 항목의 실효성을 확인하기 위해, 국내외 5개의 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼을 대상으로 전문가 4명을 초빙하여 사용성 평가를 진행하였다. 평가 결과, 전문가들은 제안한 지도 기반 데이터 시각화 사용성 평가 기준을 사용하여, 수치화한 점수와 주관적 의견을 포함한 5개 플랫폼의 사용성을 순위화한 평가 결과를 도출할 수 있었다. 본 연구의 결과는 향후 지도 기반 시각화 플랫폼을 개발하고 평가함에 있어서 전반적인 가이드라인의 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop an evaluation tool for map-based data visualization platforms and to conduct heuristic usability evaluations on existing platforms representing inter-regional information. We compared and analyzed the usability evaluation criteria of map-based platforms from the previous studies along with Nielsen's (1994) 10 usability evaluation principles. We proposed nine evaluation criteria, including (1) visibility, (2) representation of the real world, (3) consistency and standards, (4) user control and friendliness, (5) flexibility, (6) design, (7) compatibility, (8) error prevention and handling, and (9) help provision and documentation. Additionally, to confirm the effectiveness of the proposed criteria, four experts were invited to evaluate five domestic and international map-based data visualization platforms. As a result, the experts were able to rank the usability of the five platforms using the proposed map-based data visualization usability evaluation criteria, which included quantified scores and subjective opinions. The results of this study are expected to serve as foundational material for the future development and evaluation of map-based visualization platforms.

키워드: 지도기반 데이터 시각화 플랫폼, 시각화 플랫폼, 사용성평가, 휴리스틱평가, 지역불균형

Map-Based Data Visualization Platforms, Visualization Platforms, Usability Evaluation, Heuristic Evaluation, Regional Disparities

* 이 논문은 2023년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(과제번호: NRF-2023S1A5A2A21087977).

** 성균관대학교 문헌정보학과 석사과정(moonssi@skku.edu / ISNI 0000 0005 1449 0415) (제1저자)

*** 성균관대학교 문헌정보학과 박사과정(yunhs9@g.skku.edu / ISNI 0000 0005 1448 041X) (공동저자)

**** Louisiana State University, School of Information Studies & Center for Computation and Technology, 부교수(seungwonyang@lsu.edu / ISNI 0000 0005 1448 8630) (공동저자)

***** 성균관대학교 문헌정보학과 부교수(sangheeeoh@skku.edu / ISNI 0000 0004 7877 1761) (교신저자)

논문접수일자: 2024년 4월 24일 최초심사일자: 2024년 5월 5일 게재확정일자: 2024년 5월 11일

한국문헌정보학회지, 58(2): 225-249, 2024. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2024.58.2.225>

* Copyright © 2024 Korean Society for Library and Information Science
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited. the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

1. 서 론

데이터에 기반한 의사결정의 빈도와 중요성이 증가함에 따라 수집된 데이터를 활용하기 편한 형태로 가공하여 제공하는 다양한 데이터 시각화 플랫폼들이 개발되고 있다(김소연 외, 2021; 최진 외, 2017). 데이터 시각화는 특히, 천문학, 통계학, 지리학 등 학문 분야에서 지도를 활용하여 지역 간 자원이나 현상을 비교하는데 있어 오래전부터 꼭넓게 활용되었는데 (Chen et al., 2008), 최근 기술 발달로 인해 데이터에 대한 사용자의 실시간 상호작용이 가능해지면서 지도 기반 데이터 시각화 기술의 활용성이 더욱더 주목받고 있다.

지도 기반 데이터 시각화란 웹 상에 구현된 지도 위에 지리공간 데이터를 시각적으로 나타내는 작업을 의미한다. 지리공간 데이터란 지표면에 위치하는 객체나 현상의 좌표, 특성, 시간 정보를 나타내는 데이터인데(Stock & Guesgen, 2016), 빅데이터 기술에 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)이 결합함에 따라 다양한 시각화 플랫폼이 개발되고 있다(길선영 외, 2016; 김민정, 2021; 최진 외, 2017). 특히 사용자 상호작용이 가능한 지도를 웹 상에서 정교하게 구현할 수 있게 됨에 따라, 교통정보(김민정, 2020)와 같은 일상적인 정보부터 전염병 확산 경로 및 양상(황홍섭, 박지수, 2016)과 같은 전문적인 데이터 등을 시각화하는 플랫폼들이 개발되고 있다.

지도 기반 데이터 시각화 플랫폼의 개발과 함께 플랫폼의 사용성에 대한 평가 역시 중요하다. 사용성이란 접근성의 상위 개념으로, 플랫폼이 그 목적을 위해 얼마나 효과적으로 조

직되어 있는지, 사용자가 플랫폼을 이용함으로써 제대로 만족을 얻을 수 있는지 등을 평가하는 것이다(Hartson et al., 2001; Waddell et al., 2003). 데이터 시각화의 궁극적인 목적이 사용자가 데이터를 손쉽게 분석하고 이용하게 만드는 것임을 고려할 때, 시각화 플랫폼이 데이터와 관련 결과물에 대한 사용자의 원활한 접근을 매개하는 역할을 충실히 수행하고 있는지에 대한 사용성 평가는 매우 중요하다.

따라서, 본 연구의 목적은 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼에 적합한 평가 도구를 개발하고, 이를 현재 상용되고 있는 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼을 대상으로 휴리스틱 사용성 평가를 수행하여, 개발한 평가 도구의 실효성을 확인하는 것이다. 본 연구의 연구 질문은 다음과 같다.

- 연구질문 1. 본 연구에서 개발한 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 평가 도구는 실제 사용성 평가에서 어떻게 활용될 수 있는가?
- 연구질문 2. 본 연구에서 개발한 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 평가 도구를 이용하여 5개의 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼들을 평가한 결과는 어떠한가?
- 연구질문 3. 본 연구에서 개발한 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 평가 도구에 대한 전문가 의견은 어떠한가?

본 연구의 결과는 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼에 대한 전반적인 이해를 높이고 향후 지도 기반 시각화 플랫폼을 개발하고 평가함에 있어서 전반적인 가이드라인의 기초 자료가 될

수 있을 것으로 기대된다. 또한 실질적인 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 평가에 개발한 도구가 활용될 수 있으며, 다른 종류의 시각화 플랫폼을 개발하는데도 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 선행연구

2.1 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼

2.1.1 데이터 시각화의 정의 및 고려 사항
데이터 시각화는 데이터의 분석과 이용을 위해 해당 데이터를 인간이 인지하기 수월한 시각적 요소로 재현하는 과정과 그 결과물을 의미한다(Card et al., 1999). 시각적 요소는 형태, 크기, 색, 위치 등 인간의 뇌가 특별한 노력 없이도 자연스럽게 인지하는 ‘전주의적 속성(pre-attentive features)’을 가진 그래픽 요소를 포함한다(Wilke, 2020; Li & Li, 2020). 따라서 제대로 된 데이터 시각화는 사용자가 추가적인 노력 없이도 쉽게 인지할 수 있어야 하고(가독성), 이를 통해 기준의 지식을 인식할 수 있어야 하며(인식 가능성), 데이터가 가지는 의미를 온전히 전달받을 수(의미) 있어야 한다(Kosara et al., 2008).

“데이터 시각화는 과학이자 예술이다.”(Wilke, 2020, 25)라는 말처럼, 효과적인 데이터 시각화를 위해선 데이터의 정확성만큼이나 디자인적 요소 역시 중요한 비중을 차지한다(Schwabish, 2022). 이를 위해 데이터 시각화 과정에서 고려해야 할 요소는 크게 4가지로 구분할 수 있다. 첫째, 시각화하고자 하는 데이터의 특성을 파

악해야 한다. 예를 들어 데이터가 시간의 흐름에 따라 변화하는 성질을 가렸다면 선 그래프나 타임라인이 해당 데이터의 시각화 방법으로 적합하다(김소연 외, 2021). 둘째, 데이터 시각화의 목적이 무엇인지 고려해야 한다. 예를 들어 데이터 값의 비교가 목적이라면 그래프가, 이에 지리적 맥락을 추가하고 싶다면 실제 지도를 기반으로 한 단계구분도가 목적에 부합하는 시각화 방법이다(김소연 외, 2021; Wilke, 2020; Schwabish, 2022). 셋째, 시각화 결과물의 가시성을 고려해야 한다. 정보가 너무 밀집해 있거나 해독이 어려운 형태로 제시되면 사용자가 활용하기 어렵다. 따라서 데이터의 정확성을 희생하더라도 시각화 결과물의 가시성을 높여 사용자의 이해도를 높여야 한다(Schwabish, 2022). 넷째, 시각화 결과물의 심미성을 고려해야 한다. 예를 들어 색상은 데이터를 구분하거나 강조하는 역할을 수행하지만, 색상을 지나치게 많이 쓰거나 유난히 뒤는 색을 넣으면 데이터가 난잡해 보여 시각화 자료의 매력을 떨어트리기도 한다(Wilke, 2020).

2.1.2 데이터 시각화 플랫폼 제작을 위한 인터페이스 디자인 가이드라인

효과적인 데이터 시각화를 위해서는 시각화 데이터가 제공되는 플랫폼의 인터페이스 디자인에 대한 이해와 고려 또한 필요하다. 대표적으로 Shneiderman(2003)은 사용자 스스로 조작할 수 있는 기초적인 온라인 인터페이스가 등장하던 당대의 정보 시각화 기술에 주목하여 시각화 디자인의 기본적인 가이드라인 7가지를 제시했다. 해당 가이드라인은 인터페이스를 통해 시스템을 전체적으로 조망할 수 있도록 만

들고(overview), 사용자의 조작에 따라 선택한 아이템을 제외한 다른 불필요한 아이템은 숨길 수 있도록 하고(zoom & filter), 선택한 아이템에 대한 추가적인 설명을 제공하고(details-on-demand), 아이템 간 관계성을 나타내고(relate), 사용자가 수행한 동작을 기억하거나(history) 정보를 추출할 수 있게(extract) 만드는 것을 포함한다(Shneiderman, 2003). 또한, Carr(1999)는 사용자 측면에서 조망한 새로운 가이드라인을 제시하였는데, 데이터의 종류와 시스템 환경 등을 고려해 적합한 시각화 방법을 선택할 것과 사용자가 시스템을 이용하는데 유용한 기능을 추가하고 피드백을 받아 반영하는 것을 제안하였다. Shneiderman(2003)이 시각화 플랫폼의 인터페이스가 갖춰야 할 기본적인 기능에

초점을 맞췄다면, Carr(1999)는 디자인 과정에서 제작자가 범하기 쉬운 오류를 지적하고 사용자 관점에서 시스템 이용의 효율을 높일 방안을 제시하였다는 점에서 의의가 있다. 이러한 인터페이스 디자인 원칙에 따라 데이터의 효과적인 활용을 극대화할 수 있는 인터페이스 개발을 위한 가이드라인 연구는 인간-컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction, HCI) 분야에서 활발히 진행되었으며, Victorelli & Reis(2020)는 기존 연구들을 종합하고 전문가 검증을 통해 사용자와 데이터 간의 상호작용이 가능한 정보 시각화 인터페이스 디자인 가이드라인을 〈표 1〉과 같이 제시했다.

〈표 1〉과 같은 가이드라인은 새로운 인터페이스의 개발은 물론, 이미 개발된 다양한 정보

〈표 1〉 Human-Data Interaction Design Guidelines(Victorelli & Reis, 2020)

Human-Data Interaction Design Guidelines		
개념 모델을 명확히 하라	시각화 간 연동 관계를 나타내라	하나의 개념 객체를 나타내고 있는 시각화 결과물이 서로 연동되고 있음을 표현하라
	시각화 간 연동 관계의 일관성을 드러내라	지도의 상태나 인터페이스가 바뀌더라도 시각화 간 연동 관계는 일관적으로 유지되어야 한다
	시각화 작업은 기억적으로	사용자가 원치 않은 작업일 경우 행위를 되돌릴 수 있도록 설계하라
시각화 결과물 간 전환이 매끄럽게 이어지도록 하라		
사용자 상호작용에 즉시 시각적 피드백을 제공하라		
데이터에 대한 직접적 조작을 극대화하라		
정보의 과다노출을 최소화하라	정보에 대한 맥락을 제공하라	시스템은 사용자의 현 위치와 진행 방향 등의 맥락 정보를 제공하여 사용자의 인지 노력을 최소화해야 한다
	사용자가 데이터에 대해 기억할 필요가 없게 하라	사용자가 시스템을 이용하는데 필요한 정보를 사용자의 단기 기억에 의존하지 않도록 한다
상호작용을 의미론적으로 풍부하게 만들 어라	검색 상호작용에 의미론을 추가하라	의미론이 추가된 데이터 검색행위는 텍스트나 이미지 등 구조화되지 않은 데이터에 접근할 수 있게 해준다
	사용자의 풍부한 피드백을 시스템에 적용할 수 있게 하라	사용자가 직관적으로 피드백을 제공할 수 있고 그것을 시스템에 쉽게 통합할 수 있게 해라
	사용자 피드백을 통해 모델을 개선하라	사용자가 데이터를 시각화하여 조작하는 과정에서 사용하는 암묵적 지식을 피드백을 통해 받아들여라

시스템 인터페이스의 사용성 평가 시 평가의 기준 및 구체적 항목과 평가 도구를 개발할 때 도 활용할 수 있다는 점에서 의의를 가진다.

2.2 사용성 평가

2.2.1 사용성 평가의 정의

인터페이스 사용성 평가에 있어 가장 보편적으로 사용되는 모델은 Nielsen(1994)의 사용성 평가 모델이다. Nielsen(1994)은 사용성을 사용자가 인터페이스를 얼마나 쉽게 사용하는지를 나타내는 품질 속성으로 정의하고 이를 평가하기 위한 5가지 요소로 사용자가 인터페이스의 기능과 사용법을 배우는 것이 얼마나 쉬운지(학습용이성, Learnability), 목표를 달성하는 과정이 얼마나 빠르고 효율적인지(사용효율성, Efficiency), 인터페이스의 기능에 대한 별도의 배움이나 기억 없이도 직관적으로 사용할 수 있는지(기억용이성, Memorability), 오류가 최대한 적게 발생하면서 발생한 오류의 존재와 해결법을 사용자가 쉽게 알 수 있는지(오류, Errors), 인터페이스 이용 과정에서 얼마나 긍정적인 평가를 내렸는지(만족도, Satisfaction)를 제안하였다.

한편 웹 인터페이스의 사용성 평가 기준으로 많이 활용되고 있는 ISO9241-11(2018)은 사용성을 “프로그램이나 시스템 등이 특정한 사용 맥락에서 효율성, 효과성, 만족도를 측정할 수 있는 목적을 달성할 수 있는 정도”라고 정의하고, 사용성 평가를 위한 요소를 효율성(Efficiency), 효과성(Effectiveness), 만족도(Satisfaction), 사용 맥락(Context of use)로 세분화하였다. 이와 같이 사용성에 대한 세부적인 정의와 평가

요소는 모델마다 차이가 있지만, 사용자의 효용이 얼마나 극대화되는지를 평가의 궁극적인 목적으로 삼는다는 점에서 공통점을 보인다.

사용성 평가는 크게 인터페이스를 실제로 사용할 일반인 대상 사용성 평가와 전문가들이 미리 설정된 원칙에 따라 인터페이스를 평가하는 ‘휴리스틱 평가(Heuristic evaluation)’ 두 가지로 구분된다(Nielsen, 1994). 일반인 대상 사용성 평가는 실제 사용자가 참가한다는 점에서 매우 기본적이면서도 중요한 평가 방법이며, 사용자 관점에서 실제 인터페이스 사용이 어떻게 이루어지고 어떤 문제점이 발생하는지에 대한 직접적인 정보를 얻을 수 있다(Nielsen, 1994; 조주은, 이성일, 2009). 반면 휴리스틱 평가란 전문가가 이론과 경험을 근거로 하여 일련의 체크리스트를 만들어 대상을 평가하는 방식으로, 사용자들에 대한 충분한 연구와 경험이 있는 전문가들로 구성하여 5명 정도의 적은 인원으로 신속하게 평가가 이뤄진다는 장점이 있다(곽호완 외, 2000; Nielsen, 1994).

Nielsen(1994)은 제시한 사용자 인터페이스 휴리스틱(〈표 2〉)은 상호작용이 가능한 인터페이스 디자인을 목적으로 제시되었는데, 폭넓게 해석될 수 있는 규칙을 제공함으로써 다양한 분야에서 활용될 수 있게끔 하였다.

일반인 대상 사용성 평기는 작업을 수행하는 사용자가 체감하는 효율성과 친숙성에 중점을 두는 경향이 있는 반면, 전문가 휴리스틱 평기는 인터페이스가 제공하는 정보의 짜임새와 접근성에 초점을 맞춘다는데 있다(박주환 외, 2012). 따라서 사용성 평가를 진행함에 있어서 평가를 위해 사용할 수 있는 자원과 대상 인터페이스 혹은 플랫폼의 목적 및 방향성을 고려하여 적합한

〈표 2〉 사용자 인터페이스 휴리스틱(Nielsen, 1994)

가이드라인	내용
N1. Visibility of system status	시스템은 사용자가 시스템의 상태를 시각적으로 파악할 수 있도록 한다.
N2. Match between system and the real world	시스템은 논리적이고 자연스러운 구조를 취하며, 사용하는 용어, 아이콘 등은 사용자의 현실이나 상식에 기반해야 한다.
N3. User control and freedom	시스템은 사용자에게 적절한 통제권을 부여하여 스스로 기능을 구성하거나 본인의 실수를 회피할 수 있도록 한다.
N4. Consistency and standard	시스템은 아이콘 사용, 화면 구성 등에 공통적으로 적용되는 일관적인 기준이 있어야 한다.
N5. Error prevention	시스템은 오류가 발생할 수 있는 상황을 최소화하고 사용자의 결정을 실행 전 확인하게 하여 오류를 미리 예방한다.
N6. Recognition rather than recall	시스템은 사용자가 기억에 의존하지 않고 직관적으로 시스템을 이용할 수 있도록 기능이나 동작 등을 가시적으로 표현한다.
N7. Flexibility and efficiency of use	시스템은 사용에 있어 유연성을 둬서 효율을 높인다.
N8. Aesthetic and minimalist design	시스템 디자인은 심미적이며 간결해야 한다.
N9. Help users recognize, diagnose, and recover from error	시스템은 오류 발생시 사용자가 문제를 파악하고 수정할 수 있도록 문제 원인과 해결방법을 분명히 제시한다.
N10. Help and documentation	시스템은 필요할 경우 충분한 도움말과 설명서를 제공한다.

평가 방식을 선택해야 한다.

2.2.2 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼의 사용성 평가 가이드라인

본 연구에서는 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 평가를 위해 관련 선행연구에서 제안하고 있는 사용성 평가 및 휴리스틱 기준을 비교·분석하여 〈표 3〉에 나타내었다. 우선, Nielsen(1994)의 10가지 휴리스틱 평가 원칙을 기본으로 하였으나 본인이 밝혔듯 구체적인 평가 척도로 삼기에는 한계가 있었다. 따라서, 선행연구에서 다른 다른 평가 기준들을 함께 조사하여 비교, 분석하였다(〈표 3〉 참고).

〈표 3〉의 분석에서 사용된 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼들의 가이드라인들을 살펴보면, Komarkova et al.(2007)은 ISO/IEC 9126의 품질 평가 모형과 Nielsen이 제안한 휴리스틱 평가 방식에 기반하여 지도 기반 인터페이스의

용통성, 디자인, 호환성, 오류 방지 등에 집중하여 사용성 평가 원칙을 개발하였다. Kuparinen et al.(2013)과 Kuparinen(2016)은 모바일 지도 어플리케이션의 사용성에 대한 휴리스틱 평가에 대한 연구로, 모바일 인터페이스가 사람들이 인식하는 실세계를 잘 반영하고 있는지, 멀티태스킹이 가능한지에 집중하여 사용성 평가 기준을 개발하였다. Marquez et al.(2021)은 웹 환경을 염두에 둔 휴리스틱 가이드라인을 개발하였는데, 인터페이스에서의 다양한 상호작용을 강조하였으나 도움말이나 오류 방지나 복구 등의 평가 기준은 포함하지 않았다.

본 연구에서는 앞에 제시한 연구들과 함께 〈표 3〉의 범주를 구성하되 몇 가지 변경점을 추가하였다. 첫째, 오류 방지(〈표 2〉의 N5. Error prevention, 이하 원칙은 모두 〈표 2〉 참조.)와 오류 진단 및 해결책 제시(N9. Help users recognize, diagnose, and recover from error)

〈표 3〉 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 평가 기준 비교 분석

No.	구분	Nielsen (1994)	Komarkova et al. (2007)	Kuparinan et al. (2013)	Kuparinan (2016)	Marquez et al. (2021)
1	가시성	• 시스템 상태의 가시성	• 가능한 서비스 목록 제공	• 지도 기능 및 작업 맥락의 가시성 • 사용자의 기억력 대신 인지력	• 필요시 지도를 보이게 유지 • 중요 기능에 대한 접근성	• 지도 상태 표시
2	실세계와의 일치	• 실세계와 시스템 간의 일치	• 사용자 친화성 • 사용자 환경과 인터페이스	• 사용자의 실제 환경과 시스템 간의 일치	• 지도와 실제 환경과의 일치	-
3	일관성 및 표준	• 일관성 및 표준	• 일관성 및 표준	• 일관성 및 표준	• 자주 사용되는 그래픽과 기능적 디자인에 대한 선호 • 쉬운 용어의 일관적 사용	• 지도 구성 요소 일관화 및 표준화 • 지도 내 메타데이터 이름 및 구조 • 정보 및 컨텐츠 제공의 일관성
4	사용자 제어 여부와 친화성	• 사용자 제어와 사용자 자유도	• 사용자 친화성 • 사용자 프라이버시 • 앱에 대한 사용자 제어 권한, 자유도 및 관련 기술	• 지도 기능과 장소에 대한 사용자 제어 여부	-	• 인터페이스에 대한 암묵적 약속과 사용자 친화성
5	융통성	• 융통성과 사용의 효율성	-	• 융통성 있고 효율적인 시스템 활용	• 멀티태스킹 및 작업 중 다른 행위 허용 • 융통성, 적응성, 스케일 조절	• 재현 단계에서의 호환성 • 상호작용 가능 환경에 대한 접근성
6	디자인	• 미적이고 간결한 디자인	• 융통성, 디자인, 심미성	• 간결하고 균형 잡힌 시각적 디자인	• 단순하고 균형 잡힌 시각적 디자인	-
7	호환성	-	• 다양한 기술 활용 및 지원	-	-	• 다양한 기기 및 브라우저에 대한 적용 가능성
8	오류 방지 및 해결	• 오류 발생 방지 • 오류 진단, 복구 보조	• 오류 해결	• 오류 발생 방지 • 사용자의 오류 인식, 진단, 복구를 보조	• 오류 인식 및 명확한 알림 제공	-
9	도움말 제공 및 문서화	• 도움말과 문서화	• 매뉴얼 형태의 도움말 제공 및 문서화	• 도움말 제공 및 문서화	• 도움말 제공	-

원칙을 ‘오류 방지 및 해결’이라는 하나의 범주로 통합하였다. 둘째, 사용자가 기억력에 의존하지 않고도 직관적으로 시스템을 활용할 수 있게 만들라는 원칙(N6. Recognition rather than recall)을 ‘가시성(N1. Visibility of system status)’의 하위 항목으로 통합시켰다. 셋째, 범주의 이름을 포괄적이고 직관적으로 수정하였다. 사용자 제어와 사용자 자유도(N3. User control and freedom)를 ‘사용자 제어와 사용자 친화성’으로, 미적이고 간결한 디자인(N8. Aesthetic

and minimalist design)을 ‘디자인’, 융통성과 사용 효율성(N7. Flexibility and efficiency of use)을 ‘융통성’으로 수정하였다. 넷째, Nielsen (1994)의 원칙엔 존재하지 않으나 Komarkova et al.(2007)와 Marquez et al.(2021)이 제안한 호환성 원칙이 인터페이스 사용성 평가에 중요하다고 보아 별도의 원칙으로 포함시켰다. 이와 같은 과정을 거쳐 본 연구에서는 최종적으로 9개의 사용성 평가 원칙을 바탕으로 관련 평가 항목을 개발하였다.

3. 연구방법과 모델

3.1 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 휴리스틱 평가 기준

본 연구에서는 선행연구에서 분석한 9개 범주를 토대로 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 평가 문항을 구성하여 다음과 같은 가이드라인을 개발하였다.

- **가시성:** 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼은 현재 사용자가 인터페이스에서 어떤 작업을 수행하고 있는지, 주요 기능과 구성을 인터페이스의 어디에 배치되어 있는지 사용자가 쉽게 알 수 있게 해야 한다. 본 연구에서 개발한 사용성 평가 문항들은 사용자가 인터페이스에서 제공하는 지도 기반 기능과 서비스, 다양한 지도(전체를 조망하거나 주제별로 확인할 수 있는 지도), 계층화된 데이터를 잘 확인할 수 있는지 등을 평가한다.
- **실세계와의 일치:** 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼의 인터페이스에서 사용하는 기호와 용어, 구문은 사용자가 실생활에서 사용하는 것과 일치하거나 그에 근접해야 한다. 사용성 평가 문항들은 인터페이스에서 사용된 기호나 지도의 범례가 직관적이며 현실을 잘 반영하고 있는지, 사용자가 기대하는 행위와 잘 부합하는지 등을 평가한다.
- **일관성 및 표준:** 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼의 인터페이스에서 사용하는 기능은 일관적으로 적용되는 규칙이나 보편적인 표준을 따라야 하며 사용자는 자신

이 수행한 동작이 언제나 동일한 결과를 도출할 것임을 예상할 수 있어야 한다. 사용성 평가 문항들은 시스템 상에서 항상 지켜지는 규칙 혹은 표준이 존재하는지, 사용자들은 이러한 동일한 의미의 기호와 규칙을 잘 인지할 수 있는지, 지도 데이터의 출처, 책임자, 수집 날짜 등을 포함한 메타데이터를 확인할 수 있는지 평가한다.

- **사용자 제어 여부와 친화성:** 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼은 사용자가 시스템을 보다 효과적으로 활용할 수 있는 기능을 제공해야 하며 사용자가 이를 임의로 조작할 수 있도록 해야 한다. 사용성 평가 항목들은 지도 상의 데이터를 살펴보기 위한 지도 네비게이션 기능, 데이터 탐색 도구에 대한 접근성, 지역별 데이터 비교 기능 유무 등을 인터페이스가 제공하는지 평가한다.
- **용통성:** 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼은 사용자가 편의에 따라 시스템을 효율적으로 이용할 수 있도록 관련 기능을 제공해야 한다. 사용성 평가 항목들은 마우스나 키보드 단축키를 활용해 지도 축적을 조절하는 기능이나 검색창의 추가 기능, 지리 정보를 포함한 지도 출력 기능 등이 존재하는지를 평가한다.
- **디자인:** 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼의 인터페이스는 간결하면서도 조화롭게 구성되어 정보를 잘 전달하도록 디자인되어야 한다. 사용성 평가 항목들은 디자인에 활용된 색상의 밝기, 대비, 조화가 적절한지, 텍스트가 짧고 해석하기 쉬운지 등을 평가한다.

- **호환성:** 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼은 다양한 기술적, 시스템적 환경에서도 사용자가 플랫폼을 사용하는데 문제가 없어야 한다. 사용성 평가 항목들은 모니터 및 화면 크기에 따른 해상도 변화, 플랫폼을 실행하는 다양한 운영체제나 웹 브라우저 환경에 대한 고려가 있었는지를 평가한다.
- **오류 방지 및 해결:** 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼의 인터페이스는 오류 발생을 최대한 방지해야 하며 오류가 발생했을 경우 오류의 발생 여부와 해결 방법을 사용자에게 신속하고 명확하게 알려야 한다. 사용성 평가 항목에서는 예기치 못한 시스템의 장애나 네트워크 문제로 정상적인 이용이 불가능 해졌을 때 이를 사용자에게 메시지 형태로 알리는지, 해결 방법을 제시하거나 정장석으로 복구되었을 시 이에 대해 다시 알리는지를 평가한다.
- **도움말 제공 및 문서화:** 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼은 사용자의 요구에 대비해 도움말을 미리 문서의 형태로 제공해야 한다. 사용성 평가 항목에서는 사용자가 인터페이스 이용 중에 발생할 수 있는 궁금증을 해결하거나, 시스템적 문제점에 대한 안내, 특히 도움말 옵션, 툴 팁, 자주 묻는 질문 (FAQ) 등이 잘 제공되고 있는지 평가한다.

각 범주의 세부 문항들은 선행연구를 바탕으로 연구자들이 지도 기반 데이터 시각화 플랫

폼들을 직접 확인하여 불필요한 문항, 중복되는 문항을 제거하였고, 의미가 불분명한 표현을 수정하여 개발하였다. 최종버전은 <표 4>와 같다.

3.2 연구 대상

본 연구에서 개발한 사용성 평가 문항을 실제로 적용하여 평가할 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼을 총 5개(<표 5> 참조) 선정하였는데, 국내외에서 현재도 접속이 가능하며 이용이 원활한 상태인 플랫폼 중 지역간 불평등 혹은 격차를 나타내는 것을 목적으로 하거나 해당 목적으로 활용하는 것이 가능한 플랫폼을 선정하였다.

3.3 데이터 수집

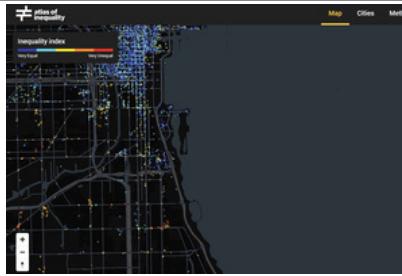
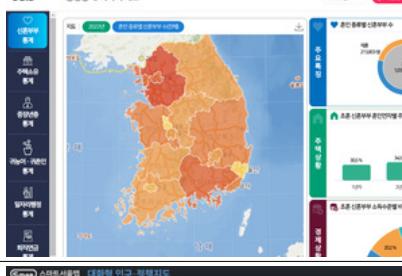
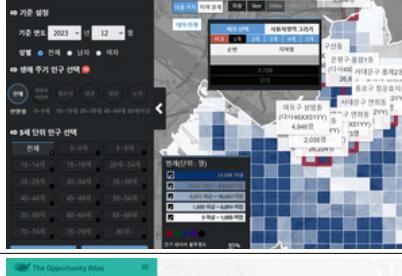
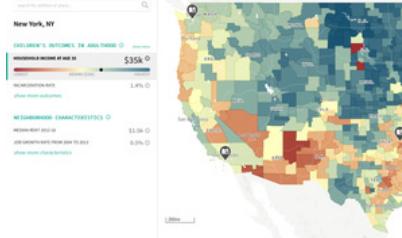
본 연구의 지도기반 데이터 시각화 플랫폼의 사용성 휴리스틱 평가는 정보 설계 연구, 사용성 평가 연구, 정보 시각화, HCI 연구를 활발히 수행하고 학술지 논문을 출판한 경험이 있는 국내외 대학의 문현정보학과 혹은 정보대학 소속 교수들과 박사급 연구원으로 총 4명의 전문가들이 참여하였다. 4명의 전문가들은 연구의 목적과 본 연구에서 제시하는 지도기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 평가 가이드라인 및 관련 문항에 대해 충분히 숙지한 상태에서 본 연구의 5개의 지도기반 데이터 시각화 플랫폼을 대상으로 2024년 4월 한 달 간 사용성 평가를 실시하였다.¹⁾

1) 본 연구는 성균관대학교 IRB 심의를 통과하였다(2024-04-040).

〈표 4〉 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 평가 범주와 문항

평가 범주	문항
가시성	사용자는 인터페이스에서 자신이 어디에 있는지, 어떤 작업을 수행하고 있는지 잘 알 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 다양한 지도(전체를 조망할 수 있는지도, 주제별 지도 등)를 잘 볼 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 지도 주제와의 관련성 및 중요성에 따라 데이터가 계층화되어 있는 것을 잘 볼 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 모든 기능과 서비스를 잘 볼 수 있다.
실세계와의 일치	사용자는 인터페이스에서 사용된 상징과 기호가 직관적이며 현실을 잘 반영하고 있다고 생각한다.
	사용자는 인터페이스에서 사용된 상징과 기호가 지시하는 것이 자신들이 기대한 행위와 잘 부합한다고 생각한다.
	사용자는 인터페이스에서 사용된 구문과 컨셉이 자신들이 일상에서 사용하는 것과 잘 일치한다고 생각한다.
	사용자는 인터페이스에서 특정 동작에 맞는 결과를 일관적으로 잘 도출할 수 있다.
일관성 및 표준	사용자는 인터페이스에서 특정 기호가 어디서든 동일한 의미를 가진다는 것을 잘 알 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 정보가 모든 페이지에 일관적으로 잘 배치되어 있는 것을 잘 알 수 있다.
	사용자는 인터페이스의 네비게이션 도구와 기능이 보편적인 구성을 잘 따르고 있다고 생각한다.
	사용자는 인터페이스에서 지도 내용과 관련된 메타데이터를 제공하는지 잘 알 수 있다. * 본 연구에서 '메타데이터'란 지도기반 시각화 플랫폼에서 사용한 데이터의 출처, 책임자, 수집 날짜, 품질 등에 대한 정보를 지칭
사용자 제어 여부와 친화성	사용자는 인터페이스에서 초기 상태나 홈페이지로 돌아갈 수 있는 링크를 잘 사용할 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 데이터 탐색 및 조작에 필요한 도구에 잘 접근할 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 일반적으로 사용되는 필수 기능을 이용하여 신속하게 잘 제어할 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 제공되는 지도 목록에서 다른 지도로의 이동이 간편하다.
융통성	사용자는 인터페이스에서 지도의 특정 지역들을 선택해 잘 비교할 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 지도의 축척을 확인하고 직접 수정할 수 있다.
	사용자는 검색창에서 드롭다운 메뉴, 예상 검색 단어 제시 등의 기능을 잘 활용할 수 있다.
	사용자는 지도 혹은 지역 위에 마우스를 이동하면 해당 영역에 대한 정보를 잘 확인할 수 있다.
디자인	사용자는 인터페이스에서 더블클릭, 마우스 휠, 키보드 등을 활용하여 지도의 특정 영역을 잘 확대 혹은 축소할 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 사용자가 선택한 자리 정보를 포함하여 지도를 잘 출력할 수 있다.
	사용자는 지도 및 웹페이지를 구성하는 색상 간의 대비, 밝기, 조화가 적절히 구성되어 있다고 생각한다.
	사용자는 인터페이스 디자인이 복잡하지 않고 직관적이라고 생각한다.
호환성	사용자는 인터페이스 디자인은 도구와 기능을 잘 구별할 수 있게 한다고 생각한다.
	사용자는 인터페이스의 텍스트가 짧고 해석하기 쉬운 문장으로 구성되어 있다고 생각한다.
	사용자는 지도 기반 시각화 플랫폼을 다양한 해상도에서도 잘 이용할 수 있다.
오류 방지 및 해결	사용자는 지도 기반 시각화 플랫폼을 다양한 디바이스(모바일, 폐드, PC 등)에서 잘 이용할 수 있다.
	사용자는 지도 기반 시각화 플랫폼을 다양한 웹 브라우저 또는 운영체제에서 잘 작동할 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 발생한 오류를 실시간으로 잘 확인할 수 있다.
도움말 제공 및 문서화	사용자는 인터페이스에서 나타내는 오류 메시지를 쉽게 이해할 수 있다.
	사용자는 오류 메시지를 통해 문제의 원인이 무엇인지에 대해 잘 알 수 있다.
	사용자는 오류 메시지를 통해 적절하게 대처할 수 있는 기능을 잘 알 수 있다.
	사용자는 인터페이스에서 "도움말"이나 툴 팁을 잘 찾을 수 있다.
	사용자는 도움말이 구체적인 예시를 포함하고 설명을 잘 제공한다고 생각한다.
	사용자는 인터페이스에서 데이터에 대한 설명을 잘 찾을 수 있다.
	사용자는 문제 해결을 위해 자주 묻는 질문(FAQ) 항목을 잘 찾을 수 있다.

〈표 5〉 본 연구의 연구 대상이 된 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼

플랫폼	플랫폼의 스크린샷	플랫폼의 목적 및 특징
The Atlas of Inequality		익명화 된 개인의 위치, 이동 경로, 예상 수입 관련 데이터를 수집하고 이를 지도 상에 나타내어 수입 불평등에 따른 도시 구성원 간 격리 현상 및 이동 패턴의 차이 양상을 시각화하여 나타내는 플랫폼 (Moro et al., 2021)
World Inequality Database		국가 내 또는 국가 간 소득 및 부의 분배가 이뤄진 역사적 흐름을 전지구적 범위에서 다루는 가장 광범위하고 이용 가능한 데이터베이스를 목표로 하고 있는 플랫폼 (Alvaredo et al., 2020)
행정통계 시각화 플랫폼		통계청에서 제공하는 플랫폼으로, SGIS(Statistical Geographic Information Service)를 기반으로 개방, 공유, 소통, 참여가 가능하도록 만든 개방형 플랫폼 (변상영, 김기환, 2020)
스마트 서울맵		서울 생활에 유익한 정보를 시각화하여 지도상에 제시하는 시민참여형 지도 플랫폼
The Opportunity Atlas		1978~1983년 사이 태어난 미국인이 성장한 지역과 현재의 실제 수입 데이터를 수집해 해당 지역을 기준으로 4000명 단위로 평균을 내어 인종간, 성별간, 지역간 격차를 지도상에 시각화하여 나타낸 플랫폼 (Chetty et al., 2018)

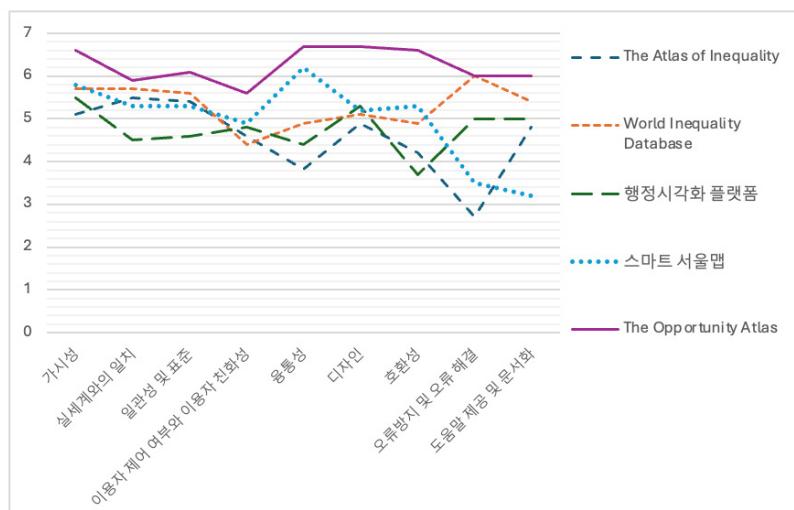
사용성 평가는 앞서 언급한 (1) 가시성, (2) 실세계와의 일치, (3) 일관성 및 표준, (4) 사용자 제어 여부와 친화성, (5) 용통성, (6) 디자인, (7) 호환성, (8) 오류 방지 및 해결, (9) 도움말 제공 및 문서화를 평가하는 총 37개의 문항들(〈표 4 참고〉)과 각 문항마다 전문가들의 의견을 수렴할 수 있도록 서술형 문항이 함께 구성되어 있다. 사용성 평가를 측정하는 관련 문항들은 7점 리커트 척도를 사용(1점- 전혀 그렇지 않다, 7점- 매우 그렇다)하여 그 정도를 측정하였으며, 사용성 평가 대상의 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼에 문항과 관련 있는 기능이 없거나 해당사항이 없는 것은 '해당 사항 없음'으로 체크할 수 있도록 하였다.

본 연구에서의 사용성 평가는 전문가의 평가 점수에 기반하는 것으로, 연구 분석을 위해, 37개의 문항에 대한 4명의 전문가 평가 점수를 모두 합산하여 평균을 내어 5개 플랫폼의 전체적인 점수를 비교하였다. 또한, 연구에서 제안한

지도 기반 데이터 플랫폼 사용성 9가지 항목에 대한 4명의 전문가 평가에 대한 평균 점수도 각각 계산하여 비교, 분석하였다.

4. 연구결과

플랫폼별 사용성 평가 평균 점수는 〈그림 1〉, 〈표 6〉과 같다. 전반적인 평가 결과 The Opportunity Atlas의 평가 평균 점수가 6.24점으로 가장 높은 것으로 나타났다. 오류 방지 및 오류 해결 항목을 제외하고 모든 항목에서 1위를 기록하여 다른 플랫폼과 현저한 차이를 보였는데, 특히 디자인과 호환성 항목에서 다른 플랫폼보다 높은 평균 점수를 기록하였다. The Opportunity Atlas를 제외한 4개 플랫폼들은 가시성, 사용자 제어 여부와 친화성, 디자인 항목의 점수는 큰 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 평가 대상이 된 플랫폼들이 지도 기반 데이터 시각화



〈그림 1〉 플랫폼 별 사용성 평가 평균 점수 비교

〈표 6〉 플랫폼 별 사용성 평균 점수 비교

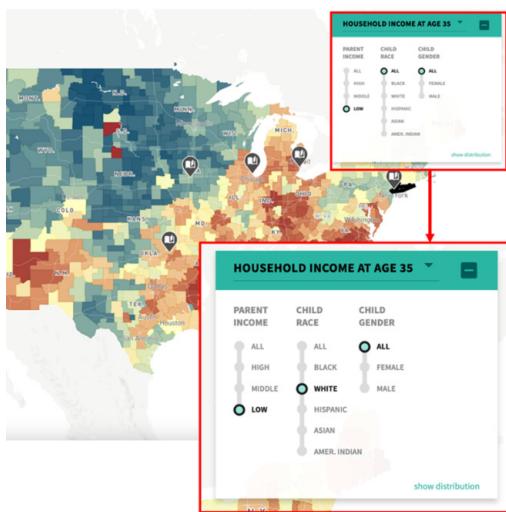
구분	가시성	실세계와의 일치	일관성 및 표준	사용자 제어 여부와 친화성	융통성	디자인	호환성	오류 방지 및 해결	도움말 제공 및 문서화
The Atlas of Inequality	5.1	5.5	5.4	4.6	3.83	4.9	4.2	2.7	4.8
World Inequality Database	5.7	5.7	5.6	4.4	4.9	5.1	4.9	6	5.4
행정통계 시각화 플랫폼	5.5	4.5	4.6	4.8	4.4	5.3	3.7	5	5
스마트 서울맵	5.8	5.3	5.3	4.9	6.2	5.2	5.3	3.5	3.2
The Opportunity Atlas	6.6	5.9	6.1	5.6	6.7	6.7	6.6	6	6

화 플랫폼이라는 특성을 공유하기 때문으로 보인다. 플랫폼 특성상 가시성과 디자인 면에서는 지도가 인터페이스의 중심이 되어야 한다는 공통점을 가지며, 사용자가 데이터 템색을 위해 지도를 조작할 수 있어야 하므로 웹 지도가 일반적으로 지원하는 지도 조작 기능 역시 대부분 동일하게 지원하는 것이다. 반면 융통성, 호환성, 오류방지 및 해결, 도움말 제공 및 문서화 항목에서는 플랫폼별 점수 차이가 큰 것으로 나타났으며, 실세계와의 일치와 일관성 및 표준 항목의 경우 행정통계 시각화 플랫폼이 다른 플랫폼에 비해 평가 점수가 각각 4.5점, 4.6점으로 다른 플랫폼에 비해 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 9개 범주에 대한 구체적인 평가 결과는 다음과 같다.

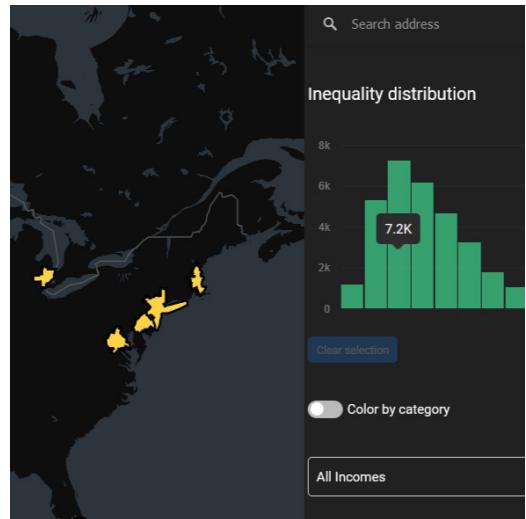
4.1 가시성

가시성 평가에 대한 전체 평균은 5.74점으로, The Opportunity Atlas(6.63점), 스마트 서울맵(5.81점), World Inequality Database(5.69점), 행정통계 시각화 플랫폼(5.5점), The Atlas

of Inequality(5.06점) 순으로 점수가 나타났다. 가시성에서 가장 높은 평가를 받은 The Opportunity Atlas에 대해 전문가들은 공통적으로 지도와 분리된 별도의 창을 통해 작업 수행 내용과 데이터 분석 기능을 확인할 수 있다는 점에서 해당 플랫폼의 가시성이 직관적이라는 평가를 내렸다. 〈그림 2-1〉에서 확인할 수 있듯, 영역별 데이터 값을 색으로 나타내 데이터를 직관적으로 나타냈으며 우측 상단의 메뉴를 통해 인구통계학적 특성에 따라 계층화된 데이터를 확인할 수 있다는 점에서 출신 지역별, 인구통계학적 특성 별 소득 격차를 나타낸다는 플랫폼의 목적을 직관적으로 확인할 수 있다는 점 또한 높은 점수를 받았다. 반면 평가 점수가 가장 낮게 나온 Atlas of Inequality는 〈그림 2-2〉에서 확인할 수 있듯 제공되는 지도의 스케일에 비해 실제 선택 및 사용 가능한 지역이 한정적임에도 사용자가 그것을 직관적으로 알 수 없고, 데이터를 바 그래프로만 보여줘 사용자가 데이터를 조작하거나 계층화하여 보기 어렵다는 점에서 낮은 점수를 받았다.



〈그림 2-1〉 The Opportunity Atlas의 가시성



〈그림 2-2〉 Atlas of Inequality의 가시성

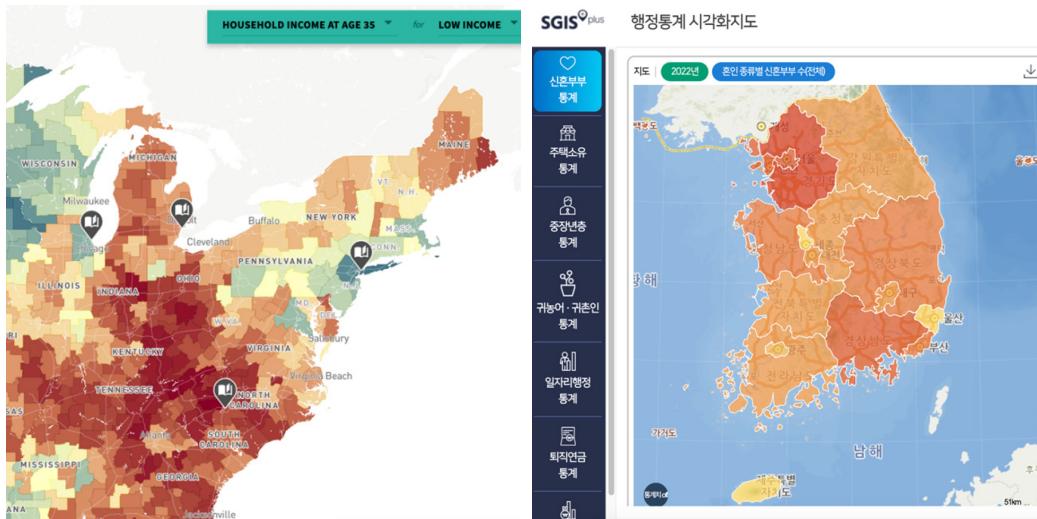
4.2 실세계와의 일치

실세계와의 일치에 대한 평가 점수는 평균 5.38점으로, The Opportunity Atlas(5.94점), World Inequality Database(5.67점), The Atlas of Inequality(5.53점), 스마트 서울맵(5.25점), 행정통계 시각화 플랫폼(4.5점) 순으로 평균값이 높은 것으로 나타났다. 가장 높은 점수를 받은 The Opportunity Atlas는 지도 상에서 데이터를 나타내는 상징 및 기호가 최소한으로 사용되었다는 것을 지적하는 의견도 존재하나, 〈그림 3-1〉에서 확인할 수 있듯 사용된 기호와 상징은 사용자가 쉽게 식별할 수 있고, 지도 외적인 부분에서는 기호 사용을 최대한 자제하여 구분했다는 점에서 높은 점수를 받았다. 반면 행정통계 시각화 플랫폼의 경우, 전문가들은 인터페이스에서 상징 및 기호가 거의 사용되지 않거나, 사용은 되었으나 플랫폼이 다루는 주제가 다양해 기호 및 상징의 기준이나 의미를

식별하기 어렵다고 평가했다. 이는 〈그림 3-2〉에서 확인할 수 있듯 상징과 기호가 지도 위 데이터에 대한 기호나 상징은 없고, 인터페이스 좌측의 신호부부통계, 주택소유통계처럼 메뉴를 보여주는데 주로 사용되었기 때문인데, 전문가들은 제목과 함께 쓰여 기호 자체가 가지는 의미가 없다고 보았거나 이를 아예 상징으로 식별하지 않은 것으로 보인다.

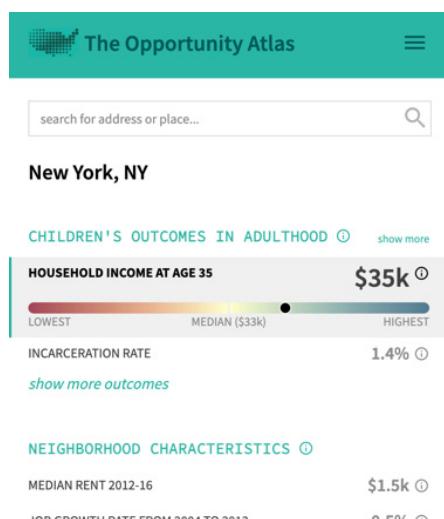
4.3 일관성 및 표준

일관성 및 표준에 대한 평가 점수는 평균 5.4점으로, The Opportunity Atlas(6.13점), World Inequality Database(5.6점), The Atlas of Inequality(5.42점), 스마트 서울맵(5.31점), 행정통계 시각화 플랫폼(4.6점) 순으로 나타났다. 가장 높은 점수를 받은 The Opportunity Atlas의 경우 사용된 기호와 기능이 보편적이어서 알아보기가 편하고 인터페이스에 기능과 정보

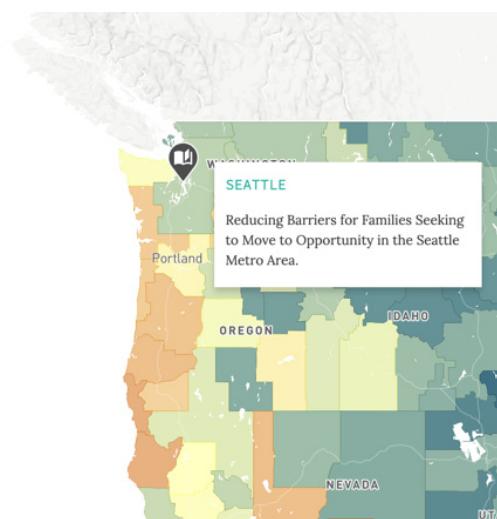


〈그림 3-1〉 The Opportunity Atlas의 실세계와의 일치 정도

〈그림 3-2〉 행정통계 시각화 플랫폼의 실세계와의 일치 정도



〈그림 4〉 The Opportunity Atlas의 일관성 및 표준



가 고르게 분배되어 있는 점에서 높은 점수를 받았다(〈그림 4〉 참조). 반면 행정통계 시각화 플랫폼은 하나의 페이지에 너무 많은 정보를 담으려 하고 메뉴를 좌측에만 배치하여 정보 배치의

일관성을 해친다는 평가가 나왔다. 또한 인터페이스 조작 도구 역시 보편적인 지도 네비게이션 도구나 웹페이지 기능과 상이하게 제한적인 기능만 제공되는 점 역시 낮은 평가의 원인이 되었다.

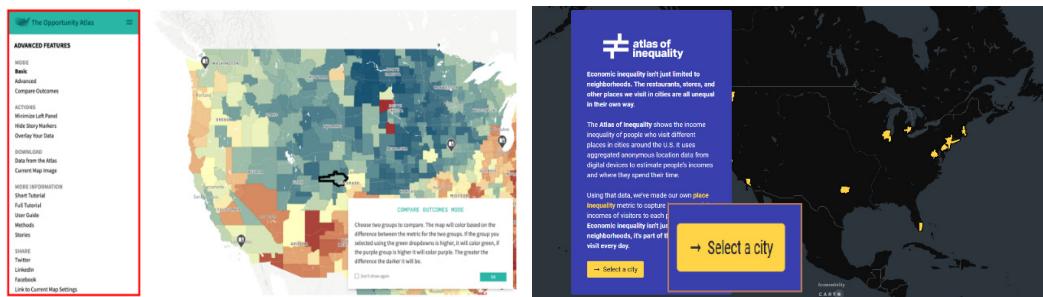
4.4 사용자 제어 여부와 친화성

사용자 제어 여부와 사용자 친화성 표준에 대한 평가 점수는 평균 4.86점으로, The Opportunity Atlas(5.63점), World Inequality Database(5.62점), 스마트 서울맵(4.95점), 행정통계 시각화 플랫폼(4.83점), The Atlas of Inequality(4.62점) 순으로 나타났다. 가장 높은 평가를 받은 The Opportunity Atlas는 인터페이스 내에서 탐색 및 조작에 필요한 도구가 잘 제시되고 있고(그림 5-1) 참조) 이용이 편리하며 신속하게 제어할 수 있도록 내비게이션 구성이 잘 되어 있다는 평가를 받았다. 반면에, The Atlas of Inequality의 경우 인터페이스 내에서 지역 간의 차이를 비교할 수 없고, 지도에서 지역을 이동할 때 메인 페이지로 다시 돌아간 후 지역을 다시 선택해야 하는 등(그림 5-2) 참조) 기능적인 면에서 평가자가 불편함과 어려움을 느끼는 것으로 나타났다.

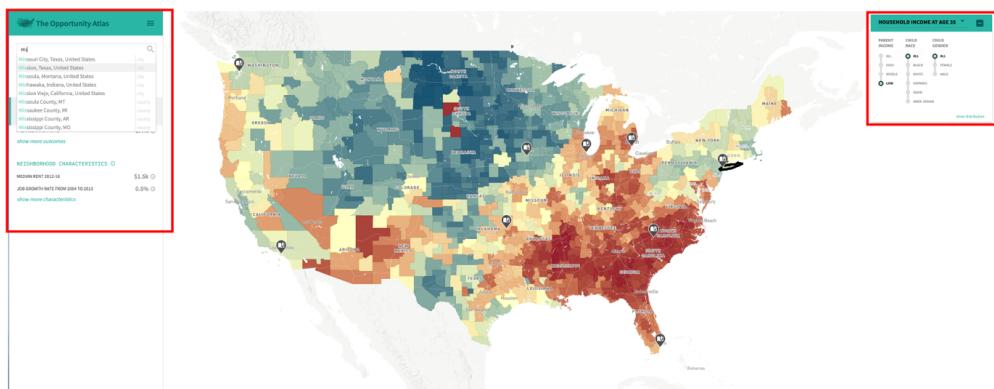
4.5 융통성

융통성에 대한 평가 점수는 평균 5.2점으로,

The Opportunity Atlas(6.72점), 스마트 서울맵(6.15점), World Inequality Database(4.85점), 행정통계 시각화 플랫폼(4.37점), The Atlas of Inequality(3.83점) 순으로 나타났다. The Opportunity Atlas의 경우 전문가들은 지도 축척의 확인 및 수정이 간편한 점, 검색창의 인터페이스 구성과 드롭다운 기능과 예산 단어 제시 등 추가 기능이 존재하는 점, 마우스를 지도 위로 올리면 추가 정보가 제시되고 사용자가 지리 정보를 포함하여 지도를 출력할 수 있는 점 등 평가 도구에서 평가하는 모든 기능을 해당 플랫폼이 충족하고 있다고 보았다(그림 6 참조). 반면 The Atlas of Inequality가 상대적으로 낮은 평가를 받았는데, 전문가들은 인터페이스 상에서 지도의 축척을 확인할 수 없으며, 데이터를 확인할 때 마우스의 움직임에 반응하여 데이터를 나타내는 것이 아니라 사용자가 원하는 지도 혹은 지역을 클릭을 해야만 데이터를 확인할 수 있다는 면에서 이용에 불편함이 있다고 평가하였다.



〈그림 5-1〉 The Opportunity Atlas의 사용자 제어 여부와 사용자 친화성 〈그림 5-2〉 Atlas of Inequality의 사용자 제어 여부와 사용자 친화성

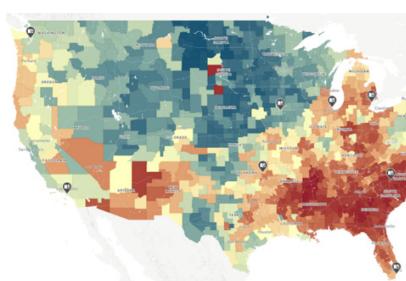


〈그림 6〉 The Opportunity Atlas의 사용자 제어 여부와 사용자 친화성

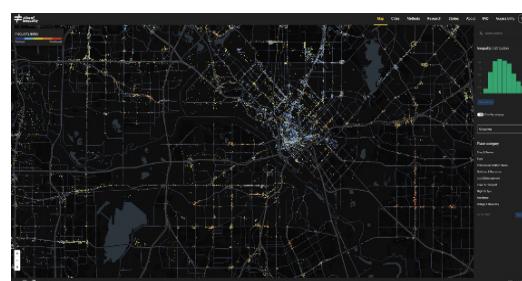
4.6 디자인

디자인에 대한 평가 점수는 평균 5.44점으로, The Opportunity Atlas(6.69점), 행정통계 시각화 플랫폼(5.31점), 스마트 서울맵(5.19점), World Inequality Database(5.06점), The Atlas of Inequality(4.94점) 순으로 높은 평가를 받았다. The Opportunity Atlas는 사용된 색상이 일관적이고 직관적이면서도 세련되어 심미성이 우수하고 인터페이스의 디자인 역시 도구와 기능의 직관성을 해치지 않는다는 점에서 가장 높은 평가를 받았다(〈그림 7-2〉 참조). 반면 가장 낮은 평가 점수를 받은 The Atlas

of Inequality의 경우 전문가들 간 평가에 다소 차이가 있는 것으로 나타났는데, 디자인이 너무 단순하고 세부 메뉴에서 도구와 기능을 사용하기에 학습이 필요하다는 의견이 있는 반면, 단순하기 때문에 직관적으로 도구와 기능을 구별할 수 있다고 판단된다는 의견으로 나뉘는 것으로 나타났다. 또한 색상에 관한 의견도 차이가 있었는데, 대체적으로 색상이 잘 구성되었다는 의견과 배경이 너무 어둡고, 색상의 대비가 더 명확해야 한다는 의견이 있었다. 그리고 색상 선택에 있어 색약을 가진 사용자들을 고려된 것인지 의문을 제기하기도 했다(〈그림 7-2〉 참조).



〈그림 7-1〉 The Opportunity Atlas의 디자인



〈그림 7-2〉 The Atlas of Inequality의 디자인

4.7 호환성

호환성에 대한 평가 점수는 평균 4.94점으로, The Opportunity Atlas(6.69점), 스마트 서울맵(5.33점), World Inequality Database(4.89점), The Atlas of Inequality(4.19점), 행정통계 시각화 플랫폼(3.72점) 순으로 나타났다. 전문가들은 모바일 환경이나 Google Chrome, Microsoft Edge, Safari, Firefox 등 세 개 이상의 브라우저들을 이용하여 플랫폼에 접속해서 호환성을 평가하였는데, The Opportunity Atlas가 다양한 해상도를 지원하고 모바일 환경에서도 앱을 지원하여 작은 화면에서도 데이터를 확인하기에 용이하다고 평가하였다. 반면, 행정통계 시각화 플랫폼의 평가가 다른 플랫폼에 비해 상대적으로 낮게 나왔는데, 전문가들은 해당 플랫폼이 한 페이지에 너무 많은 정보를 담고 있어 저해상도 모니터에서는 정보 식별이 어렵고 작은 화면을 고려한 인터페이스 변화를 지원하지 않아 이용에 불편함을 평가의 이유로 밝혔다.

4.8 오류 방지 및 해결

오류 방지 및 해결에 대한 평가 점수는 평균 4.64점으로, The Opportunity Atlas과 World Inequality Database이 같은 점수(6점)의 평가를 받았으며 그 다음으로는 행정통계 시각화 플랫폼(5점), 스마트 서울맵(3.5점), The Atlas of Inequality(2.67점) 순으로 평가되었다. 전문가들은 5개의 플랫폼 대부분은 오류가 발생하는 일이 적어 대부분의 항목에 “해당사항 없음”으로 평가하기도 했는데, 그럼에도 불구하고 스마트 서울맵과 The Atlas of Inequality의 경우 상당히 낮은 평가를 받았다. 스마트 서울맵은 사용자가 여러 기능을 클릭하다가 웹사이트가 갑자기 멈추는 오류가 발생했을 때 페이지를 다시 로딩을 해야만 오류가 해결되었고, The Atlas of Inequality는 웹사이트가 멈추고 난 후 오류 발생 메세지와 해결방법에 대한 안내 메세지가 뜨지 않고 검은색 정지화면을 보여주고 있는 것이 확인되었다(〈그림 8〉 참조).



〈그림 8〉 The Atlas of Inequality의 오류 방지와 오류 해결

4.9 도움말 제공 및 문서화

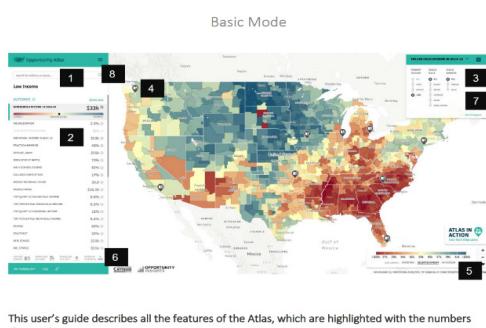
도움말 제공 및 문서화에 대한 평가 점수는 평균 4.88점으로, The Opportunity Atlas(6점), World Inequality Database(5.36점), 행정통계 시각화 플랫폼(5.02점), The Atlas of Inequality(4.75점), 스마트 서울맵(3.17점) 순으로 높은 점수의 평가를 받았다. 이에 대해 전문가들은 The Opportunity Atlas의 경우 인터페이스 상에서 가이드나 FAQ를 찾기 쉬웠고, <그림 9-1>와 같이 가이드와 FAQ에서 인터페이스의 사용법과 기능에 대한 구체적인 설명을 제공하고 있다고 평가하였다. 반면 가장 낮은 평가를 받은 스마트 서울맵에 대해서는 인터페이스 상에서 도움말이나 FAQ를 잘 찾을 수 없다고 평가하였으며 도움말 기능을 찾더라도 일부 기능에만 국한되어 있다는 평가를 하였다.

5. 논의

본 연구는 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼

의 사용성 평가가 가지는 중요성에 주목하여 플랫폼 사용성 평가 가이드라인과 전문가 평가가 가능한 휴리스틱 평가 도구를 개발하였다. 또한 이를 활용하여 실제 상용되고 있는 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼의 사용성에 대한 평가를 수행하여 데이터를 수집하고 분석하였다. 본 연구를 통해 살펴본 주요 논의는 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 기존 연구의 인터페이스 개발 가이드라인과 사용성 휴리스틱 평가 가이드라인을 종합적으로 분석하여 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼의 사용성 평가에 적합한 휴리스틱 평가 도구를 개발하였다. 보편적인 인터페이스 사용성 평가에 사용되는 Nielsen(1994)의 10가지 원칙을 기본으로 자리 정보를 포함하고 있는 데이터의 특성에 맞추어 관련 플랫폼 사용성 평가 가이드라인들을 종합하고 비교하였다. 기존의 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼들의 경우, Nielson(1994)의 기본 원칙 중에 융통성, 사용자 제어와 사용자 친화성, 호환성, 실세계와의 일치, 디자인, 오류 방지 및 해결, 도움말 제공 및 문서 등의 항목 중 하나 혹은 하나



<그림 9-1> The Opportunity Atlas의 사용 가이드 화면

FREQUENTLY ASKED QUESTIONS

Basics

What do the estimates on the map represent?

Our estimates show the average outcomes in adulthood of people who grew up in each Census tract (small geographic units containing about 4,000 people) and were born between 1978 and 1983. Importantly, many children move to different areas in adulthood, but we always map the data by where children grew up, regardless of where they live as adults. For example, a child who grew up in a tract in Minneapolis but moved to New York as an adult would still be included in the data for his or her childhood tract in Minneapolis.

The data provide information on the average actual outcomes of children who grew up in each area. Each estimate is specific to a selected group of children from each tract, defined by their race, gender, and parental income level. For instance, one estimate might look at the outcomes in adulthood for black men who grew up in low-income families in a specific tract.

<그림 9-2> The Opportunity Atlas의 FAQ 화면

이상의 원칙을 평가에서 생략하거나 중요하게 다루고 있지 않음을 확인하였는데 이는 평가하고자 하는 플랫폼의 구체적인 특성(예를 들어 Kuparinen et al.(2013)과 Kuparinen(2016)은 모바일 지도 플랫폼을 평가하기 때문에 멀티태스킹이 중요)에 집중한다는 한계가 있어 일반적인 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼에는 적용이 어렵다는 한계가 있었다. 또한, Marquez et al.(2021)는 기존 연구에서 사용된 지도 기반 시각화 플랫폼 관련 가이드라인을 종합하여 분석하였으나, 관련 원칙에 대한 대략적인 정의를 제안하는데 그쳐, 사용성 평가의 구체적인 도구로 활용하기에는 한계가 있었다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 선행연구들의 한계점을 극복하고, 지도 기반 데이터의 특성을 충분히 활용하여 실제 사용성 평가 수행이 가능한 원칙을 범주화하고 구체적인 평가 항목들을 개발했다는데 의의가 있다.

둘째, 본 연구에서 개발한 사용성 도구를 이용하여 실질적인 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼의 사용성을 평가 점수에 따라 수치화한 결과, 사용성이 우수한 플랫폼과 상대적으로 그렇지 못한 플랫폼의 차이를 구분할 수 있게 되었다. 예를 들어, 5개 플랫폼들의 사용성 평가 전체 점수의 평균 점수를 비교하고, 9개 범주에 해당하는 각각의 평가 점수를 비교해 보았을 때, 각각의 플랫폼 점수를 순위화 할 수 있었다. 또한, 본 연구에서 개발한 평가 문항은 7점 리커트 척도를 사용하여 평가 항목에 대한 전문가 동의 정도를 세분화하였다. Lewis(2021)는 사용자 경험을 평가하는데 있어, 3점 척도는 너무 단조로운 의견을 수집하기 때문에 적합하지 않으나, 5점, 7점, 11점 척도는 별다른 차이가 있지 않

다고 연구에서 밝혔다. 그러나, 본 연구에서 사용한 7점 척도는 3점이나 5점 척도와 같이 간단한 척도보다는 세밀한 응답을 가능하게 하였으며, 전문가들이 문항별 점수를 정하는데 있어 작은 차이를 감지하고 중립적이거나 중간 옵션을 선택하는 것을 최소한으로 평가할 수 있도록 조정하였고, 그 결과 연구에서 수행한 5개의 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼들의 미세한 차이를 점수화 하는데 용이하였다.

셋째, 9개의 범주와 37개의 항목에 대해 전문가들의 주관적인 의견을 수집하여 점수로 순위화 한 플랫폼들의 사용성 차이를 구체적으로 분석할 수 있었다. 휴리스틱 평가는 소수의 전문가들이 참여하기 때문에 사용성 평가 점수들이 플랫폼별로 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 없는지를 알 수 없다는 한계를 가지고 있다. 그러나, 범주에 해당하는 각각의 점수와 함께 수집된 전문가의 주관적 평가 의견은 플랫폼들의 사용성에 있어 우수한 점과 그렇지 못한 점을 구분하는데 충분한 근거가 될 수 있어 사용성 평가에 있어 중요한 부분을 차지한다는 것을 발견했다. 특히 전문가들은 보다 정밀하고 체계적인 지도 기반 사용성 평가를 위해서는 플랫폼을 활용해 데이터를 검색하도록 적합한 과제를 부여하여 전문가들이 실질적으로 플랫폼을 사용한 후 사용성 평가를 진행하는 것이 보다 효율적이라는 의견을 제공하였으며, 이는 추후 사용성 평가 도구 개발에 있어 플랫폼 이용에 대한 부분(예를 들어, 플랫폼에 대한 이용 안내를 제공하거나 플랫폼을 이용하여 확인할 수 있는 구체적인 과제를 제공)을 포함할 필요가 있음을 시사한다.

6. 결 론

본 연구는 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 개발과 사용성 평가에 대한 전반적인 이해를 높이고 향후 활용할 가이드라인 및 평가도구를 개발하여 실제 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 사용성 휴리스틱 평가에 적용했다는 데 의의가 있다. 연구 결과를 종합해볼 때, 본 연구에서 개발된 평가 도구는 추후 관련 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 개발 및 사용성 평가 연구에서 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 몇 가지 한계점이 있다. 첫째, 본 연구에서 개발한 사용성 평가 도구는 임으로 선정한 5개의 샘플을 대상으로만 평가를 진행한 것으로 보다 다양한 지도기반 데이터 시각화 플랫폼에 대한 사용성 평가를 진행하여 관련 범주와 항

목을 보완할 필요가 있다. 둘째, 지도 기반 데이터 플랫폼의 오류 방지 및 해결 항목을 평가하기 위해 평가자가 플랫폼에서 발생할 수 있는 오류를 전부 고려하여 평가할 수는 없었던 관계로, 추후 연구에서는 이를 보완하기 위해 플랫폼의 오류에 관해 묻는 항목에 대해 추가적으로 고찰하고자 한다. 마지막으로, 본 연구에서는 지도 기반 데이터 시각화 플랫폼 평가에 참여한 전문가들로부터 평가 도구 전반에 관한 의견은 수집하지 않았다. 이는 전문가들이 충분한 시간을 두고 5개의 플랫폼 평가에만 집중하도록 하기 위한 전략이었으나, 추후에는 평가 도구에 대한 전문가들의 자체 평가를 추가적으로 진행하여 평가 범주와 문항을 보완할 예정이다.

참 고 문 헌

- 곽호완, 곽지은, 김수진, 이정모 (2000). 국내 웹 사이트 디자인의 사용성 조사: 설문조사 및 발견평가. *인지과학*, 11(1), 33-45.
- 길선영, 최진, 임순범 (2016). D3.js를 활용한 지도 기반의 데이터 시각화 웹 어플리케이션 개발. *한국정보과학회 학술발표논문집*, 1941-1943.
- 김민정 (2020). 전염병 데이터시각화에 관한 연대기별 고찰. *한국디자인문화학회지*, 26(3), 19-33. <http://doi.org/10.18208/ksdc.2020.26.3.19>
- 김민정 (2021). 전염병 데이터 기반의 지리공간 시각화 전략 연구: 대시보드를 중심으로. *한국디자인문화학회지*, 27(3), 27-38. <http://doi.org/10.18208/ksdc.2021.27.3.27>
- 김소연, 안세윤, 주한나 (2021). 공간빅데이터 시각화 가이드라인 연구. *한국콘텐츠학회논문지*, 21(2), 100-112.
- 박주환, 한성호, 박재현, 박원규, 김현경, 홍상우 (2012). 모바일 어플리케이션의 사용성 평가 방법 비교 분석. *대한인간공학회 학술대회논문집*, 154-157.

- 변상영, 김기환 (2020). 오픈 데이터와 격자 시스템을 이용한 세종시 실제 인구 추정. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 22(5), 1793-1807.
<http://doi.org/10.37727/jkdas.2020.22.5.1793>
- 스마트 서울맵. 출처: <https://map.seoul.go.kr/smgis2/policyMap>
- 조주은, 이성일 (2009). 전자정부에서의 정보격차: 인터넷 서비스의 사용성 평가를 중심으로: 인터넷 서비스의 사용성 평가를 중심으로. *정보사회와 미디어*, (16), 53-82.
- 최진, 길선영, 임순범 (2017). 웹 환경에서의 지도 기반 데이터 시각화 인터페이스 툴 개발. *멀티미디어 학회논문지*, 20(8), 1216-1223. <http://doi.org/10.9717/kmms.2017.20.8.1216>
- 행정통계 시각화 플랫폼. 출처: <https://sgis.kostat.go.kr/view/administStats/newlyDash>
- 황홍섭, 박지수 (2016). 공공데이터에 기반한 초등학교 안전지도의 개발 및 활용 방안 탐색. *사회과교육*, 55(4), 115-129.
- Schwabish, J. A. (2021). *Better Data Visualizations: A Guide for Scholars, Researchers, and Wonks*.
- 정순욱 옮김 (2022). *어나더레벨 데이터 시각화: 사회과학 분야의 연구원을 위한 데이터 시각화 안내서*. 서울: 에이콘.
- Wilke, C. O. (2019). *Fundamentals of Data Visualization: A Primer on Making Informative and Compelling Figures*. 권혜정 옮김 (2020). *데이터 시각화 교과서: 데이터 분석의 본질을 살리는 그래프와 차트 제작의 기본 원리와 응용*. 의왕: 책만.
- Alvaredo, F., Atkinson, A. B., Blanchet, T., Chancel, L., Bauluz, L., Fisher-Post, M., Flores, I., Garbinti, B., Goupille-Lebret, J., & Martínez-Toledano, C. (2020). Distributional National Accounts Guidelines, Methods and Concepts Used In the World Inequality Database. Paris School of Economics. Available: <https://hal.science/hal-03307274>
- Card, S. K., Mackinlay, J., & Shneiderman, B. (1999). *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Carr, D. (1999). Guidelines for Designing Information Visualization Applications. ECUE'99:01/12/1999-03/12/1999.
- Chen, C.-h., Härdle, W., Unwin, A., & Friendly, M. (2008). A Brief History of Data Visualization. *Handbook of Data Visualization*, 15-56.
- Chetty, R., Friedman, J. N., Hendren, N., Jones, M. R., & Porter, S. R. (2018). The Opportunity Atlas: Mapping the Childhood Roots of Social Mobility (No. w25147). National Bureau of Economic Research. <http://doi.org/10.3386/w25147>
- Hartson, H. R., Andre, T. S., & Williges, R. C. (2001). Criteria for evaluating usability evaluation methods. *International Journal of Human-computer Interaction*, 13(4), 373-410.
https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1304_03

- ISO, I. (2018). Ergonomics of Human-System Interaction – Part 11: Usability: Definitions and Concepts (ISO 9241-11: 2018).
- Komarkova, J., Visek, O., & Novak, M. (2007). Heuristic evaluation of usability of GeoWeb sites. Web and Wireless Geographical Information Systems: 7th International Symposium, W2GIS 2007, Cardiff, UK.
- Kosara, R., Drury, F., Holmquist, L. E., & Laidlaw, D. H. (2008). Visualization criticism. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28(3), 13-15.
- Kuparinen, L. (2016). Validation and extension of the usability heuristics for mobile map applications. In ICC & GIS2016: Proceedings of the 6th International Conference on Cartography & GIS (Vol. 1 and 2). Bulgarian Cartographic Association.
- Kuparinen, L., Silvennoinen, J., & Isomäki, H. (2013). Introducing usability heuristics for mobile map applications. In Proceedings of the 26th International Cartographic Conference. Dresden, Germany.
- Lewis, J. R. (2021). Measuring user experience with 3, 5, 7, or 11 points: does it matter? *Human Factors*, 63(6), 999-1011. <https://doi.org/10.1177/0018720819881312>
- Li, Q. & Li, Q. (2020). Overview of data visualization. *Embodying Data: Chinese Aesthetics, Interactive Visualization and Gaming Technologies*, 17-47. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5069-0_2
- Marquez, J. O., Meirelles, P., & da Silva, T. S. (2021). Interactive web maps: usability heuristics proposal. *Proceedings of the ICA*, 4(70), <https://doi.org/10.5194/ica-proc-4-70-2021>
- Moro, E., Calacci, D., Dong, X., & Pentland, A. (2021). Mobility patterns are associated with experienced income segregation in large US cities. *Nature Communications*, 12(1), 4633. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24899-8>
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Shneiderman, B. (2003). The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. *The Craft of Information Visualization*, 364-371. <https://doi.org/10.1016/B978-155860915-0/50046-9>
- Stock, K. & Guesgen, H. (2016). Geospatial reasoning with open data. *Automating Open Source Intelligence*, 171-204. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802916-9.00010-5>
- The Atlas of Inequality. Available: <https://inequality.media.mit.edu/>
- The Opportunity Atlas. Available: <https://www.opportunityatlas.org/>
- Victorelli, E. Z. & Reis, J. C. D. (2020). Human-data Interaction Design Guidelines for Visualization Systems. *Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing*

Systems, 1-10, <https://doi.org/10.1145/3424953.3426511>
Waddell, C., Regan, B., Henry, S. L., Burks, M. R., Thatcher, J., Urban, M. D., & Bohman, P. (2003). Constructing Accessible Web sites. California: Apress Berkeley.
World Inequality Database. Available: <https://wid.world/world/>

• 국문 참고자료의 영어 표기

(English translation / romanization of references originally written in Korean)

- Byeon, Sangyoung & Kim, Keewhan (2020). Estimating actual population of Sejong city using open data and grid system. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 22(5), 1793-1807. <http://doi.org/10.37727/jkdas.2020.22.5.1793>
- Cho, Joo-Eun & Lee, Seong-il (2009). Digital divide in e-Government web sites. *Information Society & Media*, (16), 53-82.
- Choi, Jin, Kil, Sun-Young, & Lim, Soon-Bum (2017). Development of web-based interface tool for map data visualization. *Journal of Korea Multimedia Society*, 20(8), 1216-1223. <http://doi.org/10.9717/kmms.2017.20.8.1216>
- Hwang, Hong Seop & Park, Ji Su (2016). Development and application of the elementary school safety map based on public data. *Social Studies Education*, 55(4), 115-129.
- Kil, Sun-Young, Choi, Jin, & Lim, Soon-Bum (2016). Development of a web application for map visualization using D3.js. *Proceedings of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 1941-1943.
- Kim, Minjung (2020). A study on the visualization of epidemic data by chronicles. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 26(3), 19-33. <http://doi.org/10.18208/ksdc.2020.26.3.19>
- Kim, MinJung (2021). A study on geospatial visualization strategies based on infectious disease data: focused on website dashboard UI. *Journal of the Korean Society Design Culture*, 27(3), 27-38. <http://doi.org/10.18208/ksdc.2021.27.3.27>
- Kim, So-Yeon, An, Se-Yun, & Ju, Hannah (2021). Development of the guidelines for expressing big data Visualization. *Journal of the Korea Contents Association*, 21(2), 100-112.
- Kwak, Ho-wan, Kwahk, Jie-un, Kim, Su-jin, & Lee, Jung-Mo (2000). Usability testing of the domestic web site design: questionnaire and heuristic evaluation. *Korean Journal of Cognitive Science*, 11(1), 33-45.
- Park, Joohwan, Han, Sungho, Park, Jaehyun, Park, Wonkyu, Kim, Hyunkyoung, & Hong, Sang-Woo

(2012). Comparison of usability evaluation methods for mobile application. Proceedings of Ergonomics Society of Korea, 154-157.

SGISplus. Available: <https://sgis.kostat.go.kr/view/administStats/newlyDash>
Smart Seoul-map. Available: <https://map.seoul.go.kr/smgis2/policyMap>

