

RESEARCH ARTICLE

Analyzing Research Trends and Relationships in AI Literacy, Digital Literacy, Data Literacy, and Knowledge Information Processing Competency through Bibliometric Analysis

Mihyun Son¹, Hunkoog Jho^{2*}

¹Seoul National University

²Dankook University

서지분석을 이용한 AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량의 연구 동향 및 관계 분석

손미현¹, 조현국^{2*}

¹서울대학교, ²단국대학교

*Corresponding Author: Hunkoog Jho, hjho80@dankook.ac.kr

ABSTRACT

This study explores research trends related to artificial intelligence and digital technology by focusing on four key terms: literacy, artificial intelligence literacy, digital literacy, and knowledge information processing competency. Using the RISS database, we collected papers published over the last 20 years until September 2023 and conducted a quantitative bibliometric analysis. Semantic network analysis was applied to understand the relationships, trends, and characteristics of these concepts.

The findings show that digital literacy, data literacy, AI literacy, and knowledge information processing competency all aim to foster creative thinking and are primarily taught at the basic education level, especially for elementary school students, often in convergence education formats. Digital literacy is the most widely taught, covering all age groups and overlapping with other literacies. Data literacy tends to function as a sub-element of digital literacy, while AI literacy overlaps with both digital and data literacy, with the potential for future integration. Knowledge information processing competency is researched independently from the other literacies, showing limited overlap.

Key words : AI Literacy, digital literacy, data literacy, knowledge information processing competency, bibliometric analysis



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning

2024, Vol. 14, No. 3, 385-409

<https://doi.org/10.31216/BDL.20240022>

Received: August 05, 2024

Revised: September 10, 2024

Accepted: September 12, 2024

© 2024. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

오늘날 인공지능, 빅데이터 등 첨단 과학기술의 발달로 인해 미래 사회에 필요한 능력으로서 관련된 리터러시를 갖추는 것이 강조되고 있다. 이에 2015 개정 교육과정부터는 지식정보처리역량을 강조하였으며, 최근 2022 개정 교육과정에서는 지식정보처리역량과 함께 디지털 리터러시를 강조하고 있다. 더불어 ChatGPT, Bing, Midjourney 등 생성형 AI의 돌풍은 교육 현장에서도 AI 리터러시에 대한 중요성을 부각시켰으며, 이에 따라 데이터 리터러시까지 함께 언급되고 있다. 즉, 최근 몇 년 동안 교육 현장에는 기존에 강조되지 않거나 교육에서 중요시되지 않던 많은 리터러시 또는 리터러시들이 교육의 중요한 화두로 던져지고 있다.

이와 같은 리터러시들은 서로 다른 의미와 기능, 목적을 포함한다. AI 리터러시는 ‘인공지능 기술과 관련된 정보를 이해하고 이를 적절하게 활용하며 그로 인한 결과를 비판적으로 평가할 수 있는 능력으로(Jordan, 2019), 디지털 세상에서 살아가고 배우고 일하는데 필수적인 능력을 의미한다(Steinbauer et al., 2021). 또한 AI 리터러시는 데이터 과학 컴퓨팅 사고력, 다학문적 지식의 아이디어를 결합하는데 도움이 되며, 특히 교육자는 여러 교육 문제 해결과 밀접한 연관을 가진다(Ng et al., 2021). Gilster (1997)에 의해 처음 제시된 디지털 리터러시는 초기 인터넷을 통해 다양한 소스로부터 유용한 정보를 추출하는 능력이었으나, 현재는 사회적, 문화적 활동을 지원할 수 있도록 다양한 매체를 활용하는 능력(Kwon & Hyun, 2014), 디지털 정보를 찾고, 이해하고, 평가하고, 창조하고, 주고받기 위하여 정보와 통신 기술을 사용할 줄 아는 능력을 의미한다(ALA, 2013). 디지털 환경에서 가치 있는 삶을 살아가기 위해 디지털 기술을 올바르게 이해하고 사용하여 정보 및 그 내용물을 적절하게 탐색하고 활용하며 비판적으로 분석하고 평가하며 생산적으로 소통하고 창조하는 복합적인 리터러시이며(Noh et al., 2018). 이는 여러 국가의 교육과정에 언급되며 중요한 교육의 요소로 자리매김하고 있다(MOE, 2022; Ei & Soon, 2021; Erstad et al., 2021). 데이터 리터러시는 데이터에 접근하고 조작하고 요약하는 능력이나(Shields, 2005), 데이터를 수집, 처리 분석하는 능력이라고 정의할 수 있다(Otto, 2012). 하지만 정보화 사회에서 수많은 데이터가 생산되면서 데이터 리터러시를 의사 결정에 대한 정보를 제공하기 위해 데이터를 효과적으로 이해하고 사용하는 능력이나(Mandinach & Gummer, 2013), 사회의 구성원으로 참여하려는 욕구와 능력으로 확장되고 있다(Bhargava et al., 2015). 즉 기존 데이터를 분석하고 처리하는 능력으로 보았다면 이제는 사회적 의사소통 수단으로서의 데이터 리터러시로서 정의가 확대되고 있다. 지식정보처리역량은 2015 교육과정에 등장하여 2022 개정 교육과정까지 이어져 오는 총론의 주요 리터러시로 ‘문제를 해결하기 위하여 다양한 정보와 자료를 수집·분석·평가·선택하고, 적절한 매체를 활용하여 지식과 정보와 자료를 효과적으로 처리함으로써 합리적으로 문제를 해결할 수 있는 능력’으로 정의한다(MOE, 2015; MOE, 2022).

이와 같은 서로 다른 용어의 사용, 능력의 강조는 혼란을 가져올 수 있다. 변화하는 사회적 요구에 따라 이에 맞는 능력을 강조하고, 기존에 요구되던 능력이나 기술의 의미가 달라지거나 확대되면서 그 의미가 중첩되거나 혼용되어 사용됨으로써 오해를 불러일으키거나 갈등을 일으킬 수 있다. 교육의 목표나 방향의 잦은 변화는 교사뿐만 아니라 학생에게도 문제를 일으킬 수 있으며, 본질적으로 교육에서 추구해야 할 가치를 훼손할 우려가 있다. 이와 같은 다양한 목적에 대한 의미에 대해 분석하고 비판적으로 검토할 필요가 있다. 따라서 오늘날 인공지능 및 데이터 과학 분야의 급격한 발전으로 주목받고 있는 새로운 가치에 대해 서로 비교하고 그 특징을 정리함으로써 미래사회에 필요한 능력을 추구하는 교육적 의미에 대해 논의하는 것이 중요하다. 인공지능 및 데이터 과학 분야의 급격한 성장과 발전에 따라 관련된 직업을 갖지 않더라도 이로 인해 기초적인 이해나 활용 능력이 강조되고 있으며 이를 리터러시, 소양, 역량 등 여러 가지로 정의하고 있다. 이

중 기본적으로 개인의 학습이나 직무 상황에서 특정 과제를 수행하는데 필요한 능력을 역량(competency)이라고 하며(Lee & Choi, 2014), 이보다는 일반적으로 읽고 쓰고 말하고 소통하는 능력으로 공동체 안에서 살아가기 위한 기초적인 능력을 리터러시라고 한다(Heo, 2014). 인공지능 및 디지털 기술의 발달과 관련해 이제까지 AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량 등 각각의 용어에 대한 문헌 연구나 그 구인에 대한 연구들은 그 수를 헤아릴 수 없을 만큼 다양하게 수행되어 왔다. 또한 언급된 리터러시들 간의 관계에 대한 연구들도 다수 이루어지고 있다(Guler, 2019; Han, 2018; Pangrazio & Sefton-Green, 2020; Yu, 2022). 예를 들어 데이터 리터러시는 데이터를 수집, 분석, 처리하는 능력에서(Otto, 2012; Shields, 2005), 사회적 의사소통을 위한 기초 리터러시로 보는 시각까지(Bhargava et al., 2015; Mandinach & Gummer, 2013) 다양한 정의가 존재한다. 또한 데이터 리터러시를 디지털 리터러시의 하위 개념으로 보기도 하였으며, OECD 2030에서와 같이 디지털 리터러시와 데이터 리터러시를 비슷한 위계로 보거나(OECD, 2019), 상호 작용하면서 조합된다는 연구 결과도 있었다(Bhargava et al. 2015).

우리나라에서는 AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량 등 각 용어에 대한 정의 연구나 함양하기 위한 교육 방법에 대한 연구들은 지속적으로 이루어졌으나, 용어 간 관계에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 최근들의 교육부의 정책으로 AI·디지털 역량에 관련된 연구가 다수 이루어졌으며, Hwang et al. (2023)은 이를 ‘교육적 목적을 위해 AI·디지털 기술을 효과적, 비판적, 창의적, 상호소통적, 윤리적으로 이해·활용하는 지식, 기술, 가치, 태도 및 문제해결 능력’으로 정의하였다. 하지만 기존 AI 역량과 디지털 역량의 물리적 결합인지 또는 다른 역량인지, 리터러시와는 어떤 차이가 있는지에 대해 명확하게 구분하기가 쉽지 않다. 또한 디지털 역량의 하위 요소로 디지털 리터러시와 컴퓨터 리터러시, 정보 리터러시가 모두 포함된다거나(Lee, 2015), 데이터 리터러시와 관련된 데이터 시각화 활동으로 디지털 리터러시를 함양하는 활동이 시도되는 등(Son & Kim, 2023) 리터러시의 범주에 대한 기준도 연구자마다 다른 실정이다. 결과적으로 이 네 가지 용어들의 관련성이나 서로 간의 영향력에 대해서는 대부분의 연구자들이 공감하고 있으나 그 의미 간의 중첩이나 영향을 미치는 부분, 변화의 방향성 등에 대해서는 전체적으로 조망하기가 쉽지 않은 상황이다.

동시대에 주목받는 여러 용어에 대해 연구 동향의 변화와 용어가 서로에 미치는 영향을 파악하기 위해서 그 용어가 포함된 모든 논문을 읽는 것을 불가능하다. 하지만 여러 분야 논문의 공통된 용어를 파악하면 개별 용어의 연구 동향 뿐 아니라 서로 간의 미치는 영향이나 근접 정도 등을 확인할 수 있으므로 본 연구에서는 논문의 계량서지분석을 실시하였다(Glasscook, 2022; Jeong, 2023; Lee et al., 2021). 특히 연구 동향의 변화를 파악하기 위해서 5년 단위로 시간을 나누어 분석하였다. 5년 단위로 분석을 끊어 제시하는 사례는 연구의 발전과 변화를 시간의 흐름에 따라 체계적으로 이해하기 위해 자주 사용된다. 특히 교육 분야에서는 교육 이론, 방법론, 정책, 기술의 빠른 변화와 발전을 반영하기 위해 5년 단위로 연구를 나누어 분석하는 것이 유용하다. 예를 들어, Hew와 Brush(2007)는 기술 통합과 관련된 교사들의 장애 요인을 조사하면서 1995년부터 2006년까지의 연구를 5년 단위로 나누어 분석했다. 이를 통해 인터넷의 보급과 스마트 기기의 발전, 그리고 최근의 인공지능과 같은 새로운 기술이 교육 현장에서 어떻게 도입되고 변형되었는지를 체계적으로 보여준다. 또한, Meyer와 Benavot(2013)는 전 세계 교육 정책의 변화를 분석하면서 각 국가의 교육 정책이 5년 단위로 어떻게 변해왔는지, 어떤 요인들이 영향을 미쳤는지를 분석한다. 이와 같은 접근은 교육 정책의 변화가 사회적, 경제적, 정치적 요인에 의해 어떻게 영향을 받았는지를 이해하는 데 도움이 된다. Hattie(2008)는 학습 효과성

에 대한 메타분석을 수행하면서 1970년대부터 2000년대까지의 연구를 5년 단위로 나누어 분석했다. 이를 통해 특정 교수법이나 학습 전략이 시간에 따라 어떻게 평가되고 변화해 왔는지를 체계적으로 설명하며, 교육 실천가들이 최신의 학습 이론과 방법을 이해하는 데 도움을 준다. 5년 단위로 분석을 끊어 제시하는 것은 교육 분야에서 기술, 정책, 사회적 환경 등의 변화에 민감하게 반응하는 특성을 반영하며, 이러한 변화의 패턴을 명확히 이해할 수 있게 한다.

또한, 본 연구에서 살펴보고자 하는 AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량의 서로 다른 리터러시 개념들이 학문적으로 어떻게 교차하고 융합되는지를 이해하기 위해 시맨틱 네트워크 분석(Semantic Network Analysis) 방법론을 적용하였다. 시맨틱 네트워크 분석(Semantic Network Analysis)은 개념들 간의 의미적 관계를 분석하고 시각화하는 방법론이다. 시맨틱 네트워크는 주로 언어 데이터에서 개념들(노드)과 그들 간의 의미적 연결(엣지)을 추출하여 구성된다. 이 분석 방법은 특정 주제에 대한 지식 구조를 이해하고, 개념들이 어떻게 연결되고 의미를 형성하는지 파악하는 데 사용된다. 특히 시맨틱 네트워크 분석은 일반적으로 언어학, 정보 과학, 인지 과학 등 다양한 분야에서 활용되며, 텍스트 마이닝 및 자연어 처리 기술과 결합하여 의미적 패턴을 탐구한다. 예를 들어, 대규모 텍스트 데이터에서 주요 키워드를 추출하고, 이들 간의 의미적 유사성 또는 관련성을 기반으로 네트워크를 구성함으로써 특정 주제의 개념 지도를 만들 수 있다 (Otte & Rousseau, 2002). 이를 통해 각 개념들 간의 관계를 시각적으로 표현하고, 개념 간의 구조적 위치와 관계성을 이해할 수 있었다. Borgatti et al. (2018)과 Wasserman & Faust (1994)의 네트워크 분석 기법을 참고하여, 각 용어가 학문적 맥락에서 어떻게 연결되고 있는지 파악하였다. 각 개념 간의 연결 정도(degree centrality)나 중개 중심성(betweenness centrality) 등을 계산하여, 특정 리터러시 개념이 연구 네트워크 내에서 얼마나 중요한 역할을 하는지를 분석하였다. 이를 통해 연구는 용어 간의 상호 관계를 보다 정량적으로 파악하고, 이러한 관계가 학문적 담론에서 어떻게 형성되고 발전해 왔는지에 대한 통찰을 제공한다.

이에 본 연구에서는 국내에서 발표된 AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량과 관련된 서지 정보를 다양한 방법으로 분석하여 그 결과를 토대로 각 용어에 관한 연구 동향 및 특징을 파악하여 이에 대한 리터러시 교육의 시사점을 제공하고자 한다.

Materials and Methods

Research Data

본 연구는 국내에서 발표된 인공지능(AI) 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량과 관련된 학술 논문을 대상으로 하였다. 한국교육학술정보원(KERIS)에서 제공하는 RISS 데이터베이스를 통해 한국연구재단의 등재지를 중심으로 수집·분석하였다. ‘데이터 리터러시’, ‘인공지능 리터러시’, ‘디지털 리터러시’, ‘지식정보처리역량’이라는 검색어를 사용하여 2023년 9월까지 출판된 논문들을 Python을 이용하여 자동으로 검색하고 추출하였다. 추출된 논문은 데이터 리터러시 601건, 디지털 리터러시 993건, 인공지능 리터러시 581건, 지식정보처리역량 170건으로 총 2,345건에 이른다. 각 논문에 대해 연도, 저자, 제목, 학술지명, 키워드, 초록, 조회수, 다운로드 수 등의 서지정보를 종합적으로 취합하였다.

Data Analysis

본 연구는 인공지능 및 디지털 기술 등 에듀테크의 발달로 인해 강조되고 있는 새로운 리터러시 및 능력의

현황과 추세를 파악하기 위해 빅데이터 기반 서지 정보 수집 및 분석을 중심으로 수행하였다. 본 연구는 크게 데이터 수집, 전처리, 분석 및 시각화의 과정을 거쳤다.

데이터 수집 단계에서 한국교육학술정보원(KERIS)에서 제공하는 RISS 데이터베이스를 활용하여 ‘데이터 리터러시’, ‘인공지능 리터러시’, ‘디지털 리터러시’, ‘지식정보처리역량’이라는 주요어로 포함하는 논문을 수집하였으며, 데이터베이스를 통해 각 학술 논문에 포함된 서지 정보(연도, 저자, 제목, 학술지명, 키워드, 초록, 조회수, 다운로드 수)를 수집하였다.

전처리 과정에서는 키워드 추출과 동향, 연구의 범주를 파악하기 위해 포함된 텍스트를 정제하고, 어법에 맞지 않는 내용을 교정하는 등 과정을 거쳤다. 특히, 단위 시간 별로 연구에서 나타나는 동향을 파악하기 위해 5년 단위로 데이터를 묶고 정리하였다. 전처리 과정에서 키워드가 포함되어 있지 않는 경우, Huggingface에서 제공하는 BERT 기반 모델 (ml6team/keyphrase-extraction-distilbert-inspec)을 이용해 임베딩하고 키워드를 생성하여 추가하였다(Huggingface, 2023). 임베딩이란 자연어 처리에서 텍스트 데이터를 수치 벡터로 변환하는 방법이다. 컴퓨터가 언어를 이해하고 처리하기 위해서는 텍스트를 숫자로 표현해야 하는데, 임베딩은 이러한 표현을 가능하게 한다. 임베딩을 사용하면 비슷한 의미를 가진 단어들이 벡터 공간에서 가까운 위치에 놓이게 된다. 예를 들어, ‘고양이’와 ‘개’라는 단어는 비슷한 문맥에서 사용될 수 있으므로, 임베딩 벡터도 가까운 위치에 배치된다 (Mikolov et al., 2013). 임베딩은 단순히 단어를 정수로 바꾸는 것에서 나아가, 단어의 의미와 맥락을 수학적으로 표현할 수 있게 하여 기계 학습 모델이 언어의 의미를 더 잘 이해할 수 있게 된다 (Pennington et al., 2014). 임베딩은 단어 단위, 문장 단위, 문서 단위 등으로 실행할 수 있으며 주요어 추출 과정에서는 BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers) 기반 모델을 이용해 초록 정보를 단어 단위로 임베딩하고, 5개의 키워드를 생성하였다(Devlin et al., 2019; Huggingface, 2023). 주요어 추출과 문서 요약 등 텍스트 요약 작업은 크게 기존 문서나 텍스트로부터 추출하는 탐색적 방식(Extractive Text Summary)과 텍스트가 의미하는 바를 재가공하거나 해석하여 생성적으로 제시하는 추상적 방식(Abstractive Text Summary)으로 구분되는데, 본문의 의미를 훼손하지 않도록 탐색적 방식의 모델을 활용하였다 (Gupta & Lehal, 2010; Nenkova & McKeown, 2012).

분석 및 시각화과정에서는 연구에서 중심이 되는 4개의 주요 용어(AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량)를 포함하는 논문의 포함 관계를 분석하고자 여러 단계의 분석 과정을 거쳤다. 첫 번째 단계로 서로 각 용어에 중복되어 포함되는 논문의 숫자를 통해 용어 간의 관계를 파악하였다. 즉, 용어가 중복되어 포함되는 논문의 숫자가 많을 경우 용어 간에 밀접한 관련이 있음을 의미하는 것이다. 이를 위해, AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량이라는 주요 개념들이 학술 논문 내에서 어떻게 함께 사용되는지 분석하였다. 이러한 분석은 해당 용어들이 공통적으로 나타나는 논문들을 통해 용어 간의 연관성이나 상호 의존성을 파악할 수 있도록 하였다. 예를 들어, ‘AI 리터러시’와 ‘디지털 리터러시’가 동일한 논문에서 반복적으로 나타난다면, 이 두 개념이 학문적으로 밀접하게 관련되어 있음을 시사할 수 있다. 이는 개념 간의 중복된 출현을 통해 서로 다른 리터러시 개념들이 학문적으로 어떻게 교차하고 융합되는지를 이해할 수 있는 중요한 단서를 제공한다. 두 번째 단계로, 개별 논문이 포함하는 주요어 사이의 공동 출현을 중심으로 시맨틱 네트워크 분석(Semantic Network Analysis) 방법론을 적용하였다. 즉, 개념들 간의 의미적 관계를 탐색하여 어떤 학문 분야에서 자주 사용되는 용어들이 어떻게 연결되고 있는지, 또는 특정 개념이 다른 개념들과 어떤 의미적 관계를 형성하는지를 분석할 수 있다 (Danowski, 1993). 세 번째 단계로 키워드 사이의 범주를 구성하였으며 이는 그래프의 커뮤니티 구조를 탐색하기 위한 Louvain 알고리즘을 사용하

였다. Louvain 알고리즘은 네트워크 내 모듈성을 최대화하는 방식으로 커뮤니티를 탐색하는 알고리즘으로, 네트워크의 구조적 특성을 반영하여 노드 간의 관련성을 바탕으로 커뮤니티를 나누는 방법이다 (Blondel et al., 2008). 이 알고리즘을 통해 시각화된 각 노드(키워드)는 특정 커뮤니티에 할당되며, 이는 네트워크의 분할된 구조적 특성을 분석하는 데 활용될 수 있다. 네 번째 단계로 각 범주를 나타내는 제목은 Transformer 기반 모델을 이용하여 제목 및 키워드를 바탕으로 생성하도록 하였다. 이중 T5 (Text-to-Text Transfer Transformer)는 Google이 개발한 범용 텍스트 생성 모델로, 다양한 자연어 처리(NLP) 작업을 하나의 통합된 텍스트-텍스트 프레임워크로 다룰 수 있도록 설계되었다(Raffel et al., 2020). T5는 모든 NLP 작업을 입력 텍스트를 출력 텍스트로 변환하는 문제로 설정하여, 번역, 문서 요약, 질문 응답, 문법 수정 등 여러 작업을 일관되게 처리할 수 있다. 이 모델은 Transformer 아키텍처를 기반으로 하며, 인코더-디코더 구조를 사용하여 입력 시퀀스의 모든 위치가 다른 모든 위치에 접근할 수 있는 어텐션 메커니즘을 통해 문맥을 깊이 이해한다. T5는 BERT와 GPT와 같은 모델들과는 달리 양방향과 자기회귀 예측 모두를 수행할 수 있어 다양한 작업에 대해 유연하게 사용할 수 있다. 이 모델은 대규모 텍스트 데이터를 사용해 사전 학습된 후 특정 작업에 맞게 미세 조정되어 높은 성능을 발휘한다.

이러한 분석을 통해 본 연구는 AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량의 연구 동향과 특징을 종합적으로 분석하고, 이를 바탕으로 리터러시 교육의 시사점을 제공하고자 한다. 특히, 각 리터러시 개념이 교육적 실천에 어떻게 적용될 수 있는지, 그리고 다양한 리터러시 교육 프로그램들이 상호 보완적이면서도 통합적으로 설계되는 방안을 제안한다. 이러한 시사점은 교육 현장에서 리터러시 교육을 강화하고, 학생들이 변화하는 디지털 시대에 필수적인 역량을 갖추어 나갈 수 있도록 교육하는 데 도움이 될 수 있다.

Results

Quantitative and Keyword Changes for Each Topic

AI 리터러시, 데이터 리터러시, 디지털 리터러시, 지식정보처리역량의 연구 추이를 보면 Fig. 1과 같다. 전체적으로 이와 관련된 논문은 2016년을 기점으로 급격히 증가하고 있다. 특히 2020년에서 2021년 코로나 19를 겪으면서 ICT 기술을 포함하는 리터러시들의 필요성이 급격히 대두됨에 증가한 것으로 보인다. 2023년 9월까지의 논문을 대상으로 한 결과라는 점을 고려할 때 2023년에는 2022년과 유사한 숫자의 논문이 발표된 것으로 추정된다.

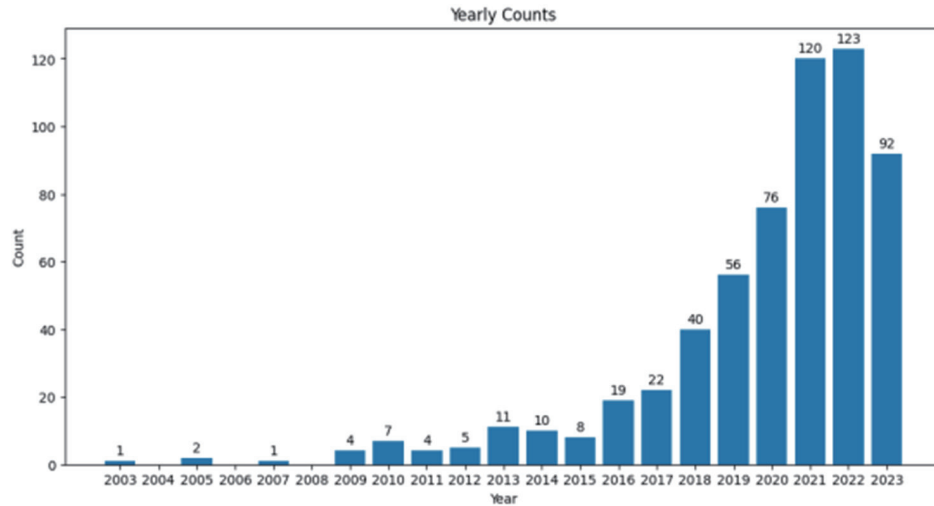


Fig. 1. Total number of published papers by year for the four literacies

각 연도별 4개의 주제로 발표된 논문의 수를 살펴보면 Fig. 2와 같다. AI 리터러시에 대한 연구는 2015년부터 조금씩 시작되었으며 2017년부터 본격적인 연구가 시작되어 급격하게 많은 연구가 이루어지고 있다. 데이터 리터러시와 디지털 리터러시는 비슷한 양상을 보이는데, 20여 년 전부터 적은 양이지만 꾸준히 연구되었으며 2017년을 넘어가면서 눈에 띄게 급격하게 증가하는 양상을 보인다. 특히 디지털 리터러시 연구는 데이터 리터러시 연구에 비해 절대적으로 많이 수행되고 있으며, 데이터 리터러시가 최근 들어 발표되는 논문의 양이 정체되어 있는데 반해, 디지털 리터러시 연구는 꾸준히 증가하고 있다. 지식정보처리역량 연구는 다른 AI 리터러시나 디지털 리터러시, 데이터 리터러시 연구보다 적은 수의 논문이 발표되었으며, 교육과정에 포함되면서 증가하였으나 최근 들어 정체된 모습을 보인다.

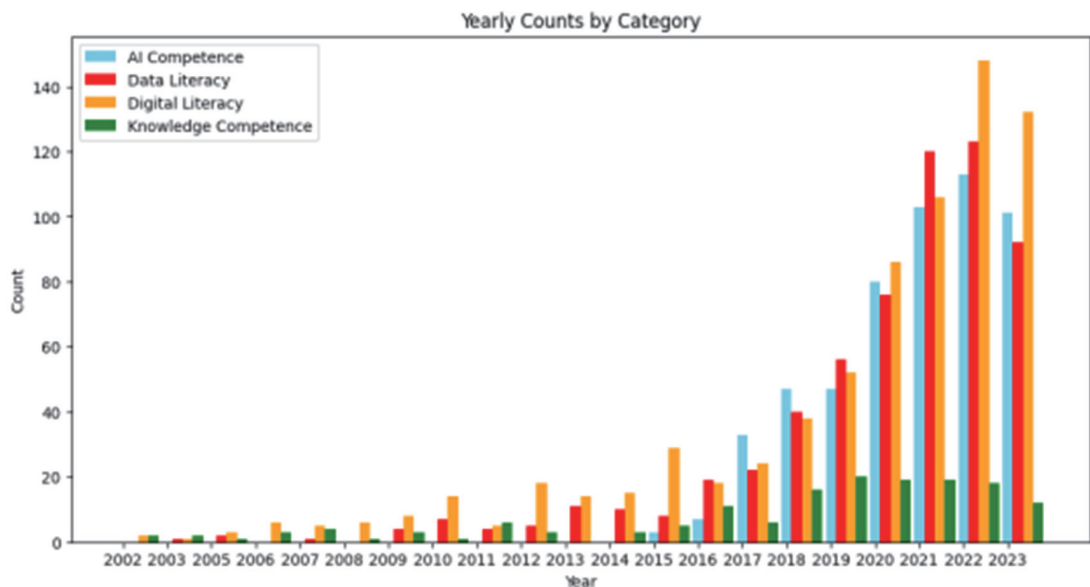


Fig. 2. Total number of published papers by year for each literacy

AI Literacy

2014년부터 2018년까지의 주제와 2019년부터 2023년까지의 주제를 살펴보면 AI 리터러시에 관련된 연구는 사회적 변화나 요구, 필요성에 대한 논의에서 점차 구체적이고 실질적인 주제로 변화하고 있다(Table 1). 2014년~2018년 가장 많이 연관된 주제는 ‘4차 산업혁명’이나 ‘인공지능’ 자체나 ‘IoT’와 관련된 연구들로 연관 단어가 의미하는 바가 추상적이고, 사회적인 변화의 흐름 자체를 언급하는 주제들과 연관되었다. 하지만 2019년 이후로 연구 주제의 변화를 살펴보면 인공지능 자체에 관한 연구뿐 아니라 ‘AI 교육, AI 리터러시, 소프트웨어 교육, 컴퓨터적 사고력, 융합교육, AI 융합교육’ 등 관련 주제 자체가 구체적이고 교육과 연관된 주제가 절반 이상을 차지하는 것을 확인할 수 있다. 또한 본 연구에서 살펴보는 다른 3개의 리터러시와는 직접적으로 연결되는 키워드를 찾을 수 없었다. 결과적으로 국내에서는 AI 교육을 통하여 AI 리터러시를 함양하는 것을 목표로 하는 경우가 많으며, 컴퓨터적 사고력 등과 연관되어 있고며 타 교과와의 융합을 통한 AI 리터러시 함양의 방안도 모색하고 있다고 추측할 수 있다.

Table 1. Research keyword for AI literacy

2003-2008	2009-2013	2014-2018	2019-2023
-	-	4th industrial revolution: 26 artificial intelligence: 9 internet of things: 4 intelligent information society: 2 copyright: 2 intellectual property rights: 2 responsibility: 2 robot ethics: 2 core competence: 2 creativity: 2 computational thinking: 2 software education: 2	artificial intelligence(AI): 55 AI education: 50 software education: 30 AI literacy: 26 computational thinking: 23 machine learning: 20 4th industrial revolution: 25 chatgpt: 13 convergence education: 10 AI convergence education: 9 digital transformation: 8

Data Literacy

데이터 리터러시는 크게 두 가지 흐름으로 나누어 변화를 확인할 수 있다(Table 2). 첫째 흐름은 초기 도서관 교육에서 이어져 오던 흐름으로 정보 리터러시, 미디어 리터러시, 뉴스 리터러시 등으로 파생되었다. 두 번째 흐름은 2014년 이후 빅데이터 시대 이후 컴퓨터, 디지털 교육으로 연결되고 최근에는 AI 리터러시, 컴퓨터적 사고력 등으로 주된 연구의 흐름이 확대됨을 확인할 수 있다. 또한 파생적으로 데이터 리터러시를 기반으로 하는 건강 리터러시에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 세부적으로 살펴보면 data literacy는 초기 정보 리터러시와 연관되어 연구들이 일부 이루어졌으며, 인터넷 교육, 컴퓨터 교육, 도서관 교육 등 정보 리터러시에서 나온 여러 분야들과 연관되어 연구되었음을 확인할 수 있다. 그리고 2009-2013년에는 미디어 교육, 신문 교육 등과 연계되어 글쓰기, 국어 교육 등과 연관되어 진행되었다가 2014년 4차 산업혁명과 인터넷 등이 부각되면서 데이터 리터러시에 대한 재정의 등의 연구와 더불어 정보 리터러시와 관련된 연구가 수행되었다. 이때, ICT 리터러시와 디지털 리터러시 연구가 함께 수행된 점으로 미루어 보아 정보 리터러시의 의미가 확대되어 연구되었거나 학생들의 도구적 기능에 많은 초점이 맞추어졌음을 추측할 수 있다. 2018년 들어와서는 코로나19의 영향으로 데이터 리터러시 자체에 대한 연구와 더불어 디지털 리터러시와의 연계가

강화되었으며, AI 리터러시와의 연계 연구가 다수 등장하였다. 데이터 리터러시와 관련된 학습 목표 역시 비판적 사고에서 확대되어 컴퓨터적 사고력이 추가 되는 변화를 확인할 수 있었으며, data literacy education이라는 키워드가 일부만 포함되어 있는 것으로 보아 데이터 리터러시 자체에 대한 교육은 활발하게 이루어지지 않음을 추측할 수 있다.

Table 2. Research keyword for data literacy

2003-2008	2009-2013	2014-2018	2019-2023
image literacy: 1	media literacy education: 2	literacy: 8	literacy: 36
image literacy class model: 1	media literacy construct: 1	information literacy: 5	covid-19: 17
information literacy: 1	measurement of media literacy: 1	ict literacy: 5	AI literacy: 14
information literacy attitudes: 1	news literacy: 1	koreanlanguage education: 3	computational thinking: 12
computer literacy: 1	news education: 1	writing: 3	digital literacy: 12
internet education: 1	use literacy: 1	health literacy: 3	news literacy: 12
related education: 1	production literacy: 1	e-health literacy: 2	media literacy education: 8
library instruction: 1	home economics: 2	digital literacy education: 2	health literacy: 12
literature review: 1	family life culture: 2	digital literacy: 2	e-health literacy: 8
performance: 1	academic writing: 2	attitudes toward computer: 2	topic modeling: 9
questionnaire: 1	aged consumer: 1	anxiety toward computer: 2	youtube: 9
undergraduate students: 1	news contents: 1	critical thinking: 2	critical thinking: 7
learning attitude: 1	age: 1	latent class analysis: 2	artificial intelligence: 7
gender: 1	pre-service elementary teacher: 1	college writing: 2	education: 7
information resources: 1	elementary koreanlanguage teacher: 1	young children: 2	

Digital Literacy

디지털 리터러시는 본 연구에서 주목하는 4가지 리터러시 중 리터러시 자체에 대한 연구가 가장 활발하게 수행되고 있으며 매우 다양한 분야와 연관되어 연구되고 있음을 확인할 수 있다(Table 3). 디지털 리터러시는 데이터 리터러시와 유사한 변화의 방향성을 확인할 수 있다. 과거에는 정보 리터러시와 연관되어 많은 연구가 이루어졌으며, 현재까지 미디어 리터러시, 뉴스 리터러시, 글쓰기 교육 연구까지 꾸준하게 이루어짐을 확인할 수 있다. 또한 2018년 이후 코로나19와 관련하여 연구가 급격히 증가하였는데, 디지털 리터러시가 기존에도 e-learning이나 smart education과 연관되어 있었기 때문에, 다른 리터러시에 비해 코로나19의 영향으로 더욱 많이 연구되었음을 추측할 수 있다.

다른 리터러시와의 차이점을 살펴보면 다른 리터러시에서 확인하기 어려운 ‘audience welfare’, ‘youtube’, ‘digital citizenship’ 등의 키워드가 포함되어 있으며, 이는 디지털 리터러시가 평생 교육 관점이나 실제적인 리터러시로서 작동하고 있다는 추측을 가능하게 한다. 또한 AI 리터러시와 유사하게 리터러시 교육 자체에 대한 연구들이 현재는 활발히 일어나고 있고, AI 리터러시와의 차이점은 타 교과와의 융합교육이 활발한 AI 리터러시 교육과는 달리 디지털 리터러시 교육은 융합교육보다 디지털 리터러시 교육 자체에 대한 연구가 가장 활발히 일어나고 있다는 점이다.

Table 3. Research keyword for digital Literacy

2003-2008	2009-2013	2014-2018	2019-2023
visual literacy: 3	information literacy: 6	information literacy: 9	digital literacy: 70
public sphere: 3	literacy: 6	media education: 8	covid-19: 31
culture technology: 3	media literacy education: 3	digital literacy: 7	digital literacy education: 24
digital literacy: 2	media education: 3	literacy: 7	media literacy education: 16
audience welfare: 2	ict literacy: 3	media literacy: 5	digital transformation: 15
audience welfare policy: 2	digital textbooks: 4	writing: 5	digital citizenship: 15
analysis of planning factors: 2	news education: 2	convergence education: 5	critical thinking: 14
photography: 1	news literacy: 2	reading education: 4	media education: 14
checklist: 1	information education: 2	media literacy education: 4	media literacy: 12
college students: 1	design education: 2	computational thinking: 4	AI literacy: 11
conventid: 1	intermediality: 2	learning: 4	youtube: 11
corqxtter literacy: 1	intertextuality: 2	e-learning: 3	education: 10
high: 1	transliteracy: 2	digital literacy education: 3	artificial intelligence: 10
idenfdy: 1		digital: 3	information literacy: 9
indices: 1		smart education: 3	

Knowledge-information processing competency

지식정보처리역량의 변화를 살펴보면 과거에는 교육보다는 사무적인 기술에 초점을 맞춘 연구가 주를 이루었으나 2015 개정 교육과정에 용어가 명확히 적시됨으로 이와 관련된 교육 연구들이 다수 진행되었음을 확인할 수 있었다(Table 4). 과거에는 정보 처리 기술, 정보 처리 등의 용어로 활용되었으며 정보처리학 관련된 연구들이 이루어졌으나, 교육과정에 포함되면서 이를 교육하기 위한 방안에 대한 연구들이 등장하였다. 2014년 이후 핵심 리터러시로서 지식정보처리역량의 정의와 요소에 대한 연구가 활발히 이루어졌으며 현장 교사의 인식이나 세계시민교육과 같은 학교에서의 구현 방안에 대한 연구들이 수행되었다. 지식정보처리역량이라는 용어는 한국의 교육과정에 등장한 용어이므로 다른 리터러시에 비해 연구가 활발히 일어나지 않고 있음을 추측할 수 있다.

Table 4. Research keyword for knowledge-information processing competency

2003-2008	2009-2013	2014-2018	2019-2023
governance: 2	knowledge creation: 2	semantic network analysis: 3	core competency: 15
technology governance: 2	knowledge-based-society: 1	knowledge information processing	processing competency: 10
input speed: 2	key-competency: 1	competence: 3	elementary school: 5
competency development: 1	teachers perception.: 1	academic achievement: 2	knowledge information processing: 3
administrative assistant: 1	needs analysis: 1	key competency: 2	knowledge: 3
secretary: 1	emotion: 1	knowledge information processing	confirmatory factor analysis: 2
information processing skill: 1	emotional competence: 1	competency teacher's perception: 1	self-directed learning: 2
office information management: 1	administrative support: 1	competency education: 1	respiratory disease: 2
business model: 1	data processing tool: 1	individual citizenship: 1	social network service: 2
conformable process models: 1	formative indicators: 1	community citizenship: 1	koreanlanguage education: 2
management: 1	knowledge management: 1	global citizenship: 1	
process data: 1	management: 1	non-cognitive factors: 1	
schedule management method: 1	online survey: 1	information collection: 1	
value chain: 1	pls path model: 1	information application: 1	
business process: 1	pmo: 1	personal information: 1	
		personal information protection act: 1	

AI literacy

Fig. 3은 인공지능 역량과 관련된 키워드들의 공동 출현을 바탕으로 생성된 것으로, 여러 클러스터가 각기 다른 주제나 카테고리과 관련된 키워드들로 구성되어 있다. 이전에 언급된 클러스터들은 여전히 구별 가능하며, 각 클러스터는 특정 주제를 중심으로 모여 있다. 예를 들어, Cluster 1은 AI와 소프트웨어 교육을 중심으로 한 키워드들로 구성되었으며, 그래프에서도 이러한 키워드들이 하나의 그룹으로 모여 있는 것이 확인된다. 그래프의 중심에 위치한 키워드는 ‘artificial intelligence’, ‘education’, ‘convergence’, ‘artificial intelligence education’ 등이다. 이러한 노드들은 네트워크 내에서 높은 중심성을 가지며, 여러 다른 주제와 강하게 연결되어 있어 이 네트워크에서 중요한 허브 역할을 하고 있음을 시사한다. 특히 ‘artificial intelligence’와 ‘education’은 여러 다른 클러스터와의 연결성이 높아, 다양한 연구 주제에서 인공지능과 교육의 관계가 어떻게 다뤄지고 있는지를 보여준다. ‘artificial intelligence’와 ‘education’ 간의 연결은 엣지가 굵게 표현되어 있어 이들 키



Fig. 3. Clustering using community algorithm for AI literacy

워드 간의 강한 연관성을 나타낸다. 이는 인공지능과 교육이 자주 함께 논의되고 있음을 나타내며, 이들 간의 연구가 활발하게 이루어지고 있음을 보여준다. 또한, ‘convergence’와 ‘artificial intelligence’, ‘research trends’와 같은 노드들 사이에도 굵은 엣지가 있어, 이들 키워드가 밀접하게 연관된 연구 주제임을 시사한다. 클러스터들이 그래프에서 군집 형태를 이루고 있으며, 각 군집은 특정 주제와 관련이 있다. 예를 들어, Cluster 7은 ‘4th industrial revolution’, ‘digital transformation’, ‘internet of things’ 등 4차 산업혁명과 관련된 키워드들이 포함되어 있으며, 이들 키워드가 다른 주제와 어떻게 연결되는지를 확인할 수 있다. Cluster 4는 ‘teacher training’, ‘elementary education’, ‘creativity’ 등의 키워드를 포함하고 있어 초등교육과 창의성 교육에 집중된 연구들을 나타내고 있다. 그래프의 외곽에 위치한 키워드들은 네트워크 내에서 상대적으로 독립적인 주제나 덜 연결된 주제를 나타낸다. 예를 들어, ‘virtual reality’, ‘teacher training’, ‘creative education’ 등의 키워드는 네트워크의 중앙에서 다소 떨어져 있어, 이들 주제가 다른 주요 주제들과는 약간 독립적인 연구를 반영하고 있음을 시사한다. 이 네트워크 그래프는 인공지능 교육과 관련된 논문들에서 다루어진 다양한 주제와 이들 간의 관계를 시각적으로 잘 보여준다. 주요 주제들은 클러스터를 형성하며, 중심에 위치한 키워드들은 네트워크 내에서 중요한 역할을 하고 있다.

Table 5. Clustering code and keyword for AI literacy

Cluster	Code	Keywords
1	AI and Software Education	'ai education', 'software education', 'sw education', 'computer education', 'ai literacy', 'ai ethics education', 'computational thinking', 'liberal art education', 'physical computing', 'unplugged activity', 'ai convergence education', 'machine learning', 'ai ethics', 'chatbot', 'informatics education', 'elementary school student', 'design thinking', 'virtual reality', 'blended learning'] Cluster 1: ['artificial intelligence', 'artificial intelligence ethics', 'artificial intelligence technology', 'artificial intelligence education', 'ai', 'china', 'computational thinking skills']
2	Artificial Intelligence itself, and its ethical and technical aspects	'artificial intelligence', 'artificial intelligence ethics', 'artificial intelligence technology', 'artificial intelligence education', 'ai', 'china', 'computational thinking skills'
3	Various educational targets (elementary school, high school, university students) and teacher education	'high school students', 'coding education', 'early childhood teacher', 'teacher education', 'empathy', 'classification', 'convergence', 'interviews', 'digital education', 'college students', 'music education'
4	Elementary education, creativity, and digital literacy	'teacher training', 'elementary education', 'chatgpt', 'art education', 'creativity', 'digital literacy', 'writing', 'creative thinking', 'digital literacy education', 'creative education', 'text mining'
5	Utilization of AI in education and changes related to education	'ai in education', 'pre-service teacher', 'convergence education', 'pre-service teachers', 'christian education', 'software', 'new normal'
6	Basic education, educational programs, and trends in educational research	'competency', 'information education', 'educational program', 'education', 'topic modeling', 'research trends', 'literacy', 'elementary school students', 'ministry of education'
7	The Fourth Industrial Revolution and the resulting changes in education	'the 4th industrial revolution', 'intelligent information society', '4th industrial revolution', 'liberal arts education', 'the fourth industrial revolution', 'digital transformation', 'research trend', 'network analysis', 'blockchain', 'secretary', 'personal information', 'internet of things', 'university education', 'core competence', 'covid-19'

Data literacy

data literacy 관련 연구 키워드에 대한 커뮤니티 탐지를 통한 분류 결과, Fig 4와 같이 7개의 군집으로 구분됨을 확인하였다.

구를 나타낸다. 또한, ‘covid-19’와 ‘health promotion’ 키워드는 팬데믹 상황에서의 건강 정보 및 교육의 중요성을 반영하며, ‘technology acceptance model’은 새로운 기술을 수용하는 태도와 관련된 연구를 포함한다. 세 번째 클러스터는 디지털 리터러시와 인공지능 교육에 관한 연구를 포함하고 있다. ‘artificial intelligence’, ‘digital literacy’, ‘artificial intelligence education’와 같은 키워드는 디지털 기술과 인공지능을 이해하고 활용하는 능력을 교육하는 연구와 관련이 있다. ‘academic achievement’와 ‘creativity’는 이러한 교육이 학업 성취와 창의성에 미치는 영향을 다루는 연구를 나타낸다. 네 번째 클러스터는 미디어 리터러시와 정보의 신뢰성에 초점을 맞추고 있다. ‘media literacy’, ‘news literacy’, ‘disinformation’과 같은 키워드는 미디어의 신뢰성과 정보 왜곡에 대한 비판적 이해를 중심으로 한 연구를 반영한다. ‘youtube’, ‘platform’ 등의 키워드는 디지털 미디어 환경에서의 미디어 교육과 플랫폼의 역할을 강조한다. 다섯 번째 클러스터는 인공지능 리터러시와 소프트웨어 교육을 다루고 있다. ‘ai literacy’, ‘computational thinking’, ‘software education’ 등의 키워드는 AI와 소프트웨어에 대한 이해와 이를 활용하는 능력을 교육하는 연구를 중심으로 하고 있다. 이는 디지털 시대에서 필수적인 기술 교육을 강조하는 연구와 연관이 있다. 여섯 번째 클러스터는 데이터 분석과 비대면 교육에 관한 연구를 포함하고 있다. ‘network analysis’, ‘social network analysis’, ‘text mining’과 같은 키워드는 데이터 분석 기법을 활용한 연구를 나타낸다. ‘non-face-to-face’, ‘distance learning’ 등의 키워드는 COVID-19 이후 비대면 교육의 증가와 관련된 연구를 반영한다. 마지막으로, 일곱 번째 클러스터는 정보 교육과 기초 교육 능력에 관한 키워드로 구성되어 있다. ‘information education’과 ‘competency’는 정보 활용 능력과 기초 교육 능력을 강조하는 연구와 연관이 있다. ‘children’ 키워드는 이러한 교육의 주요 대상이 어린이임을 나타낸다.

Table 6. Clustering code and keyword for data literacy

Cluster	Code	Keywords
1	Basic Literacy and Liberal Education	'literacy education', 'liberal arts education', 'citizenship', 'literacy', 'convergence education', 'core competency', 'critical thinking skills', 'writing', 'primary english', 'smart media', 'children's literature'
2	Information Literacy and Health-related Education	'information literacy', 'education', 'covid-19', 'elementary education', 'e-health literacy', 'health behavior', 'health promotion', 'university students', 'health information', 'health literacy', 'technology acceptance model'
3	Digital Literacy and AI Education	'liberal education', 'artificial intelligence', 'elementary school students', 'artificial intelligence education', 'creativity', 'digital literacy', 'latent profile analysis', 'academic achievement', 'digital transformation'
4	Media Literacy and Information Reliability	'critical thinking', 'media literacy education', 'media education', 'communication', 'platform', 'latent class analysis', 'news literacy', 'youtube', 'media literacy', 'disinformation'
5	AI Literacy and Software Education	'ai literacy', 'sw education', 'computational thinking', 'ai education', 'software education', 'digital literacy education'
6	Data Analysis and Remote Education	'network analysis', 'non-face-to-face', 'topic modeling', 'social network analysis', 'text mining', 'ict literacy', 'research trends', 'distance learning'
7	Information Education and Fundamental Educational Competencies	'information education', 'competency', 'children', 'correlation coefficient'

Digital Literacy

digital literacy 관련 연구 키워드의 분석 결과는 Fig. 5와 같으며 총 8개의 군집으로 표현된다. Fig 5에 따르면, 각 클러스터는 특정 연구 분야나 교육 주제를 중심으로 구성되어 있다. 예를 들어, 디지털 리터러시와 교육에 대한 연구는 독립적인 클러스터로 나타나며, 이는 디지털 기술의 발달과 함께 변화하는 교육 패러다임을 반영하고 있다. ‘digital literacy’와 ‘digital transformation’ 같은 키워드는 디지털 시대의 교육 변화와 관련된 중심

개념으로서 여러 다른 주제와 강하게 연결되어 있어, 네트워크에서 중요한 허브 역할을 하고 있음을 시사한다. ‘ai literacy’와 ‘artificial intelligence education’ 같은 키워드는 인공지능 기술의 발전과 그 교육적 적용을 나타내며, 이들이 네트워크 내에서 중요한 연결고리 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 또한, 그래프의 외곽에 위치한 키워드들은 네트워크 내에서 상대적으로 독립적인 주제나 덜 연결된 주제를 나타낸다. 이는 이들 키워드가 다른 주요 주제들과는 약간 독립적인 연구를 반영하고 있음을 시사한다. 전체적으로, 이 그래프는 디지털 리터러시와 관련된 연구 분야가 얼마나 다양하게 분포되어 있는지를 확인할 수 있게 하며, 연구자들이 이러한 주제들을 더욱 깊이 있게 탐구할 수 있도록 돕는다.

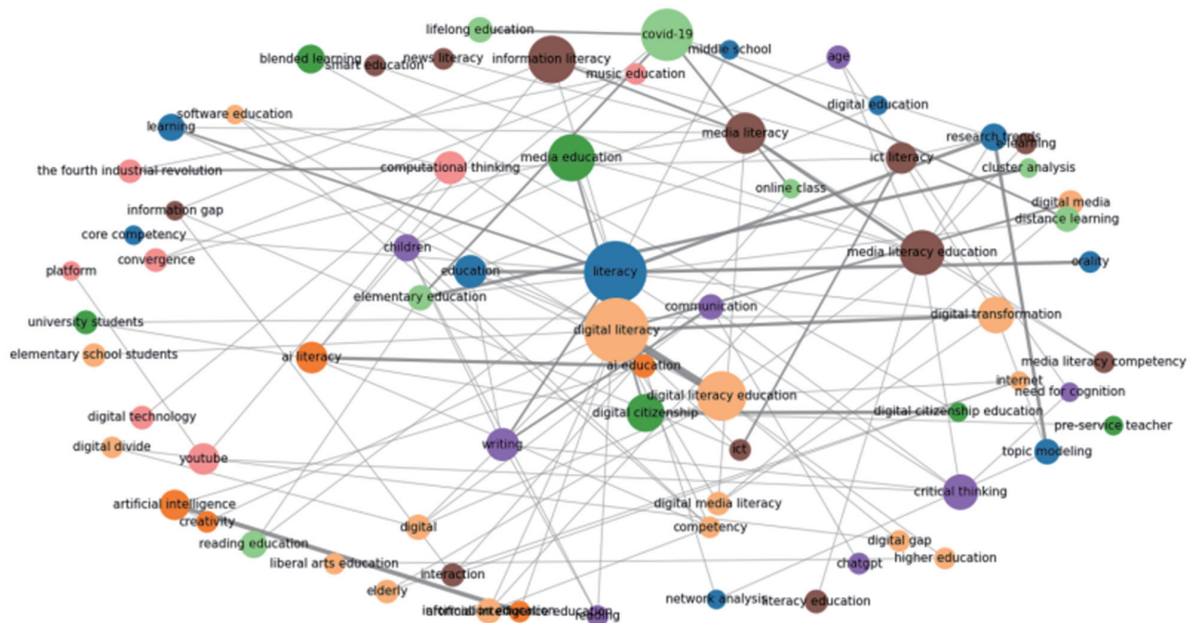


Fig. 5. Clustering using community algorithm for digital literacy

첫 번째 클러스터는 ‘literacy’, ‘network analysis’, ‘education’, ‘learning’ 등 기본 리터러시와 교육에 관련된 키워드들로 구성되어 있다. 이 클러스터는 디지털 시대의 교육과 학습에 필수적인 리터러시를 강조하며, ‘digital education’, ‘core competency’와 같은 키워드는 디지털 환경에서의 교육의 중요성을 반영한다. 두 번째 클러스터는 ‘covid-19’, ‘elementary education’, ‘online class’, ‘distance learning’과 같은 키워드로 구성되어 있으며, 팬데믹 상황에서의 교육 변화와 이에 따른 비대면 학습의 확산을 나타낸다. ‘lifelong education’과 같은 키워드는 평생에 걸친 학습의 중요성을 강조한다. 세 번째 클러스터는 ‘digital literacy’, ‘digital literacy education’, ‘digital transformation’과 같은 키워드들이 포함되어 있어 디지털 리터러시와 교육을 중심으로 하고 있다. ‘digital divide’, ‘internet’, ‘elderly’ 등의 키워드는 디지털 기술의 접근성 문제와 이를 해결하기 위한 교육적 노력을 나타낸다. 네 번째 클러스터는 ‘university students’, ‘media education’, ‘pre-service teacher’와 같은 키워드들로 구성되어 있으며, 고등 교육과 교사 양성 프로그램에서의 디지털 시민의식 교육을 반영한다. 다섯 번째 클러스터는 ‘age’, ‘chatgpt’, ‘communication’, ‘writing’, ‘critical thinking’ 등의 키워드로 구성되어 있어 비판적 사고와 의사소통 능력의 중요성을 강조하며, 인공지능과의 상호작용을 포함한 다양한 디지털 환경에서의 사고력을 다

룬다. 여섯 번째 클러스터는 ‘e-learning’, ‘information literacy’, ‘ict literacy’와 같은 키워드를 포함하고 있으며, 정보 리터러시와 미디어 리터러시의 교육적 접근을 강조하고 있다. ‘smart education’, ‘media literacy competency’와 같은 키워드는 정보와 미디어에 대한 비판적 이해와 활용 능력을 교육하는 데 초점을 맞추고 있다. 일곱 번째 클러스터는 ‘platform’, ‘computational thinking’, ‘digital technology’와 같은 키워드를 포함하고 있어 디지털 기술과 그에 따른 사고력 및 창의력 교육을 강조한다. 마지막으로, 여덟 번째 클러스터는 ‘ai literacy’, ‘artificial intelligence education’, ‘creativity’와 같은 키워드들로 구성되어 있으며, 인공지능 리터러시와 창의적 사고를 중심으로 한 교육을 다룬다.

Table 7. Clustering code and keyword for digital literacy

Cluster	Code	Keywords
1	Basic Literacy and Educational Research	'literacy', 'network analysis', 'education', 'learning', 'middle school', 'core competency', 'digital education', 'research trends', 'topic modeling', 'orality'
2	Critical Thinking and Communication Skills	'age', 'chatgpt', 'communication', 'writing', 'critical thinking', 'reading', 'children', 'need for cognition'
3	Pandemic and Changes in Remote Education	'covid-19', 'elementary education', 'online class', 'distance learning', 'reading education', 'cluster analysis', 'lifelong education'
4	Digital Literacy and Accessibility Issues	'digital literacy', 'digital literacy education', 'higher education', 'digital', 'digital media', 'digital media literacy', 'digital transformation', 'elementary school students', 'liberal arts education', 'digital divide', 'software education', 'digital gap', 'internet', 'elderly', 'competency', 'information education'
5	Higher Education and Digital Citizenship Education	'university students', 'media education', 'pre-service teacher', 'blended learning', 'digital citizenship', 'digital citizenship education'
6	Information and Media Literacy Education	'network analysis', 'non-face-to-face', 'topic modeling', 'social network analysis', 'text mining', 'ict literacy', 'research trends', 'distance learning'
7	Digital Technology and Creativity Education	'platform', 'computational thinking', 'digital technology', 'convergence', 'the fourth industrial revolution', 'youtube', 'music education'
8	AI Literacy and Creative Thinking Education	'ai literacy', 'ai education', 'artificial intelligence', 'artificial intelligence education', 'creativity'

Knowledge-information Processing Competency

지식정보처리역량의 경우, 다른 범주의 논문에 비해 숫자가 적어 최소 키워드 숫자를 3으로 다른 리터러시에 비해 낮추어 조정하고 커뮤니티 탐색 결과 도출된 클러스터는 7개로 나타났다(Fig. 6). 각 클러스터는 특정 연구 분야나 교육 주제를 중심으로 구성되어 있으며, 이는 지식정보처리역량이 다양한 분야에서 어떻게 적용되고 있는지를 반영한다. 예를 들어, ‘core competency’와 ‘creative thinking competence’는 현대 교육에서 중요시되는 역량들을 나타내며, 이러한 역량들이 다양한 교육 과정과 융합 교육에서 어떻게 강조되고 있는지를 시사한다. ‘knowledge and information processing competency’와 ‘confirmatory factor analysis’와 같은 키워드는 지식정보처리역량의 평가와 정책적 적용을 나타내며, 이는 교육 연구와 정책 수립에서 중요한 역할을 하고 있음을 보여준다. 또한, 그래프의 구조에서 일부 클러스터는 다른 클러스터와의 연결성이 낮아 독립적인 연구 분야를 나타내며, 이는 지식정보처리역량이 다양한 산업과 서비스 분야에서도 중요하게 다루어지고 있음을 시사한다.

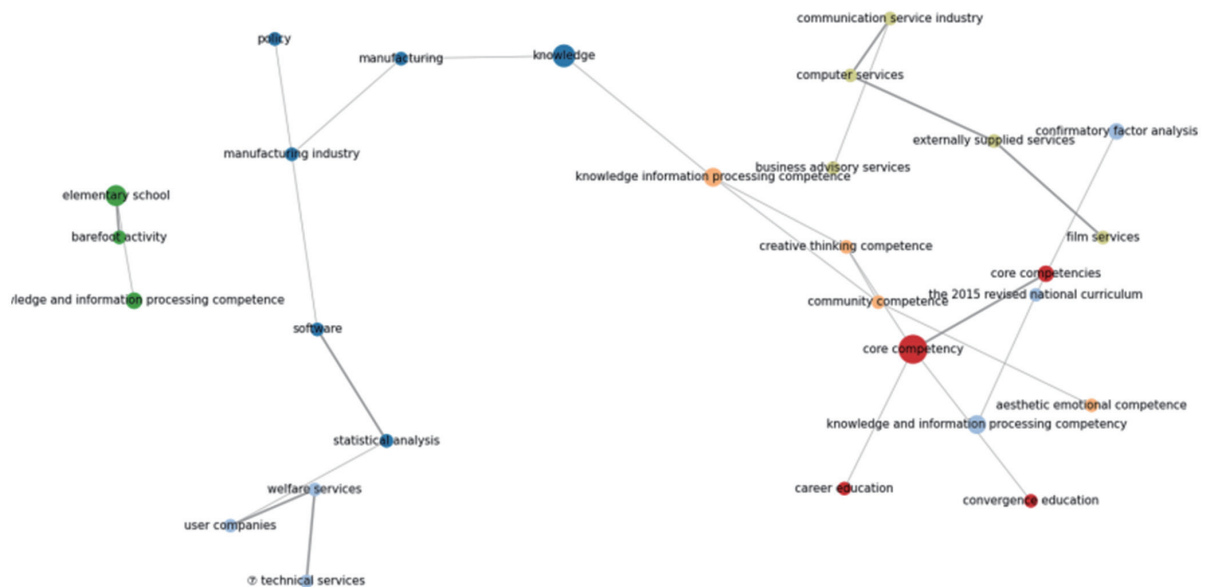


Fig. 6. Clustering using community algorithm for digital literacy

Table 8에서 나타나는 것과 같이 첫 번째 클러스터는 ‘knowledge and information processing competency’, ‘the 2015 revised national curriculum’, ‘confirmatory factor analysis’와 같은 키워드들로 구성되어 있다. 이 클러스터는 지식정보처리역량과 관련된 교육 정책 및 평가 방법에 중점을 두고 있다. 특히, ‘The 2015 revised national curriculum’ 키워드는 교육 과정 개정과 관련된 연구를 나타내며, ‘confirmatory factor analysis’는 이러한 역량을 평가하는 통계적 방법론을 반영한다. 두 번째 클러스터는 ‘knowledge information processing competence’, ‘aesthetic emotional competence’, ‘creative thinking competence’, ‘community competence’ 등의 키워드로 구성되어 있다. 이 클러스터는 창의적 사고와 정서적 역량에 관련된 키워드들로 구성되어 있으며, ‘creative thinking competence’와 ‘aesthetic emotional competence’는 창의성과 감성 교육의 중요성을 강조하고, ‘community competence’는 사회적 역량과 연계된 연구를 나타낸다. 세 번째 클러스터는 ‘knowledge and information processing competence’, ‘elementary school’, ‘barefoot activity’와 같은 키워드를 포함하고 있다. 이 클러스터는 초·중·고등학교 교육에서의 지식정보처리역량과 실천적 학습 활동을 다루며, ‘barefoot activity’와 ‘elementary school’은 초·중·고등학교 교육과정에서 지식정보처리역량을 키우기 위한 실제 활동을 나타내고, 이러한 활동이 학생들의 역량 발달에 어떻게 기여하는지를 탐구한다. 네 번째 클러스터는 ‘core competency’, ‘core competencies’, ‘career education’, ‘convergence education’ 등으로 구성되어 있다. 이 클러스터는 핵심 역량과 융합 교육에 초점을 맞추고 있으며, ‘core competency’와 ‘core competencies’는 현대 교육에서 중요시되는 기본 역량을 다루고, ‘career education’과 ‘convergence education’은 이러한 역량이 진로 교육과 융합 교육에서 어떻게 활용되는지를 나타낸다. 다섯 번째 클러스터는 ‘manufacturing’, ‘knowledge’, ‘manufacturing industry’, ‘software’, ‘statistical analysis’, ‘policy’와 같은 키워드들로 구성되어 있다. 이 클러스터는 제조 산업과 관련된 지식 관리와 정책에 중점을 두며, ‘manufacturing’과 ‘manufacturing industry’는 산업 내 지식의 역할을, ‘policy’와 ‘statistical analysis’는 지식 관

리에 대한 정책적 접근을 반영한다. 여섯 번째 클러스터는 ‘business advisory services’, ‘communication service industry’, ‘computer services’, ‘externally supplied services’, ‘film services’ 등의 키워드로 구성되어 있다. 이 클러스터는 비즈니스 서비스와 외부 지원에 관련된 키워드들로 구성되어 있으며, ‘business advisory services’와 ‘communication service industry’는 비즈니스 환경에서의 지식정보처리역량을 다루고, ‘externally supplied services’는 외부 자원 활용을 나타낸다. 마지막으로, 일곱 번째 클러스터는 ‘user companies’, ‘welfare services’, ‘technical services’와 같은 키워드를 포함하고 있다. 이 클러스터는 사용자와 서비스 산업에 관련된 키워드들로 구성되어 있으며, ‘user companies’는 사용자 중심의 서비스 제공을, ‘welfare services’와 ‘technical services’는 다양한 기술 및 복지 서비스를 나타낸다.

Table 8. Clustering code and keyword for knowledge-information processing competency

Cluster	Code	Keywords
1	Knowledge Information Processing Competency and Educational Policy Research	'knowledge and information processing competency', 'the 2015 revised national curriculum', 'confirmatory factor analysis'
2	Creative Thinking and Emotional Competency	'knowledge information processing competence', 'aesthetic emotional competence', 'creative thinking competence', 'community competence'
3	Elementary Education and Practical Activities	'knowledge and information processing competence', 'elementary school', 'barefoot activity'
4	Core Competencies and Interdisciplinary Education	'core competency', 'core competencies', 'career education', 'convergence education'
5	Users and the Service Industry	'user companies', 'welfare services', 'technical services'
6	Manufacturing Industry and Knowledge Management	'manufacturing', 'knowledge', 'manufacturing industry', 'software', 'statistical analysis', 'policy'
7	Business Services and External Support	'business advisory services', 'communication service industry', 'computer services', 'externally supplied services', 'film services'

Discussions

연구 결과를 바탕으로 네 가지 용어의 전체적인 연관성을 먼저 살펴보고, 그 후 각 용어를 중심으로 어떻게 변화하고 있는지 살펴보고자 한다. 네 가지 리터러시의 전체적인 연관성을 살펴보기 위해 연구 결과에서 제시된 각 용어와 관련된 키워드를 나열하고, 공통된 키워드를 찾아 밴 다이어그램의 교집합에 표시하였다. 이때 공통된 범주는 구분에서 같은 단어를 사용하거나 일부 단어가 다를지라도 단어를 나타내는 주요 키워드가 대체로 유사한 맥락에서 일치하는 경우 공통된 범주로 정리하였다. 또한 비슷한 용어가 사용되는 경우가 장 범용적으로 사용할 수 있는 용어를 대표로 선택하여 밴 다이어그램에 포함하였다. 예컨대 창의적 사고, 창의적 사고 교육, 창의력 교육 등 여러 용어로 나타나는 경우 가장 상위의 범주에 있는 ‘창의적 사고’ 용어를 선택하고, 나머지 용어인 창의적 사고 교육이나 창의력 교육은 이미 제시된 것으로 고려하였다. 이처럼 일차적으로 교집합 부분에 포함되는 키워드를 삽입한 후 밴 다이어그램의 나머지 부분에서 각 용어의 특성을 나타낼 수 있는 키워드를 채우는 방식을 사용하였다. 이때 하나의 용어에만 포함되는 키워드의 개수가 많으므로 이를 모두 밴 다이어그램에 포함하지 않고 주제별, 대상별로 나누어 유목화하여 제시하였다. 이와 같은 방식으로 완성된 그래프가 Fig. 7이며, 지식정보처리역량은 공통된 범주의 제목이나 키워드 이외의 지식정보처리역량만을 나타낼 수 있는 특징적인 범주나 키워드가 부재하여 그림에서 따로 표현되지 않았다. AI 리터러

시, 데이터 리터러시, 디지털 리터러시, 지식정보처리역량에서 지식정보처리역량은 다른 세 개의 리터러시와는 다른 결을 갖고 있어 그 외에는 공통되는 키워드들을 포함하지 않았다.

먼저 세 가지 리터러시와 지식정보처리역량에 모두 공통으로 언급되는 키워드는 창의적 사고와 융합교육, 초등교육으로, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, AI 리터러시, 지식정보처리역량 모두 창의적 사고를 추구하고 있으며 초등학생들에게 실시하는 기초 교육 차원에서 모두 이루어짐을 알 수 있고, 교육의 형태가 대부분 융합교육 형태로 진행됨을 추측할 수 있다. Ng et al. (2021)은 AI 리터러시 교육이 데이터 과학, 컴퓨팅 사고력, 다학문적 지식의 융합 등에 도움이 된다고 하였는데, 본 연구 결과에서 보면 이는 AI 리터러시뿐 아니라 디지털 리터러시, 데이터 리터러시 교육의 공통적 효과라고 확인할 수 있다. 네 가지 용어에서 공통적으로 제시된 융합교육, 초등교육, 창의적 사고를 제외하고 나면, 그 외에는 공통점이 없으므로 지식정보처리역량을 제외하고 나머지 세 개의 리터러시에 대해 살펴보면 다음과 같이 정리할 수 있다.

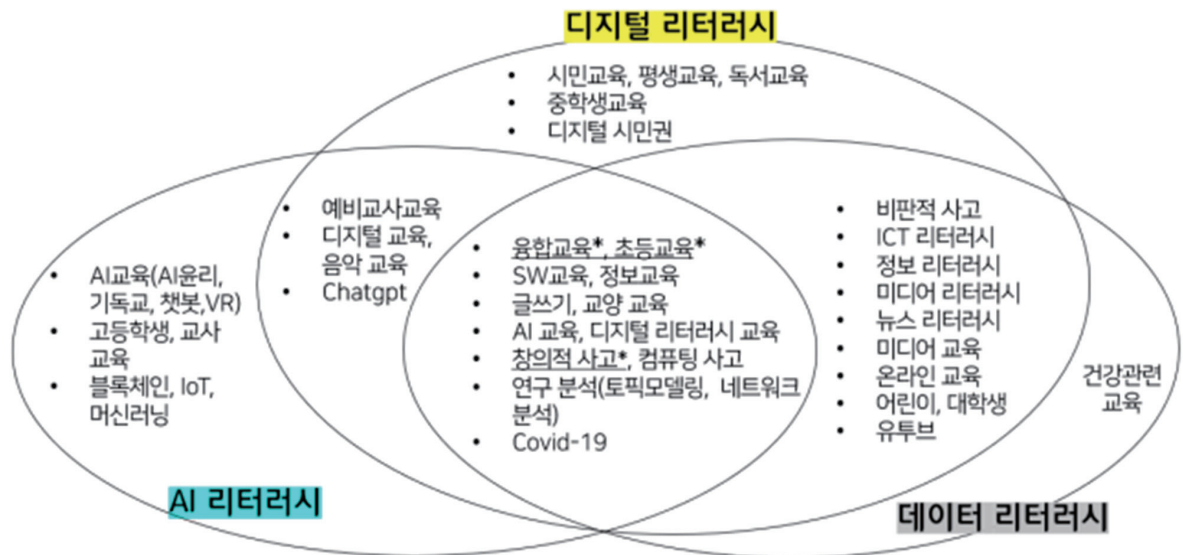


Fig. 7. The connection between AI literacy, digital literacy and data literacy

우선, 이 세 개의 리터러시는 동시에 우리 교육 전반에 많은 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다. 정보 교육이나 SW 교육 이외에도 글쓰기 교육이나 교양 교육 등 다양한 교육 분야와 연계되어 있다. 그러나 특이한 것은 AI 교육과 디지털 리터러시 교육은 이루어지지만, 데이터 리터러시 교육에 대한 관심은 적은 편으로 이는 Kim et al.(2021)의 연구에서도 확인할 수 있었다. 또한, 이 세 개의 리터러시와 관련된 사고력이 창의적 사고와 컴퓨팅 사고로만 한정되어 나타나므로 이러한 리터러시 교육의 방향성이 한 방향으로만 쏠려 있는 것은 아닌지 살펴볼 필요가 있다.

두 번째 디지털 리터러시가 가장 넓은 의미로 모든 연령층을 대상으로 교육이 이루어지고 있음을 확인할 수 있다. 어린이, 초등, 중학생, 대학생, 예비교사, 평생 교육 차원으로 이루어지고 있으며 다른 리터러시들과

가장 많은 공통 분모를 가지고 있음을 확인할 수 있다. 디지털 리터러시가 유일하게 평생 교육과 관련된 연구들이 많이 진행되었는데, 이는 디지털 리터러시가 사람들 간의 관계성을 증진하고 삶의 질을 향상하는데 관심을 가지는 것으로 변화하고 있다(Kim et al., 2021)는 주장의 또 다른 증거가 될 수 있다. 또한 디지털 리터러시 교육이 이루어지는 분야도 디지털 교육, 도구 교육, ICT 리터러시, 정보 리터러시, 미디어 리터러시 등 디지털 리터러시의 하위 요소에 골고루 분포하고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 디지털 요소 중 디지털 윤리와 관련된 부분은 관련된 연구가 거의 나타나지 않는 것으로 미루어보아 디지털 리터러시의 하위 요소가 균형적으로 현장에서 구현되고 있는지에 대한 검토가 필요해 보인다.

세 번째, 데이터 리터러시는 디지털 리터러시의 하위 요소로서 작동할 수 있는 가능성이 있다. 현재 리터러시 간의 관계를 살펴보면 데이터 리터러시는 디지털 리터러시에 가장 많이 편입되어 있으며, 데이터 리터러시에서만 나타나는 건강 관련 교육 역시 건강 리터러시나 건강 정보 등으로 미디어 리터러시와 같이 교집합에 포함될 가능성이 있다. 디지털 리터러시와 데이터 리터러시는 20여 년 전부터 미디어 리터러시와 관련하여 연구되고 있었으며, 이와 관련하여 글쓰기 교육, 읽기 교육 등의 교육 방법과 의사소통 능력이나 비판적 사고력과 연관되어 리터러시 연구가 이루어졌다. 디지털 리터러시와 미디어 리터러시와의 관계에 대한 연구는 다수 이루어졌는데(Roh & Ok, 2020), 한국에서는 디지털 리터러시와 데이터 리터러시의 교집합에 미디어 리터러시가 위치하는 것으로 보아 추후 데이터 리터러시와 미디어 리터러시와의 연구도 필요할 것으로 보인다. 결과적으로 현재는 데이터 리터러시는 디지털 리터러시와 과거부터 현재까지 다수의 공통 요소를 포함하고 있으며, Bhargava et al. (2015)의 연구에서처럼 디지털 리터러시와 데이터 리터러시의 상호 작용은 여전히 존재하고 있으나 현재는 그 상호 작용의 폭이 더욱 넓어졌음을 확인할 수 있었고 이 상호 작용이 더욱 확대되면 그 경계선이 불분명해질 수 있다는 가능성을 내포하고 있다.

네 번째, AI 리터러시는 디지털 리터러시나 데이터 리터러시와는 명확하게 구분되는 개념이 아니라, 추후 포함될 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 현재 AI 리터러시만의 카테고리를 살펴보면 앞서 지적했던 디지털 리터러시의 윤리 부분이 현재 부재하다는 문제 의식을 고려할 때 AI 윤리 문제는 추후 디지털 리터러시에 포함가능성이 높아 보인다. AI가 우리의 생활을 도와주는 ‘디지털 도구’라는 측면에서 AI 리터러시를 바라볼 때(Shneiderman, 2022), AI 윤리를 AI 리터러시의 일부로 국한하지 않고 좀 더 넓은 범위의 디지털 리터러시 수준에서 필수적으로 다룰 필요가 있다. 또한 기독교 교육과 같은 일부 교육 역시 학문의 분야로서 AI 교육의 예가 될 수는 있으나 AI 교육의 특징이 될 수 없으며 연구 대상의 특이성 역시 시간이 지나 다양한 연구 결과가 제시되면 디지털 리터러시에 편입될 가능성이 매우 높다. 챗봇, VR 관련된 연구 역시 현재 그림 7에서 Chatgpt가 디지털 리터러와 연관되어 제시된 것을 근거로 추측할 때 도구로서 작동한다면 AI 관련 도구들 역시 디지털 리터러시와 연계될 수 있다. Jordan (2019)은 인공지능 리터러시의 3가지 요소로 지식 이해, 활용, 비판적 평가 등으로 나누었는데, 이 세 가지 측면은 디지털 리터러시와 연관된 AI 리터러시 연구 분야와 동일하다. 결과적으로 블록체인이나 IoT, 머신러닝과 같은 기술적인 부분을 제외하고 나머지 교육과 관련된 부분은 모두 디지털 리터러시에 포함될 수 있는 가능성을 지니고 있으며, 이는 AI 리터러시를 분리하여 교육하는 것이 유의미한가의 문제로 연결된다. 현재 정책적으로 주목받고 있는 AI 리터러시 교육에서 AI 교육의 방향성과 최종 목표가 무엇인지 확인하고, AI 리터러시만의 특별한 정책 추진에 있어 실제 실효성이 있는지에 대한 논의가 필요해 보인다.

다섯째, 지식정보처리역량은 기존 세 가지 리터러시 교육과는 거의 이어지지 않는 형태로 연구가 이루어

지고 있는데, 실제 지식정보처리역량의 정의를 살펴보면 디지털 리터러시나 데이터 리터러시와의 공통 요소를 포함하는 경우가 많다(Son & Jeong, 2020). 그런데도 디지털 리터러시나 데이터 리터러시, AI 리터러시와 다양한 연구가 통합적으로 이루어지지 않는 까닭은 지식정보처리역량이라는 용어가 교육과정에서 기인한 것이기 때문일 수 있다. 교육과정에 국한되어 연구가 이루어지므로 다양하게 확산하지 못하였고, 이는 추후 세계적인 교육의 패러다임 변화에 빠르게 적응하지 못할 수 있으므로 세계적인 교육 패러다임에 용어의 혼동 없이 적응하기 위해서는 교육과정 리터러시의 용어 변경을 고려할 수 있을 것이다.

Conclusions

4차 산업혁명이 도래하면서 전세계적으로 새로운 교육의 패러다임으로 등장한 것이 AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시 교육이며, 우리나라에서는 이와 유사한 목적으로 2015 개정 교육과정부터 지식정보처리역량을 강조하였다. 본 연구에서는 인공지능 및 디지털 기술과 관련된 4개의 주요 개념 용어를 중심으로 관련 논문을 검색하여 추출하고 그 관계를 분석하고자 하였다. 이에 RISS 데이터베이스에서 ‘데이터 리터러시’, ‘인공지능 리터러시’, ‘디지털 리터러시’, ‘지식정보처리역량’이라는 검색어를 사용하여 2023년 9월 까지 출판된 약 20년간의 논문을 수집하여(KERIS, 2023) 계량서지분석을 실시하였다. 수집된 데이터를 이용하여 각 용어의 연구 동향과 특징을 파악하고, 용어 간의 상관관계와 중복도를 분석하였다. 각 용어의 집합 포함 관계를 시맨틱 네트워크 분석 방법론을 적용하여 서로 각 용어에 중복되어 포함되는 논문의 숫자를 통해 용어 간의 관계를 파악하였다. 이러한 분석을 통해 본 연구는 AI 리터러시, 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, 지식정보처리역량의 연구 동향과 특징을 종합적으로 분석하고, 이를 바탕으로 리터러시 교육의 시사점을 제공하고자 한다.

분석 결과 디지털 리터러시, 데이터 리터러시, AI 리터러시, 지식정보처리역량 모두 창의적 사고를 추구하고 있으며 초등학생들에게 실시하는 기초 교육 차원에서 모두 이루어짐을 알 수 있고, 교육의 형태가 대부분 융합교육 형태로 진행됨을 추측할 수 있다. 또한 지식정보처리역량을 제외한 나머지 세 개의 리터러시는 정보 교육이나 SW 교육 이외에도 글쓰기 교육이나 교양 교육 등 우리 교육 전반에 많은 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다. 둘째, 디지털 리터러시가 가장 넓은 의미로 모든 연령층을 대상으로 교육이 이루어지고 있음을 확인할 수 있다. 어린이, 초등, 중학생, 대학생, 예비교사, 평생 교육 차원으로 이루어지고 있으며 다른 리터러시들과 가장 많은 공통 분모를 가지고 있음을 확인할 수 있다. 셋째, 데이터 리터러시는 디지털 리터러시의 하위 요소로서 작동할 수 있는 가능성이 있다. 넷째, AI 리터러시는 디지털 리터러시나 데이터 리터러시와는 명확하게 구분되는 개념이 아니라, 추후 포함될 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 마지막으로, 지식정보처리역량은 기존 세 가지 리터러시 교육과는 거의 이어지지 않는 형태로 연구가 이루어지고 있다. 본 연구 결과를 토대로 리터러시 교육에 대한 다음과 같은 제언을 할 수 있다. 현재 분리되어 있는 디지털 리터러시, 데이터 리터러시 AI 리터러시 교육의 목표를 통합할 필요가 있다. AI 리터러시 교육을 디지털 리터러시 교육 관점에서 더욱 넓게 적용할 필요가 있으며 특히 교육자들에게 많은 교육이 이루어져야 할 필요가 있다. JISC(2014)는 디지털 리터러시의 7가지 요소로 미디어 리터러시, 정보 리터러시, 디지털 학문, 학습 기술, ICT 리터러시, 경력과 신원관리, 소통과 협업을 제시하였는데, 본 연구의 결과 이러한 하위 요소들이 독자적인 디지털 리터러시의 요소라기보다 데이터 리터러시와 공유되고 있다고 생각할 수 있다. 이외에도 많은 학

자들은 디지털 리터러시를 컴퓨터 리터러시, 소프트웨어나 하드웨어를 조절할 수 있는 능력으로 보고 있는데, 이는 20세기에 ICT의 확대에 따라 정의된 것이라고 언급하였다. 즉, 데이터 리터러시와의 결합 요소들은 2017년까지 디지털 리터러시의 의미를 정의하는 축이었으나(Martínez-Bravo, 2020), AI가 사회의 변화를 이끌면서 기존 디지털 리터러시의 하위 요소에 더하여 생성형 AI를 이용할 수 있는 능력, 융합 교육 차원에서의 리터러시 교육 등이 추가되었다. 즉 세 가지 리터러시의 구체적인 학문적 정의는 다르더라도, 이것이 학교 현장에서 구현될 때는 교육의 목표를 분리하지 않고 통합하여 살펴봄으로써 포괄적인 교육의 목표를 세우고 일관된 교육의 방향성을 제안할 필요가 있다. 더불어 지식정보처리역량은 실제 구인과는 달리 다른 세 가지 리터러시와는 공통으로 연구되는 부분이 거의 없어 가장 협소한 연구 범위를 갖고 있었다. 이는 교육과정에 포함된 용어라는 한계 때문에 나타나는 현상으로 추후 세계적인 교육의 패러다임에 부합하기 위해 공통된 용어를 사용하기를 제안하는 바이다.

본 연구는 우리나라에서 이루어진 연구들을 대상으로 분석을 시도하였으므로 전세계적인 리터러시가 의미와는 다르게 나타날 수 있으며, 리터러시의 하위 요소가 모두 연구의 대상이 되는 것은 아니므로 리터러시의 일부분만 다룰 수 있다는 제한점이 있으므로 해석할 때 주의가 필요하다. 그런데도 최근 들어 가장 강조되는 네 가지 리터러시 교육의 흐름을 이해하고, 어떤 부분에서 중첩이 일어나고 각각이 리터러시 교육이 일어나는지를 분석함으로써 앞으로 리터러시 교육의 방향성을 생각해 볼 기회를 제공했다는 데 의의가 있다.

Conflicts of Interest

The author(s) declared no conflicts of interest.

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00335268).

References

- American Library Association. (2013). Digital Literacy, Libraries, and Public Policy. American Library Association. Retrieved from <https://www.ala.org/advocacy/sites/ala.org.advocacy/files/content/pp/digitalliteracy/dll-public-policy-brief.pdf>
- Bhargava, R., Deahl, E., Letouzé, E., Noonan, A., Sangokoya, D., & Shoup, N. (2015). Beyond Data Literacy. Data-Pop Alliance White Paper Series (Harvard Humanitarian Initiative, MIT Lad and Overseas Development Institute) and Internews.
- Blondel, V. D., Guillaume, J. L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008, P10008. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2018). *Analyzing Social Networks* (2nd ed.). Sage Publications.

- Danowski, J. A. (1993). Network analysis of message content. In W. D. Richards & G. A. Barnett (Eds.), *Progress in Communication Sciences: Advances in Communication Network Analysis* (Vol. 12, pp. 197-221). Ablex Publishing Corporation.
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)* (pp. 4171-4186). <https://www.aclweb.org/anthology/N19-1423>
- Ei, C. H., & Soon, C. (2021). Towards a Unified Framework for Digital Literacy in Singapore. *IPS Working Paper*, 39.
- Erstad, O., Kjällander, S., & Järvelä, S. (2021). Facing the challenges of 'digital competence': A Nordic agenda for curriculum development for the 21st century. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 16, 77-87.
- Gilster, P. (1997). *Digital Literacy*. Wiley Computer Publishing.
- Glasscook, J. A. (2022). An overview of fifty years of appropriate technology research using bibliometric analysis. *Journal of Appropriate Technology*, 8, 17-26.
- Guler, G. (2019). *Data Literacy from Theory to Reality: How does It Look?* (Unpublished Doctoral Dissertation). Vrije Universiteit Brussel, Brussel, Belgium.
- Gupta, V., & Lehal, G. S. (2010). A survey of text summarization extractive techniques. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 2, 258-268.
- Han, S. W. (2018). A study about the concept of data literacy based on digital humanities. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 35, 223-236.
- Hattie, J. (2008). *Visible Learning: A Synthesis of over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge.
- Heo, S. M. (2014). Lesson construction strategies for social studies literacy cultivation in the information age. *Research in Social Studies Education*, 21, 71-87.
- Hew, K. F., & Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational Technology Research and Development*, 55, 223-252.
- Huggingface. (2023). Keyphrase Extraction Model: distilbert-inspec (ml6team/keyphrase-extraction-distilbert-inspec). <https://huggingface.co/ml6team/keyphrase-extraction-distilbert-inspec>
- Hwang, Y. S., Kim, H. K., Shin, H. S., & Joo, Y. H. (2023). Developing definition and sub-competencies on artificial intelligence and digital competencies for elementary and secondary school teachers. *Korean Journal of Educational Administration*, 41, 227-253.
- Jeong, S. P. (2023). A bibliometric analysis for all the published papers during 2015-2022 in the *Journal of appropriate technology* based on the keyword analysis. *Journal of Appropriate Technology*, 9(2), 74-80. <https://doi.org/10.37675/jat.2023.00283>
- JISC. (2014, September 5). Developing Digital Literacies. Retrieved from <https://www.jisc.ac.uk/full-guide/developing-digital-literacies>
- Jordan, M. (2019, July 2). Artificial intelligence: The revolution hasn't happened yet. Retrieved from <https://hdr.mitpress.mit.edu/pub/wot7mkc1/release/10>
- Kim, Y., Kim, W. K., & Park, J. (2021). Digital literacy research trend analysis using keyword network analysis: 2011-2015 and 2016-2020 comparative analysis. *The Korean Journal of Literacy Research*, 12, 93-125.
- Kwon, S., & Hyun, S. (2014). A study of the factors influencing the digital literacy capabilities of middle-aged people in online learning. *Korean Journal of the Learning Sciences*, 8, 120-140.

- Lee, A. H. (2015). Conceptual characteristics and limitations of digital competence for digital literacy education. *Journal of Education & Culture*, 21, 179-200.
- Lee, A. H., & Choi, M. S. (2014). Analysis of the research trend on the college students' key competencies and diagnosis tools. *Journal of Educational Technology*, 30, 561-588.
- Lee, G., Kim, H. W., Boo, C., Beak, Y., Kwak, R., Kim, C., & Jeong, S. (2021). Bibliometric analysis of twenty-year research trend in desalination technologies during 2000-2020. *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 35, 39-52.
- Mandinach, E. B., & Gummer, E. S. (2013). Defining data literacy: A report on a convening of experts. *Journal of Educational Research and Policy Studies*, 13, 6-28.
- Martínez-Bravo, M. C., Sádaba-Chalezquer, C., & Serrano-Puche, J. (2020). Fifty years of digital literacy studies: A meta-research for interdisciplinary and conceptual convergence. *El Profesional de la Informacion*, 29(4), e290428.
- Meyer, J. W., & Benavot, A. (2013). PISA, power, and policy: The emergence of global educational governance. *Comparative Education Review*, 57, 397-423.
- Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1301.3781>
- Ministry of Education. (2015). Announcement of the Revised Science National Curriculum 2015. Ministry of Education
- Ministry of Education. (2022). Announcement of the Revised Science National Curriculum 2022. Ministry of Education
- Nenkova, A., & McKeown, K. (2012). A survey of text summarization techniques. In C. Aggarwal & C. Zhai. (Eds.), *Mining Text Data* (pp. 43-76). Boston, MA: Springer.
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041.
- Noh, E., Shin, H., Lee, J., & Jeong, H. (2018). Digital literacy survey study. Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- OECD. (2019). Learning compass 2030. Retrieved from https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compass_2030_concept_note.pdf
- Otte, E., & Rousseau, R. (2002). Social network analysis: A powerful strategy, also for the information sciences. *Journal of Information Science*, 28, 441-453.
- Otto, J. L. (2012). Assessing and improving data literacy: A study with urban and regional planning students. *PNLA Quarterly*, 76, 5-23.
- Pangrazio, L., & Sefton-Green, J. (2020). The social utility of 'data literacy'. *Learning, Media and Technology*, 45, 208-220.
- Pennington, J., Socher, R., & Manning, C. D. (2014). GloVe: Global vectors for word representation. In *Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)* (pp. 1532-1543). <https://www.aclweb.org/anthology/D14-1162>
- Raffel, C., Shazeer, N., Roberts, A., Lee, K., Narang, S., Matena, M., ... & Liu, P. J. (2020). Exploring the limits of transfer learning with a unified text-to-text transformer. *Journal of Machine Learning Research*, 21, 1-67.
- Roh, D., & Ok, H. J. (2020). A comparative analysis of media literacy and digital literacy through text mining of news articles. *The Korean Journal of Literacy Research*, 11, 103-129.
- Shields, M. (2005). Information literacy, statistical literacy, data literacy. *IASSIST Quarterly*, 28, 6-6.
- Shneiderman, B. (2022). *Human-centered AI*. Oxford University Press.

- Son, M. H., & Jeong, D. H. (2020). Exploring the direction of science inquiry education in knowledge-information based society. *School Science Journal*, 14, 401-414.
- Son, Y. L., & Kim, H. S. (2023). Development and application of data visualization art education program for the development of digital literacy. *Art Education Research Review*, 37, 22-46.
- Steinbauer, G., Kandlhofer, M., Chklovski, T., Heintz, F., & Koenig, S. (2021). A differentiated discussion about AI education K-12. *KI-Künstliche Intelligenz*, 35, 131-137.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press.
- Yi, Y. M. (2022). New paradigm and literacy in the digital era: Focusing on digital literacy and AI literacy. *The Journal of General Education*, 20, 35-60.

Authors' Information

Son, Mihyun: Future Innovation Institute, Seoul National University, Korea, Senior Researcher, First Author.

Jho, Hunkoog: Department of Science Education, Dankook University, Associate Professor, Corresponding Author.