

RESEARCH ARTICLE

Development of a Personalized Web-based Educational Program for Scientific Researchers' Cognitive bias Regulation

Sangwoo Bae¹ · Eunju Park² · Minsu Ha^{2*}

¹Seogang University

²Kangwon National University

과학연구자의 인지편향 조절을 위한 개별화 웹기반 교육 프로그램 개발

배상우¹ · 박은주² · 하민수^{2*}

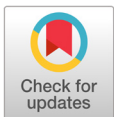
¹서강대학교 · ²강원대학교

*Corresponding Author: msha@kangwon.ac.kr

ABSTRACT

Cognitive bias, which is habitual thinking resulting from human experience, has a variety of implications on scientific study. In the meanwhile, several ways for correcting cognitive bias have been investigated, but there is a limit to eliciting a change in long-held beliefs by a unilateral delivery mechanism, typically a one-time group education or training session. Therefore, the purpose of this study is to design a web-based application that focuses on cognitive biases that can influence the thought processes and scientific research of scientists by addressing the shortcomings of the existing de-cognitive bias correction approach. To this purpose, cognitive biases that can influence scientific thought and research are divided into categories such as "identifying ideas", "selecting ideas", "generating ideas", "evaluating ideas", and "transforming ideas", and a self-assessment questionnaire was created. After logging into the website program and completing a survey, participants can receive data that has been designed for them based on the survey findings, monitor their own learning progress with regular notifications, and modify their way of thinking naturally by submitting feedback. For this program, the 'nudge' technique was used. This program's front end was made with Next.js and distributed with Vercel, while the back end was created with Firebase. After a pilot test, the viability of the program will be demonstrated, and scientists will be informed.

Key words: Cognitive bias, cognitive bias regulation, KAAR model, nudge effect, personalized web-based program



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2022, Vol. 12, No. 3, 387-402.

<https://doi.org/10.31216/BDL.20220024>

Received: September 02, 2022

Revised: September 16, 2022

Accepted: September 19, 2022

© 2022. 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

과학과 기술, 공학을 통해 인간의 삶을 더욱 풍요롭게 하는 새로운 지식이 생성되고, 생성된 지식은 인간의 삶을 풍요롭게 하는 데 활용되고 있다. 새로운 지식과 기술이 생성되는 과정은 기존의 지식과 방법에 대한 비판, 새로운 지식과 기술에 대한 호기심을 바탕으로 시작하여 철저하고 합리적인 과학적 탐구와 공학적 설계를 통해 이루어진다. 생성된 지식과 기술은 끊임없는 비판과 검증을 통해 의미 있는 지식과 유용한 기술로 발전하고 인간의 삶을 풍요롭게 한다. 우리는 이와 같은 과정을 창의적 문제해결 과정이라고 한다. 창의적 문제해결은 기존에 없는 지식과 방법을 생성하여 인간의 삶을 풍요롭게 한다. 창의적 문제해결은 기본적으로 비판적, 논리적, 합리적인 과정을 거쳐야 된다(Aydemir & Ulusu, 2020; Blatti, 2019; Matthews, 2014; Todd et al., 2019). 창의적 문제해결 능력이나 창의성은 쉽게 획득되는 것이 아니다. 창의성의 발현이 어려운 다양한 이유 중 하나로 인지편향을 지목하고 있다(Mueller et al., 2012). 인지편향은 인간의 사고에 영향을 미치는 내재된 사고 습관이다. 인지편향은 기억, 평가, 정보처리 및 의사결정 등 인간의 사고와 비판적, 이성적 판단에 영향을 미친다(Haeselton et al., 2015; Hilbert, 2012; Tversky & Kaneman, 1974). 인지편향이 가지는 장점도 있지만, 비판적, 이성적, 합리적인 판단이 요구되는 과정에서는 대부분 문제를 일으키는 경우가 많으며, 그와 같은 과정이 요구되는 창의적 문제해결에서는 다양한 문제를 일으킬 수 있다.

인지편향은 1970년대 Tversky와 Kaneman의 연구 이전에도 과학철학자들에 의하여 널리 알려져 왔다. 예를 들어 경험주의의 대표적인 학자인 Francis Bacon은 인간은 자신이 믿는 것에 기초하여 데이터를 해석하는 경향이 있다는 것에 동의하였으며, 이것은 현재 확증편향으로 불리고 있다(Williams, 2011). 1970년대 Tversky와 Kaneman 등과 같은 학자들에 의하여 심리학 및 행동경제학 연구에서 인지편향에 관한 연구가 체계화되었고, 많은 학자에 의하여 다양한 인지편향들이 연구되고 확인되었다(Benson, 2021). 인지편향에 관한 많은 연구는 인간 사고의 취약성을 강조하고 있으며, 인간이 그것을 인지하고 해결하려고 노력하지 않는 한 인식의 오류를 일으키고 의사결정과 다양한 판단에 영향을 미칠 수밖에 없음을 강조하고 있다(Haeselton et al., 2015). 창의적 문제해결을 위해서는 끊임없이 비판적 태도를 바탕으로 합리적 의사결정을 수행해야 하지만 비판, 합리 모두 인지편향에 영향을 받아 쉽게 이루어지지 않는다.

Kaneman에 따르면 인지편향은 빠르게 판단하려는 인간의 사고에 기인한다. Kaneman은 인간의 사고를 자동적이며, 감정적이고, 직관적인 사고라 불리는 시스템1과 느리며, 반성적이며, 이성적인 사고라 불리는 시스템2로 구분하였다. Kaneman (2003, 2011)에 따르면, 종종 인지편향은 메모리에 저장된 연관성으로부터 비롯된 시스템 1의 사고방식에 훨씬 더 크게 의존한다. 우리의 인지 능력이 처리하기에는 너무 많은 정보, 빨리 판단해야 하는 상황, 원하는 결과가 정해져 있는 상황은 인간의 사고가 인지편향에 의존하게 만든다. 또한, 인간은 변화보다는 안정적인 상황을 좋아하며 손실에 더 큰 의미를 부여하는 성향이 있다(Kaneman et al., 1991; Samuelson & Zeckhauser, 1988). 반대로 혁신은 반드시 좋은 것이라는 고정관념도 가지고 있다(Rogers, 2010). 변화를 거부하면서도 혁신은 좋은 것이라 믿는 모순된 사고를 인지편향이 설명하고 있다. 익숙한 방법과 기능에 사고가 매몰되어 있는 기능적 고착(Functional fixedness), 다수의 의견에 무의식적으로 따르거나 집단에 동조하는 편향(Schmitt-Beck, 2015)등은 집단에서 창의적 산출물이 생성되는데 방해한다.

인지편향은 인간의 고유한 특성이기 때문에 완전히 편향에서 벗어날 수 있지 않으나 중요한 순간에 인지 편향으로부터 판단과 의사결정에 영향을 받지 않도록 조절할 수 있는 능력은 형성될 수 있다. 인지편향을

줄이는 과정을 ‘Debiasing’이라고 하며, 이 과정에 관한 많은 연구가 진행됐다. 대표적인 전략으로는 외적 동기를 높이는 유인책, 외부 개입으로 편향에 영향을 덜 받도록 설계하는 넛지, 지속적인 훈련 등이 있다. 그러나, 이와 같은 전략은 인지편향에 영향을 받지 않도록 할 수는 있으나 지속가능한 교육모델로는 한계점이 나타나 개선된 방법이 필요하다는 지적을 받아왔다(Morewedge et al., 2015). 지속적인 훈련을 통해 인지편향에 덜 영향을 받도록 스스로 인지하고 반성하는 연습을 수행하는 모델로 KAAR가 제시된 바 있다(Rusmana et al., 2020). Fig. 1은 KAAR 모델의 구성을 나타낸 것으로 인지편향에 대한 지식(Knowledge), 인지편향에 대한 인식(Awareness), 인지편향을 줄이기 위한 행동(Action), 그리고 마지막으로 전체적인 과정을 반성(Reflection)하는 과정으로 이루어진다. 인지편향이라는 심리적 속성에 대해서 아는 것은 편향을 의식하는 제일 중요한 단계이다(Aczel et al., 2015; Babcock & Loewenstein, 1997). 최근 대중들에게 확증편향이라는 말이 널리 사용되고 있는데, 이와 같은 편향의 이름을 아는 것만으로도 확증편향을 인식하는 데 큰 도움이 될 수 있다. 두 번째는 인지편향이 자신의 사고에도 영향을 미칠 수 있음을 인식하는 것이다(Crosckerry et al., 2013; Mair et al., 2014; Morewedge et al., 2015; Shepperd et al., 2018). 자신의 문제해결에도 인지편향이 영향을 미칠 수 있다는 것을 느끼는 것은 편향적 사고를 벗어나고자 하는 적극적인 전략을 만드는 중요한 단계이다. 그리고 세 번째 단계는 적극적으로 인지편향을 조절하고자 하는 행동전략이다. 예를 들어서 Kaneman이 강조한 바와 같이 느린 판단을 위하여 잠시 판단을 보류하는 전략이나, 객관화를 위하여 제삼자에게 의견을 구하는 등은 중요한 행동전략이다. 그리고 마지막으로 전체 과정을 반성한다. KAAR 모델을 기반으로 학습에서 과신편향(overconfidence bias)을 일부 감소시킬 수 있음은 Rusmana와 동료들(2020)의 연구에서 일부 확인되었다.

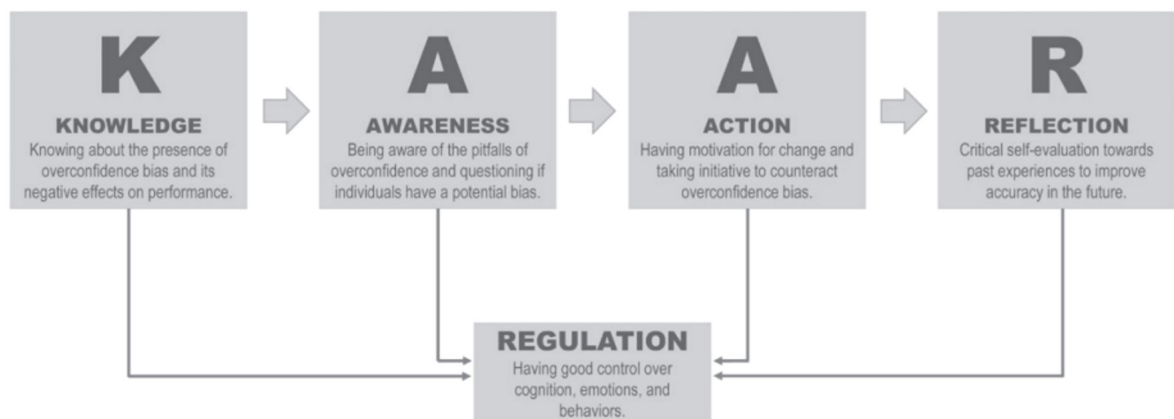


Fig. 1. KAAR model to debias the overconfidence (Rusmana et al., 2020)

인지편향은 적응형질로서 교정되기 힘들긴 하나 조절 가능하며 특별히 고안된 교육과 훈련을 통해 그 수준을 줄일 수 있음이 증명되고 있다(Ginerenzer, 1996; Haselton et al., 2005). 예를 들어, 합리적 의사결정에 관한 금전적인 보상을 하거나 동료 간 상호확인을 통한 프로그램을 수행한 결과 인지편향의 수준이 유의미하게 낮아짐이 확인되었다(Tetlock, 1985; Vonk, 1999). 인지편향에 관한 교정프로그램은 CBMT(cognitive bias modification therapy)나 인간 실수 자각훈련(human error awareness training) 등의 성인 대상의 훈련프로그램을

통해 개발되어왔다. 그러나, 이러한 교육프로그램은 몇 가지 한계점을 지니고 있다. 먼저, 교육생에게 10시간 이상의 시간 투자와 주로 집합 교육으로 이루어진다. 또한, 교육 전후의 효과를 비교하기 위해, 연구자의 대면 면담이 필수적으로 이루어져야 하며, 개인화된 교육을 받기 어렵다. 마지막으로, 대부분의 인지편향 교정프로그램은 기업을 위한 프로그램으로 설계되어, 과학연구환경에 그대로 적용하기에는 어려움이 따른다. 이러한 기존 인지편향 프로그램의 한계점을 극복하고, 과학연구자의 체계적 사고나 창의적 문제해결을 저해할 수 있는 인지편향의 조절 교육프로그램의 개발이 필요하다.

본 연구에서 개발한 웹 기반의 인지편향 조절 프로그램은 개별 맞춤형으로 효율성을 높이고, 비대면 교육 방법을 적용하여 비강제적이고 부드러운 개입 전략을 중점으로 구성되었다. 본 연구에서의 ‘부드러운 개입’이란 참여자들에게 강의식의 직접적인 교육을 진행하는 방식이 아니라 참여자가 활동에 참여할 수 있도록 환경을 설계하고 정보를 노출하는 전략을 일컫는다. 이를 위해 넛지(Nudge) 전략(Thaler & Sunstein, 2008)을 적용하고자 한다. 넛지(Nudge) 전략이란 판단과 행동은 온전하게 그 사람에게 맡긴 채 그 사람이 좋은 방향으로 가도록, 환경을 변화시켜 자연스럽게 슬쩍 간섭하는 것을 뜻한다. 즉, 개인의 선택에 있어 당사자에게 긍정적이며 유리하도록 판단적 휴리스틱을 사용하는 것을 목표로 하며, 참여하고 싶지 않다면 당사자가 쉽게 빠져나올 수 있도록 한다. 인지편향에 대한 개인차는 상당히 많을 것이며, 개인의 맥락에 따라 상당히 다른 편향에 노출될 수 있어서 맞춤형 전략은 중요하며, 효과적일 것이다. 또한, 자신의 인지편향을 인지하는 것만으로도 인지적 불편함이 발생할 수 있으므로 최대한 부드럽게 개입하는 방법으로 개발하였다. 본 연구에서 개발하고자 하는 교육프로그램의 목표는 KAAR 모델(Rusmana et al., 2020)을 적용하여, 사용자가 인지편향에 노출된 개인의 문제를 스스로 인지하고 해결할 수 있도록 돕는 비계를 지속해서 제공하는 스스로 인지편향을 조절할 수 있는 능력을 향상 시킬 수 있는 프로그램이다. 본 논문에서는 웹 기반 맞춤형 인지편향 조절 프로그램 CB-KAAR의 개발과정과 프로그램의 특징을 공유하고 활용방안을 논의하고자 한다.

Methods

인지편향 조절을 위한 웹 기반 교육프로그램의 개발은 Fig. 2와 같은 과정을 통해 진행되었다. 우선 과학연구자들에게 필요한 내용의 설계와 개별 교육이 필요한 웹 기반 시스템을 구축하는 것으로 큰 틀을 세우고, 단계마다 필요한 요소를 채워가는 방식으로 연구가 진행되었다.

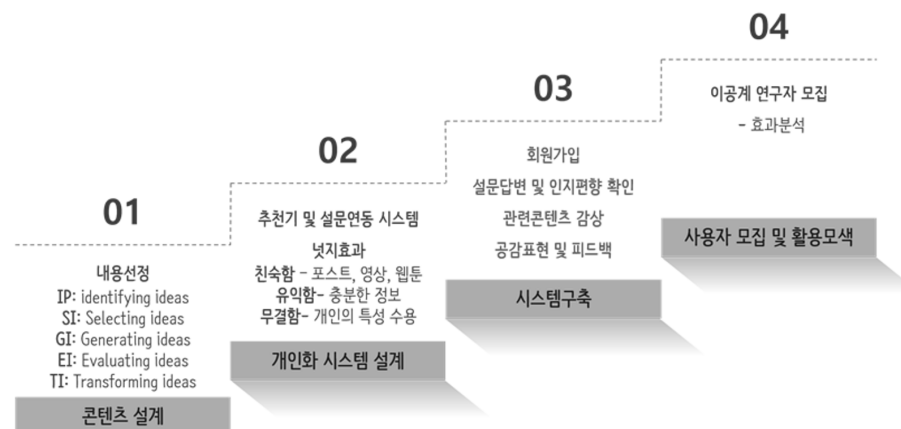


Fig. 2. CB-KAAR program development process and follow-up research plan

Contents Organization

연구팀은 선행연구에서 과학자들의 체계적 사고의 어려움을 분석하고, 과학 연구에 영향을 줄 수 있는 인지편향을 5개 영역으로 정리한 바 있다(Aini et al., 2021). Aini와 동료들은 과학 연구와 창의적인 문제해결을 저해하거나 영향을 줄 수 있는 인지편향을 문헌 연구를 통해 정리하였는데, 각 영역은 문제의 인식(Identifying problem), 아이디어 생성(Generating ideas), 아이디어 선택(Selecting ideas), 아이디어 변형(Transforming ideas), 아이디어 검증(Evaluating ideas) 등으로 분류되었다. 또한, 그 외에 과학연구자들의 상호관계 및 연구실 문화 등에 영향을 미칠 수 있는 인지편향 등을 추가하여 6개 영역과 관련된 45개의 인지편향에 관한 교육적 자료를 구성하였다. 각 인지편향에 관련한 설문은 총 45개 문항으로, 연구팀에 의해 선행연구에서 개발되어 문항의 신뢰도와 타당도를 확보한 40개의 설문 문항(Hwang et al., 2021)과 선행연구(Aini et al., 2021; Ha, 2016)를 분석하여 추가 구성한 문항으로 최종적으로 ‘연구환경에서 인지편향적 요소 검사 도구’를 개발하였다.

또한, 네티즌 전략을 활용하여 인지편향 조절이 이루어지는데 필요한 콘텐츠는 다음 요소를 가질 수 있도록 하였다. 첫째, 친숙한 유형의 자료여야 한다. 사용자가 일반적으로 웹상에서 소비하는 형태의 자료(포스트, 웹툰, 동영상 등)를 활용한다. 둘째, 자료의 유익함을 보장할 수 있어야 한다. 각 인지편향에 관련한 자료의 검증 등을 통해 충분한 정보와 자신의 사고방식을 인식할 수 있는 정보를 제공할 수 있어야 한다. 마지막으로, 다양한 개인의 특성을 수용하고, 과학연구자에게 적용될 수 있는 인지편향 종류를 포함해야 한다. 프로그램이 다뤄야 할 콘텐츠의 자료는 구글 드라이브에 각 관련된 인지편향 설문, 개념설명, 피드백 질문, 포스트 기사, 웹툰, 영상 자료를 모두 연구팀이 공유하며, 자료에 대한 수정과 반복적 검증을 통해 구성되었다. 이를 통해 인지편향 웹프로그램에 제공된 자료를 45개의 인지편향의 인식을 돕는 설문과 모든 교육자료를 활용한 후 피드백 질문이 구성되었다. 웹툰은 연구팀에서 2021년 개발하여 배포한 인지편향 교육자료에 수록된 20여 개의 웹툰이 활용되었다. 마지막으로, 영상 자료는 Youtube 채널에서 45개 인지편향에 관련된 영상 자료를 가능한 한 모두 추출한 후, 연구팀원들이 영상 자료 시청 후 논의과정을 거쳐 선택하였다. 웹프로그램에 수록한 모든 자료는 두 명의 연구자가 교차검토를 통해 자료를 선정한 후 최종적으로 내부연구자 1명과 외부 전문가의 확인을 거쳐 신뢰도를 확보하였다. 모든 자료의 하단에 출처를 표기하고, 영상 자료의 경우 원본 자료로 직접 연결될 수 있도록 설정하였다.

Personalized System Development

본 프로그램은 프론트의 경우 ‘Next.js’로 제작, 배포에는 vecel, 그리고 데이터베이스는 Firebase NoSQL로 개발하고자 하였다. 개발하는 시비가 프로그램의 사용자 흐름의 모식도는 Fig. 3과 같다. 사용자는 웹페이지에 접속하여 인증하고 개인화 프로그램을 사용하거나, 인증하지 않은 상태로 모든 콘텐츠를 검색하고 감상할 수 있다. 사용자 인증을 거쳐 개인화 프로그램을 진행할 경우, 추천기를 통해 개인의 설문 응답에 따라 개인마다 다른 인지편향 관련 콘텐츠를 받을 수 있게 설계하였다.

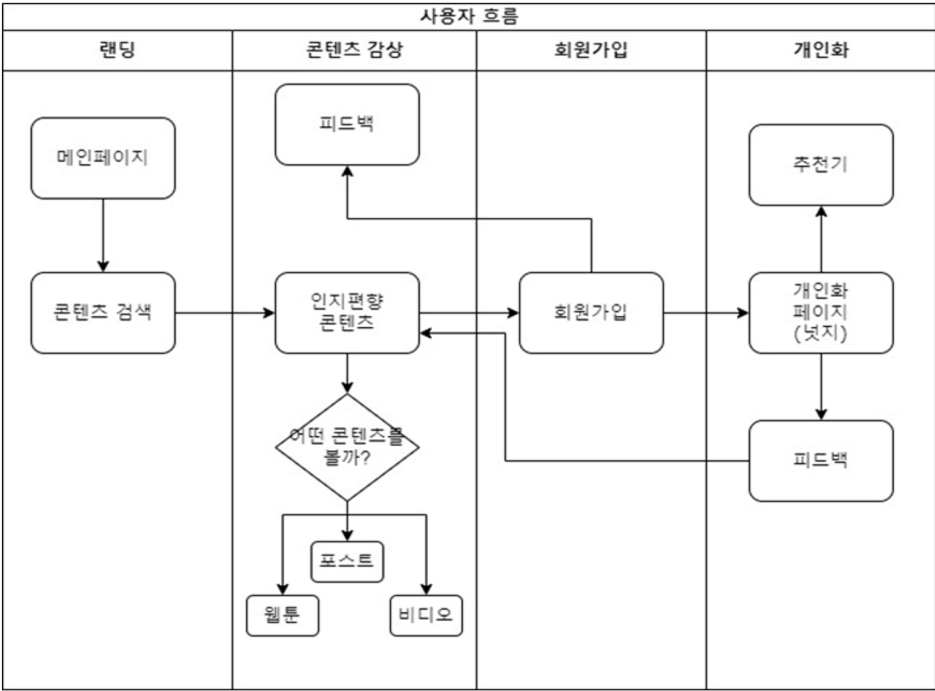


Fig. 3. ‘CB-KAAR’ program user usage flowchart

Results and Discussions

개발된 프로그램은 KAAR 모델을 바탕으로 제공되는 인지편향 조절 교육프로그램으로 ‘시비카’ 또는 ‘CB-KAAR’라는 명칭을 사용한다. 개발된 프로그램 명칭인 ‘시비카(CB-KAAR)’는 인지편향의 ‘Cognitive Bias’와 이를 조절하기 위해 활용한 교육모델인 ‘Knowledge, Awareness, Action, Reflection - KAAR’ 모델의 약자이다. 이는 인지편향(Cognitive Bias)을 KAAR 모델을 활용하여 지속적으로 인지편향을 배우고(Knowledge), 인식하고(Awareness), 줄이기 위한 행동을 취하고(Action), 자신의 사고방식을 돌아본다(Reflection)는 과정을 통해 조절할 수 있다는 의미를 담고 있다. 본 프로그램은 넛지(Nudge) 활용을 위해, 사용자에게 정기적으로 메시지를 발송하여 교육프로그램에 참여를 독려한다. 웹 기반 온라인 교육프로그램으로 사용자가 접속 가능한 시간에 참여할 수 있으며, 교육 지속시간 그리고 제공 받고자 하는 콘텐츠 또한 선택이 가능하다. 또한, 제공되는 콘텐츠는 유익하나 이해가 쉬우며, 친숙한 유형의 콘텐츠로 구성하여 사용자가 편안하게 접근할 수 있도록 하였다.

Personalized Features

교육프로그램에 참여하기 위해 시비카 웹에 접속한 사용자는 Firebase에서 제공하는 OAuth2.0 인증을 통해, 기존 구글 계정으로 손쉽게 로그인하고, 맞춤 데이터를 열람할 수 있다. 각 6개 영역의 과학 연구와 관련된 인지편향 인식 설문에 참여할 수 있도록 독려하며, Fig. 4와 같이 각 영역에 관련된 설문에 대한 응답을 통해 개인적으로 맞춤형 자료를 제공받게 된다.

evaluating

- ☐ 의사결정을 할 때 이미 정해진 틀을 가지고 판단하는 경향이 있다.
- ☐ 종종 연관성이 없는 변수들 사이에서 거짓된 연관성을 발견해 내거나, 원인과 결과의 순서를 잘못 추론하곤 한다.
- ☐ 연구를 위해 자신이 직접 개발한 것(방법, 기술, 방식 등)에 대해, 실제보다 더 높게 가치를 매기는 경향이 있다.
- ☐ 그들의 신념이나 규범에 모순되는 생각을 거부하는 경향이 있다.
- ☐ 결정을 내릴 때, 새로운 선택지가 생김에 따라 기존 결정에 영향을 받는다.
- ☐ 전체적인 불확실성과는 상관없이, 작은 부분에서 확실하다고 판단된 일을 진행하려고 한다.
- ☐ 사람이나 사물의 특정 범주에 내재되었으며 변하지 않는 고유한 특성이 있다고 믿는다.
- ☐ 결과가 나온 뒤에 처음부터 그러한 결과가 나올 것임을 알았다고 설명한다.
- ☐ 실험 결과가 원하는 방향으로 나오면, 연구 과정은 옳았을 것으로 판단한다.

응답 제출

Fig. 4. The questionnaire example of evaluating idea domain

과학 연구 활동에 영향을 줄 수 있는 인지편향 질문에 대한 응답을 통해, 사용자가 영향을 받고 있거나 연구환경 내에서 인식하고 있는 인지편향의 명칭과 정보를 직접 받게 된다. 각 인지편향을 클릭하면 관련된 콘텐츠를 볼 수 있는 화면으로 연동되어 감상할 수 있다. 사용자는 공부하기를 원하는 인지편향에 대해 포스트, 웹툰, 비디오 등의 다양한 유형을 선택해 콘텐츠를 감상할 수 있다. 로그인한 사용자에게 제공되는 각 인지편향 설문 문항은 Table 1과 같다. Table 1은 ‘연구환경에서 인지편향적 요소 검사 도구’로서, 과학연구에 영향을 줄 수 있는 6개 영역에 관련된 45개 인지편향 인식을 묻는 질문이다. 검사도구는 본 연구팀이 선행연구에서 개발하여 문항의 신뢰도와 타당도를 확보한 40개의 설문 문항(Hwang et al., 2021)과 문헌분석(Aini et al., 2021; Ha, 2016)을 통해 선정한 문항을 추가 구성하여 최종 개발하였다. 설문에 대한 응답에 따라 사용자에게 추천되는 자료가 결정되는데, 사용자가 인식하거나 경험에 관련된 인지편향 자료를 제공하기 위함이다. 사용자는 추천된 인지편향 자료를 확인하거나, 또는 자신이 궁금한 인지편향 자료를 검색하거나 45개의 인지편향 모두를 학습할 수 있다. 시비카 프로그램에 포함된 내용이 상당히 많아 모두 학습하기에는 많은 시간이 요구되며, 인지편향과 관련된 개인적인 경험과 맥락이 모두 다른 상황에서 자신과 관련성이 낮은 프로그램을 학습하게 되면 인지과부하 등의 이유로 적절한 학습이 이루어지지 않을 수 있다(Chen, 2008). 또한 학습자는 자신과 관련성이 있는 정보들을 접하게 함으로써 학습 동기를 높일 수 있으며 학습에 대한 긍정적인 인식을 가질 수 있다(Balakrishnan, 2018).

Table 1. Questionnaires to check cognitive bias perception

Cognitive Bias	Survey Questions
Normalcy Bias	Researchers are particularly poor at predicting situations that have not been previously present.
Survivorship Bias	Researchers tend to think mainly of successful studies and not about unsuccessful one.
Status-Quo Bias	Rather than trying new research ideas, my colleagues prefer to keep working on the current ideas as long as it worked.
Anchoring Bias	When researchers make a decision, they consider the initial piece of information to make subsequent judgments.
Optimism Bias	Researchers tend to vaguely assume that it will work out rather than worry about the problems of an ongoing experiment.
Pro-Innovation Bias	Researchers tend to believe that the innovation is always good.
Ambiguity Effect	Researchers tend to choose the former situation which is the probability is known or an option with clear information.
Attribution Bias	Researchers believe that certain behaviors must have some cause, and can be explained by people's internal causes.
Sunk-Cost-Fallacy	Researchers cannot give up easily even if they fail because the time and effort invested in research is wasted.
Availability-Cascade	Researchers tend to believe that when colleagues say an idea is good, it is a good idea without sufficient verification.
Backfire-Effect	Researchers tend to reinforce their beliefs when someone presents an opinion contrary to their beliefs.
Ingroup-Bias	Researchers tend to appreciate ideas created in their laboratories more.
Ostrich-Effect	Researchers tend not to look at theories or information that contradicts their research.
Confirmation-Bias	Researchers tend to find, interpret, and remember experimental results that support that their hypotheses are correct.
Information-Bias	Researchers believe that the more information needed for research, the better.
Action-Bias	Researchers plan to conduct research even in uncertain circumstances.
Focusing-Effect	Researchers pay more attention to specific aspects of their interest in situations where several conditions must be considered during the research process.
Mere-Exposure-Effect	My colleagues prefer to do research that is already familiar to them.
Law-Of-The-Instrument	Researchers try to do research using methods they are familiar with.
Availability-Heuristic	Researchers tend to make decisions mainly using the information that comes to mind first when conducting research.
Automation-Bias	Researchers tend to trust automated systems (computers or measuring machines) more than human-written ones when making decisions.
Functional-Fixedness	When researchers use a tool, they tend not to think about using it for anything else.
Neglect-Of-Probability	Researchers tend to make decisions without considering probabilities in subjects with high uncertainty.
Overconfidence-Effect	Researchers tend to be overconfident (overconfident) about the expected outcome of an experiment.
Framing-Effect	Researchers tend to make decisions based on pre-established frameworks.
Illusory-Correlation	Researchers often find false associations between unrelated variables, or infer the order of cause and effect incorrectly.
IKEA-Effect	Researchers tend to value what they develop for research(methods, techniques, ways, etc.) higher than they really are.
Semmelweis-Reflex	Researchers tend to reject ideas that contradict their beliefs or norms.
Decoy-Effect	When researchers make decisions, they are influenced by existing decisions as new options arise.
Pseudocertainty-Effect	Researchers try to proceed with what is determined to be certain in small parts, regardless of overall uncertainty.
Essentialism	Researchers believe that certain categories of people or things are inherent and have unique characteristics that do not change.
Hindsight-Bias	The researchers explain that they knew from the beginning that such a result would come out after it came out.
Outcome-Bias	Researchers judge that the research process would have been right if the experimental results come out in the desired direction.
Endowment-Effect	Researchers tend to evaluate the value of their data or experimental tools higher than that of others.
Conservatism	Researchers still tend to stick to pre-existing theories even if new scientific evidence emerges.
Shared-Information-Bias	Researchers are more likely to accept an idea without questioning it the more known to their peers.
Conformity-Bias	Researchers follow the opinions of other colleagues or groups to reduce conflict, even if they have a different opinion than their own.
Social-Desirability-Bias	When interpreting the results, researchers guide and interpret them in ways that support socially desirable values.
Bandwagon-Effect	Researchers tend to follow popular ideas in academia.
Authority-Bias	Researchers think that authorities in the field can come up with better ideas based on their knowledge and experience.
Law-Of-Triviality	My colleagues prefer to discuss some small but easier issues rather than complicated but important ones.
Dunning-Kruger Effect	Researchers vaguely consider themselves to be in the upper-middle class, regardless of their actual abilities.
Planning Fallacy	Researchers tend to take longer than initially planned when conducting research.
Illusion of Transparency	Researchers sometimes believe that the other person understands, even if they don't provide enough information about the research.
Elimination by Aspects	Researchers tend to set absolute standards and exclude candidates who do not meet the criteria first when there are too many factors that influence decision-making.

Table 2는 개발된 웹 교육프로그램에서 엄선하여 제공하는 콘텐츠 목록으로, 45개의 인지편향에 관련된 포스트(뉴스기사 포함), 동영상, 웹툰으로 구성되어 있다. 수집된 자료 중 관련성이 적거나 잘못된 인식을 심어 줄 수 있는 자료를 제외하였으며, 지속해서 자료를 업데이트할 계획이다.

Table 2. Contents provided to regulate each cognitive bias

Domain	Bias	Contents		
		Post	Video	Cartoon
Identifying Ideas	Normalcy Bias	√	√	
	Survivorship Bias	√	√	
	Status-Quo Bias	√	√	√
	Anchoring Bias	√	√	
	Optimism Bias	√	√	
	Pro-Innovation Bias		√	
	Ambiguity Effect	√	√	
	Attribution Bias	√	√	
Selecting Ideas	Sunk-Cost-Fallacy		√	√
	Availability Cascade	√	√	
	Backfire Effect	√	√	
	Ingroup Bias	√	√	
	Ostrich Effect	√	√	
	Confirmation Bias	√	√	√
	Information Bias	√	√	√
Generating Ideas	Action Bias	√	√	
	Focusing Effect	√	√	√
	Mere-Exposure Effect	√	√	
	Law of the Instrument	√	√	
	Availability Heuristic	√		√
	Automation Bias	√	√	
	Functional Fixedness	√	√	
	Neglect of Probability	√	√	
Evaluating Ideas	Overconfidence Effect	√	√	
	Framing Effect	√	√	
	Illusory Correlation	√	√	
	IKEA Effect	√	√	
	Semmelweis Reflex	√	√	
	Decoy Effect	√	√	
	Pseudocertainty Effect	√	√	
	Essentialism	√	√	
	Hindsight Bias	√	√	√
Transforming Ideas	Outcome Bias	√	√	√
	Endowment Effect	√	√	
	Conservatism	√		
	Shared Information Bias	√		
	Conformity Bias	√	√	√
	Social Desirability Bias	√	√	
	Bandwagon Effect	√	√	√
	Authority Bias	√	√	√
	Law of Triviality	√	√	
Etc	Dunning-Kruger Effect	√	√	
	Planning Fallacy	√	√	√
	Illusion of Transparency	√	√	√
	Elimination by Aspects	√	√	

사용자는 우측 상단의 검색창을 통해 원하는 인지편향을 검색할 수 있으며, 이동한 페이지에서 원하는 콘텐츠를 열람할 수 있다. 색인은 연구자가 올린 인지편향의 이름을 바탕으로 오름차순으로 자동 생성된다. Fig. 5에서 검색창에서 권위편향(Authority Bias) 자료를 찾고자 글자를 입력하거나, 스크롤을 내려 찾을 수 있는 예시를 보여준다. Fig. 6은 웹 프로그램에서 제공되는 콘텐츠 중 검색창에서 권위편향(Authority Bias)을 선택하면 볼 수 있는 관련 자료예시이다.



Fig. 5. Cognitive bias search box and index

포스트	웹툰	영상자료
설마, 다 생각이 있으시겠지 권위 편향 “ 권위자가 한 말과 행동엔, 뭔가 특별한 게 있다. ” 권위 효과(Authority Effect)란, 지위가 높고 권위가 있으며 존경을 받는 인물이 있다면, 그가 한 말이 다른 사람의 주의를 끌기 쉽고, 사람들이 쉽게 그의 정확성과 권위성을 믿게 되는 것을 말한다. 권위 효과는 어디에서나 볼 수 있다. 그 예로, 많은 항공 사고에서 발생하는 실수를 들 수 있다. 소련에서 발생했던 비행기 사고를 예로 들어보자. 당시 공군 중장이었던 우토르 엔트가 비행 임무를 맡았는데, 그의 부조종사가 비행 전 별가를 나왔다. 본부에서는 그를 위해 부조종사 한 명을 임시로 대거시켰다. 이 부조종사는 이전에 단 한 번도 엔트와 함께 본 적이 없었다. 그는 이번에 전설적인 기량의 조수가 된 것을 매우 영광스럽게 생각했다. 비행 중 엔트는 평소처럼 노즐을 점검하려고 고개를 흔들며 리듬을 타고 있었다. 당시 부조종사는 엔트의 움직임을 보고 비행기를 높이 띄우는 신호를 오해했다. 당시 비행기는 아직 비행을 할 수 있는 속도에 도달하지 않았지만 부조종사는 조종 스틱을 밀어 올렸다. 그 결과 비행기의 중심 부분이 땅에 부딪혔고 프로펠러의 한 부분이 엔트의 등에 날아올랐다. 결국 이 공군 중장은 평생 아파 상태로 지내야 했다. 사고 후, 한 가지가 부조종사에게 들었다. 그렇게 하면 안 되는 것을 분명히 알면서도, 왜 조종간을 밀어올렸는지. 부조종사는 답했다.	권위 편향 웹툰	권위 편향 비디오

Fig. 6. Examples of content related to authority bias

사용자는 인지편향 콘텐츠 중 하나를 선택하거나 모든 자료를 감상한 후 각 콘텐츠에 대한 공감도를 표시하여, 연구자에게 프로그램의 효용성을 피드백할 수 있다. 또한, 각 인지편향에 관련된 경험 또는 인식을 표현할 수 있도록 추가 질문을 제공하여 독려한다. 피드백 질문은 45개의 인지편향에 관련하여 연구팀에서 자체 개발한 개방형 질문으로 구성되었으며, 각 인지편향에 해당하는 질문은 Table 3과 같다. 설문에 응답한 사용자의 답변은 자동으로 연구자의 이메일을 통해 전달되고 연구자가 피드백을 사용자에게 제공할 예정이다. Fig. 7은 시비카 프로그램에서 '권위편향'에 관련한 포스트를 읽은 후 사용자가 볼 수 있는 피드백 보내기 예시이다.

Table 3. Feedback Questions for each cognitive bias

Cognitive Bias	Feedback Questions
Normalcy Bias	Do you have any examples or experiences of yours or your colleagues who failed to come up with a forecast in the same direction as before, even though the situation is different from before?
Survivorship Bias	Have you ever considered a good research topic with a large number of successful research cases or published papers? and why?
Status-Quo Bias	If you come across an interesting and promising research topic, but are unfamiliar and have a lot to learn, what kind of decision would you like to make? Why?
Anchoring Bias	Please tell us if there is a case in which the research topic you were interested in at first or the situation in the laboratory influenced your decision over time.
Optimism Bias	Have you ever thought that your research was less likely to fail? Why?
Pro-Innovation Bias	Have you ever thought that the newest method of research is the best? Or have you ever thought that you can be competitive only if you proceed with the latest research technology?
Ambiguity Effect	When collecting or interpreting research results, have you ever recorded only those that can be explained with certainty, rather than something that seems to be meaningful but ambiguous?
Attribution Bias	Have you ever inferred the cause of the behavior of other members in the lab? Why did you think he was acting like that?
Sunk-Cost-Fallacy	If you are unsure of the results, but have had experiences that have already cost you too much money or effort and you have been forced to continue, please tell us.
Availability-Cascade	Have you ever felt that an idea that a member of the lab or many other people like was unwittingly good or important?
Backfire-Effect	What decision did you make when you heard negative opinions about the research topic you were interested in or selected? Why?
Ingroup-Bias	Have you ever thought that the subject of your lab is more novel and important than the subject of other labs? Why did you think so?
Ostrich-Effect	How do you respond when you discover data or information that contradicts your opinion or hypothesis during research?
Confirmation-Bias	Have you or your colleagues unknowingly collected or claimed only results that support a hypothesis?
Information-Bias	When collecting data to interpret research results, what strategies do you use to collect data? Does more data help interpret the results?
Action-Bias	Have you ever felt unsure about your study yet decided to proceed anyway?
Focusing-Effect	Have you ever been immersed in something that you thought was important in the course of your research and missed or didn't see other factors and learned about it later on?
Mere-Exposure-Effect	Please tell us if you have any experience of being interested in a topic that you were not interested in but because you simply encountered it often.
Law-Of-The-Instrument	Where do you find the best way when you need to solve a problem?
Availability-Heuristic	Have you had any experience of relying on the knowledge that immediately came to mind in the process of interpreting the experimental results or designing the experiment, then modifying it or experiencing difficulties?
Automation-Bias	How confident are you in the automatically measured values during the experiment?
Functional-Fixedness	There is a tool that you think is necessary for the experiment, but if you do not currently have it, what will you do to proceed with the experiment?
Neglect-Of-Probability	What is the probability of predicting results in the field you are studying? Have you ever decided whether to do this research topic or experiment? How did you decide?
Overconfidence-Effect	Tell us about a case in which you failed to predict the results of an experiment that you confidently thought was "right."
Framing-Effect	Have you or your colleagues ever made a decision or changed their behavior depending on the tone of the speaker or the way they said it? If the success rate of a certain study is 50%, how would you express it to others?
Illusory-Correlation	Have you ever felt that situations or events with negative perceptions appear repeatedly in your research process? Just like you felt when you looked at the clock, it was always 4:44.

Table 3. Feedback Questions for each cognitive bias

Cognitive Bias	Feedback Questions
IKEA-Effect	Have you ever seen a case in which someone consider his/her own research to be of value compared to other studies, regardless of the outcome of the research?
Semmelweis-Reflex	When you talked to another researcher or listened to a research presentation, did you have an experience to feel a sense of rejection because it was different from your own thoughts?
Decoy-Effect	Have you ever changed your decision when you were hesitating about a previous option because you were given another option?
Pseudocertainty-Effect	Have you ever over-expanded certainty in small parts even though it is uncertain overall?
Essentialism	Have you ever conducted research under the assumption that there are factors that do not change in a specific research subject (object)? Why?
Hindsight-Bias	During the course of your research, have you ever had a story or thought, 'I thought I would' or 'Somehow'? Have you ever felt like you had predicted such an outcome in the past?
Outcome-Bias	Have you ever had a case where you thought it was an essential experiment in the course of your research, but as a result, it failed and you decided, "I shouldn't have done it in the first place"?
Endowment-Effect	Do you think your research topic is more important or valuable compared to the research done by other researchers? Why?
Conservatism	Are there any examples of researchers who insist on only theories and evidence they know about and have difficulty accepting new scientific theories or concepts?
Shared-Information-Bias	If you have any experience that you believe to be true without questioning it because it is widely known information, please tell us.
Conformity-Bias	Do you have any experience of agreeing with other colleagues in the lab or for the atmosphere, even if you don't agree with them?
Social-Desirability-Bias	When interpreting the results of your research, are there any examples of current social values or examples written in a way that many people feel is right?
Bandwagon-Effect	When writing a research thesis, have you ever unwittingly interpreted research results according to the latest trends in academia?
Authority-Bias	When making a claim, please share your experience or the case of a colleague based on the opinion of a specific expert, rather than claiming relativity based on evidence.
Law-Of-Triviality	Please share your experience when you spent a lot of time discussing trivial matters in a meeting where you had to make an important decision.
Dunning-Kruger Effect	Do you have any experiences that you did not know before, but after you have gained more experimentation or research experience, have you realized that you have made a mistake or made a mistake?
Planning Fallacy	Think of your recent plans, such as research or experiments. Was the completion time different from your plan?
Illusion of Transparency	Have you ever experienced embarrassment when a senior researcher or professor briefly explains your research because you thought you knew everything? Or, conversely, have you ever had an experience that you thought you explained in detail, but the listener didn't understand?
Elimination by Aspects	Have you ever used heuristics (intuition) such as factor-by-factor elimination without going through quantitative evaluation in a selection problem? Have you ever missed out on the best option as a result?

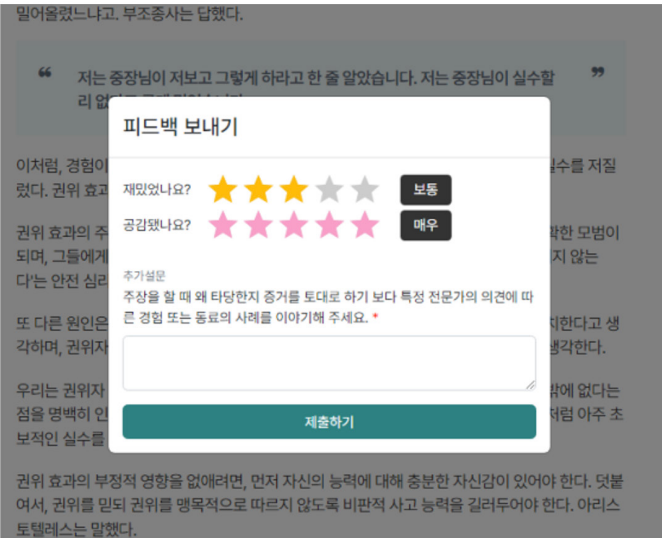


Fig. 7. User empathy check, feedback, and additional survey examples

사용자의 공감도 표시와 피드백 보내기는 사용자가 경험한 내용을 바탕으로 심층적인 진단과 의견을 제공하여 개별화 교육의 효과를 내기 위해서이다. 하지만 웹에서 이 기능들의 숨은 기능은 인지편향과 관련된 과학 연구자들의 상황을 지속적으로 관찰하고, 사용자의 경험 자료를 수집하여 인지편향에 관한 다양한 연구에 활용하기 위함이다. 이와 같은 방법은 서비스를 통해 생성된 사용자 정보를 다시 시스템에 활용하는 것으로 플랫폼이 가지는 중요한 특징이다(Idoughi et al., 2012).

Technical Features of the Program

‘시비카’ 프로젝트는 서비스의 빠른 구축을 위해 서버리스(serverless) 개발 모델을 적용했다. 서버리스로 개발된 시스템은 서버 인프라의 프로비저닝, 유지 관리, 스케일링 등의 일상적인 작업에 구애받을 필요 없이 콘텐츠를 배포할 수 있다. 연구팀의 개발력이나 개발 상황에 상관없이 표준적인 시스템을 사용할 수 있으므로, 각 프로젝트의 상황에 맞게 콘텐츠 구성을 바꾸는 일이 매우 쉽다. 본 프로그램은 프론트의 경우 ‘Next.js’로 제작, vecel로 배포하였으며, 데이터베이스는 Firebase NoSQL로 개발되었다. 사용자의 인증은 Google OAuth 2.0으로 진행되어, 사용자가 기존의 이메일을 사용할 수 있도록 하여 인증 절차를 간소화하였다. 연구자는 필요에 따라 서비스 공급자가 제공하는 스케일업 및 스케일다운 기능을 사용할 수 있다. 예를 들어, 매일 200명가량의 트래픽을 감당해야 하는 경우, 사용한 만큼만 서비스 공급자에게 트래픽 요금을 지불하면 되며, 연구가 끝난 뒤에도 비용이 완전히 0인 상태로 배포 상태를 유지할 수 있다. 개발된 ‘시비카’는 프로젝트의 static 디렉토리 안에 있는 Markdown 파일을 자동 인식해, Next.js의 정적 페이지 생성 기능을 통해 파일 내의 정보를 읽어 콘텐츠 페이지로 렌더링한다. 서버 빌드 타임에 페이지를 미리 생성하므로 런타임 로딩 속도를 최소화할 수 있다. 웹페이지 내의 추천기, 넷지 등 사용자의 데이터에 따른 동적 처리가 필요한 부분은 서버 사이드 렌더링을 통해 페이지를 렌더링한다. 웹브라우저에서 직접 데이터 요청을 보내지 않아도 되므로, 콘텐츠의 깜박임(flickering) 현상이 없어지고, HTTP 요청에 따른 라우팅 내역이 예측 가능한 형태로 쌓이게 된다.

Conclusions and Educational Implications

Advantages and Availability

개발된 ‘시비카’ 웹프로그램은 과학연구자의 창의적 사고를 제한하고, 과학적 문제해결력을 저해할 수 있는 인지편향의 조절 능력 신장을 위한 프로그램이다. 본 웹 기반 프로그램의 가장 큰 장점은 과학연구자를 위한 맞춤형 프로그램으로서, 개인별 편차가 큰 인지편향에 적합하게 적용 가능하다는 것이다. 또한, 사용자에게 정기적으로 교육을 독려할 수 있으며, 참여자는 자신의 연구 활동이나 학업 일정에 방해받지 않는 시간으로 교육 시간을 조절할 수 있다. 참여자의 참여를 독려하는 또 다른 방법으로, 참여자가 완료한 교육 활동과 아직 참여하지 않은 활동이 구분되도록 하여, 자신의 교육 이수 정도를 직관적으로 확인하며 성취감을 가질 수 있도록 하였다. 본 프로그램의 개발 목적인 KAAR 모델의 적용은 사용자가 프로그램에 접속하면 서부터 시작된다. 인지편향이 과학연구자들의 사고에 영향을 미칠 수 있다는 것인 인지하고, 인지편향의 속성을 알게 되면서부터 본 프로그램의 기능은 시작된다고 볼 수 있다. 사용자들은 자신의 경험에 비추어 설문에 응답하고 관련된 콘텐츠를 접한 후, 자신의 연구상황에서 변화를 끌어낼 수 있기를 기대할 수 있다. 본 프로그램을 위해 개발된 문항들은 과학연구자뿐 아니라, 문제 중심이나 프로젝트 중심의 학생 주도형 탐구 학

습에도 활용하여 학습자의 인지 편향적 요소를 조절하는 데 도움을 줄 수 있다(Hwang et al., 2021). 본 프로그램이 다양한 인지편향 조절교육에 활용되기 위해서는 적용할 사용자의 수준을 파악하고 적절한 콘텐츠 개발이 필요하다. 실제 사용자들의 교육을 통한 효과성 검증은 아직 이루어지지 않아, 프로그램의 구성과 운영에 있어 나타날 수 있는 문제점은 본 연구의 한계점과 해결해야 할 과제로 남아있다. 그러나, 본 프로그램은 교육적 자료의 추가 또는 수정이 기술적으로 수월하다는 장점이 있으며, 동시에 많은 접속자가 교육에 참여하여도 원활한 운영이 가능한 체계를 갖추고 있다. 아울러, 연구팀 내 구성원과 외부 연구원들의 교차 검증을 통해 프로그램의 구성적, 운영적 검증은 완료된 상태이다.

인지편향은 과학연구자의 창의적 사고나 체계적 문제해결력을 제한할 뿐만 아니라, 경직된 사고를 유발하는 요인이 된다. 따라서, 인지편향을 줄이고 유연한 사고를 하도록 교육하는 것은 다양한 교육적 의미를 지닌다. 오늘날 우리나라의 교육과정에서 강조하는 지향점 중 하나인 포용교육과 지속가능발전 교육의 관점에서도 습관적 사고를 줄이고, 다양성을 존중하는 유연한 사고능력을 길러줄 수 있는 교육 또한 필요하다. 학생들에게 사람의 사고에 편향이 나타날 수 있음을 알리는 것은 편향을 조절할 수 있는 첫단계 전략이 될 수 있다(Aczel et al., 2015; Babcock & Loewenstein, 1997). Fischhoff(1982)은 편향을 줄일 수 있는 첫 번째 절차는 사람들에게 편향의 존재를 알리는 것이라고 제안했다. 따라서, 본 프로그램은 학습자에게 인지편향의 존재를 알리고, 기본 지식을 제공할 수 있는 도구로 활용될 수 있다. 본 연구 프로그램은 프로젝트의 상황에 맞게 콘텐츠 구성의 변경이 쉽게 구성되어 있다. 또한, 교육생 친화적인 콘텐츠를 활용하여, 인지적 스트레스를 최소화하여 교육할 수 있다. 마지막으로 교육 콘텐츠와 내재화 시스템이 긴밀하게 연결되어 있어, 향후 인지편향 조절 교육의 효과를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

Follow-up Research Plan

개발된 웹프로그램은 실질적인 사용자를 통해 효과성을 검증한 것은 아니므로, 후속 연구를 통해 프로그램의 효과성을 탐색하고자 한다. 연구팀은 개발된 프로그램의 효과성을 탐색하기 위해 후속 연구를 계획하고 연구팀 소속기관의 생명윤리 승인을 득하였다(KWNUIRB-2022-04-001-001). 추후 자발적 참여 의사를 밝힌 이공과학계열 석박사과정 대학원생 40여 명을 모집하여, 정기적으로 웹에 접속하여 설문에 응답한 후 추천된 자료를 접하도록 독려하고, 개인의 답변과 반응에 따라 즉각적인 피드백과 질문에 대한 연구자의 피드백을 제공할 것이다. 사용자의 교육은 약 2개월간 지속할 예정으로, 사용자의 피드백을 바탕으로 프로그램의 효과성과 활용 가능성을 탐색하고자 한다.

Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (No. NRF-2020R1C1C1006167) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT, Korea).

References

- Aczel, B., Bago, B., Szollosi, A., Foldes, A., & Lukacs, B. (2015). Is it time for studying real-life debiasing? Evaluation of the effectiveness of an analogical intervention technique. *Frontiers in Psychology*, 6, 1120.

- Aini, R. Q., Syabandari, Y., Rusmana, A. N., & Ha, M. (2021). Addressing challenges to a systematic thinking pattern of scientists: A literature review of cognitive bias in scientific work. *Brain, Digital, & Learning*, 11, 417-430.
- Aydemir, D., & Ulusu, N. N. (2020). Identifying and solving scientific problems in the medicine: Key to become a competent scientist. *Turkish Journal of Biochemistry*, 45, 225-257.
- Babcock, L., & Loewenstein, G. (1997). Explaining bargaining impasse: The role of self-serving biases. *Journal of Economic Perspectives*, 11, 109-126.
- Balakrishnan, B. (2018). Motivating engineering students learning via monitoring in personalized learning environment with tagging system. *Computer Applications in Engineering Education*, 26, 700-710.
- Benson, B. (2021, February, 15) "Conitive bias codex", cognitive biases. Retrieved from <https://busterbenison.com/piles/cognitive-biases>.
- Blatti, J. L., Garcia, J., Cave, D., Monge, F., Cuccinello, A., Portillo, J., ... Schwebel, F. (2019). Systems thinking in science education and outreach toward a sustainable future. *Journal of Chemical Education*, 96, 2852-2862.
- Chen, C. M. (2008). Intelligent web-based learning system with personalized learning path guidance. *Computers & Education*, 51, 787-814.
- Croskerry, P., Singhal, G., & Mamede, S. (2013). Cognitive debiasing 2: Impediments to and strategies for change. *BMJ Quality & Safety*, 22(Suppl 2), 65-72.
- Fischhoff, B. (1982). Debiasing. In D. Kahneman, P. Slovic, & A. Tversky (Eds.), *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases* (pp. 422-444). Cambridge: Cambridge University Press.
- Gigerenzer, G. (1996). "On narrow norms and vague heuristics: A reply to Kahneman and Tversky (1996)". *Psychological Review*, 103, 592-596.
- Ha, M. (2016). Exploring cognitive bias limiting rational problem solving and debiasing methods using science education. *Journal of Korean Association for Science Education*, 36, 935-946.
- Haselton, M. G., Nettle, D., & Murray, D. R. (2015). The evolution of cognitive bias. *The Handbook of Evolutionary Psychology*, 724-746.
- Hilbert, M. (2012). Toward a synthesis of cognitive biases: How noisy information processing can bias human decision making. *Psychological Bulletin*, 138, 211.
- Hwang, H., Park, E., & Ha, M. (2021). Development of a survey tool to diagnose cognitive biases in science researchers' research environment. *Brain, Digital, & Learning*, 11, 393-403.
- Idoughi, D., Seffah, A., & Kolski, C. (2012). Adding user experience into the interactive service design loop: A persona-based approach. *Behaviour & Information Technology*, 31, 287-303.
- Kahneman, D. (2003). A perspective on judgment and choice: Mapping bounded rationality. *American Psychologist*, 58, 697-720.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. New York, NY: Macmillan.
- Kahneman, D., Knetsch, J. L., & Thaler, R. H. (1991). Anomalies: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias. *Journal of Economic Perspectives*, 5, 193-206.
- Mair, C., Shepperd, M., & Jorgensen, M. (2014). Debiasing through raising awareness reduces the anchoring bias. Poster presented at 2014 British Psychological Society Annual Conference, Birmingham, UK.
- Matthews, M. R. (2014). *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science*. Routledge.
- Morewedge, C. K., Yoon, H., Scopelliti, I., Symborski, C. W., Korris, J. H., & Kassam, K. (2015). Debiasing decisions. improved decision making with a single training intervention. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 2, 129-140.
- Mueller, J. S., Melwani, S., & Goncalo, J. A. (2012). The bias against creativity: Why people desire but reject creative ideas. *Psychological Science*, 23, 13-17.

- Rachmatullah, A., & Ha, M. (2019). Examining high-school students' overconfidence bias in biology exam: A focus on the effects of country and gender. *International Journal of Science Education*, 41, 652-673.
- Rogers, E. M. (2010). *Diffusion of Innovations*. Simon and Schuster.
- Rusmana, A. N., Roshayanti, F., & Ha, M. (2020). Debiasing overconfidence among Indonesian undergraduate students in the biology classroom: An intervention study of the KAAR model. *Asia-Pacific Science Education*, 6, 228-254.
- Samuelson, W., & Zeckhauser, R. (1988). Status quo bias in decision making. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1, 7-59.
- Schmitt - Beck, R. (2015). Bandwagon effect. *The International Encyclopedia of Political Communication*. 1-5.
- Shepperd, M., Mair, C., & Jørgensen, M. (2018). An experimental evaluation of a debiasing intervention for professional software developers. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on Applied Computing*, France, 1510-1517.
- Tetlock, P. E. (1985). Accountability: A social check on the fundamental attribution error. *Social Psychology Quarterly*, 48, 227-236.
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness*. Yale University Press.
- Todd, E. M., Higgs, C. A., & Mumford, M. D. (2019). Bias and bias remediation in creative problem-solving: Managing biases through forecasting. *Creativity Research Journal*, 31, 1-14.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, 1124-1131.
- Vonk, R. (1999). Effects of outcome dependency on correspondence bias. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25, 382-389.
- Williams, J. D. (2011). *How Science Works: Teaching and Learning in the Science Classroom*. A&C Black.

Authors Information

Bae, Sang-woo: Seogang University, Undergraduate student, First Author

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6700-0521>

Park, Eun-Ju: Kangwon National University, Researcher, Co-Author

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4675-4919>

Ha, Min-Su: Knagwon National University, Professor, Corresponding Author

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3087-3833>