

연구 재현성 확보를 위한 대안적 접근 : 연구자 경험과 통계 소프트웨어 활용

An Alternative Approach to Securing Research Reproducibility : Researcher Experience and Utilization of Statistical Software

안수현, 이상준*

세명대학교 교양대학

Su-Hyun Ahn, Sang-Jun Lee*

College of General Education, Semyung University, Jecheon 27136, Korea

[요약]

본 연구는 재현성 확보를 위한 대안적 접근으로 오픈소스 통계 소프트웨어 Jamovi의 활용 가능성을 탐색하는데 목적이 있다. 이를 위해 다양한 학문 분야의 연구자들을 대상으로 서술형 설문조사를 실시하여 재현성 문제의 원인과 그 해결 방안을 조사하였고, Jamovi의 사용이 통계적 재현성 문제 해결에 기여할 수 있는지에 대해 실증적으로 분석하였다. 연구 결과 Jamovi의 데이터와 분석 결과를 하나의 파일로 통합하는 기능은 분석의 투명성을 보장하는데 중요한 역할을 하였다. 또한 Jamovi의 Rj Editor 모듈을 활용하면 고급 통계 분석을 수행하면서 분석 과정의 모든 절차를 R 코드로 변환할 수 있어 통계적 재현성을 높일 수 있는 가능성을 확인하였다. 본 연구는 Jamovi가 연구 재현성 문제 해결을 위한 실질적인 도구로 작용할 수 있음을 강조하며, 이를 통해 학문적 연구의 신뢰성을 강화하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

[Abstract]

The purpose of this study is to explore the possibility of using open-source statistical software Jamovi as an alternative approach to securing reproducibility. To this end, a descriptive survey was conducted on researchers in various academic fields to investigate the causes of the reproducibility problem and its solutions, and whether the use of Jamovi could contribute to solving the statistical reproducibility problem was empirically analyzed. The function of integrating Jamovi's data and analysis results into a single file played an important role in ensuring transparency in analysis. In addition, the possibility of enhancing statistical reproducibility was confirmed by using Jamovi's Rj Editor module to convert all procedures in the analysis process into R codes while performing advanced statistical analysis. This study emphasizes that Jamovi can act as a practical tool for solving research reproducibility problems, and through this, it is expected to contribute to strengthening the reliability of academic research.

Key Words: Jamovi, Reproducibility, Research experience, Rj Editor, Statistical software

<http://dx.doi.org/10.14702/JPEE.2024.803>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 12 October 2024; **Revised** 18 October 2024

Accepted 22 October 2024

***Corresponding Author**

E-mail: leesangjun@semyung.ac.kr

1. 서론

재현성(reproducibility)은 과학적 연구의 신뢰성을 평가하는 핵심 개념 중 하나로 동일한 데이터와 연구 방법을 사용했을 때 다른 연구자들이 동일한 결과를 도출할 수 있음을 의미한다. 재현성은 학문적 연구에서 필수적인 요건으로 간주되며, 이를 통해 과학적 지식이 축적되고 확장될 수 있다[1]. 연구자들은 재현성의 정의와 구분을 다양하게 정의하였는데, Goodman은 연구 절차와 데이터를 충분히 제공하여 동일한 절차를 이론적 또는 실제로 정확히 반복할 수 있는 ‘방법 재현성(methods reproducibility)’, 새로운 연구에서 동일한 절차를 따라 독립적으로 실험을 수행했을 때 동일한 결과를 도출할 수 있는 ‘결과 재현성(results reproducibility)’, 연구가 재현되거나 재분석될 때 동일한 데이터에서 유사한 강도의 결론을 도출할 수 있는 ‘추론 재현성(inferential reproducibility)’으로 세분화하여 설명하였다[2]. 또한 Stodden은 물리적으로 실험을 반복하고 확증하는데 필요한 모든 사항을 제공하는 ‘실험적 재현성(empirical reproducibility)’, 계산적이고 분석적인 결과물을 반복하는데 필수적인 자원을 제공하는 ‘계산 통계적 재현성(computational and statistical reproducibility)’으로 제안하였다[3].

최근에는 재현성 위기(reproducibility crisis)라는 용어가 등장하며, 많은 연구 결과가 재현되지 않는 현상이 대두되고 있다. 2016년 Nature가 진행한 설문조사에 따르면 1,500명 이상의 연구자들 중 70% 이상이 자신이 수행한 연구를 재현하지 못한 경험이 있으며, 50% 이상은 다른 연구자의 결과를 재현하는 데 실패한 경험이 있다고 보고했다[4]. 이 통계는 연구 재현성 문제의 범위와 심각성을 명확히 드러내며, 학계에서 재현성 위기에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있는 이유를 설명해준다. 이러한 위기는 단순히 특정 연구 분야에 국한된 문제가 아니라 심리학, 생의학, 경제학 등 다양한 학문 분야에 걸쳐 광범위하게 나타나고 있다. 연구 결과가 재현되지 않는다는 것은 그 연구의 결론을 신뢰할 수 없다는 의미로 해석될 수 있으며, 이는 연구 자금의 낭비와 잘못된 정책 결정으로 이어질 위험이 있다[5]. 연구의 재현성은 연구자들 간의 협력, 학문적 검증, 그리고 실질적인 응용 가능성에 있어 필수적이다. 재현성은 단순히 데이터를 반복하는 행위로 그치는 것이 아니라 연구 과정에서의 모든 단계(연구설계, 데이터 수집, 통계분석, 해석)가 일관되게 적용될 수 있는지를 확인하는 과정을 포함한다[6].

재현성 위기의 주요 원인은 다양하지만, 다음과 같은 몇 가지 요인이 대표적으로 꼽힌다. 첫째, 출판 편향(publication

bias)은 긍정적인 결과만이 출판되는 경향을 의미한다[7]. 또한 연구자들이 자신에게 유리한 결과만을 선택적으로 보고하는 행위 역시 재현성을 저해하는 중요한 요인인데, 이러한 편향은 특히 연구 결과의 객관성과 신뢰성에 중대한 영향을 미친다[8]. 둘째, 연구 설계의 불충분한 표준화는 재현성 문제의 주요 원인 중 하나로 지적된다[9]. 동일한 연구 질문에 대해 서로 다른 연구 설계가 적용될 경우 연구자 간 결과의 일관성을 유지하기 어려워진다. 예를 들어 연구 가설의 설정, 실험 조건, 데이터 수집 방식에서의 미세한 차이들이 결과에 큰 영향을 미칠 수 있다. 셋째, 데이터 수집 과정에서의 편향도 재현성 위기를 심화시키는 중요한 요소이다[10]. 연구자들이 데이터를 수집할 때 무의식적으로나 의도적으로 편향된 표본을 선택하거나 불완전한 데이터 처리 방법을 사용할 경우, 이는 연구 결과의 왜곡을 초래할 수 있다. 넷째, 분석 방법의 과대적합(overfitting)은 통계적 모델이 데이터에 과도하게 맞추어져 본래의 패턴이 아닌 우연한 변동성을 설명하게 되는 문제를 불러온다. 이는 특히 예측 모델에서 큰 문제로 작용하며, 추후 데이터에서 동일한 결과를 재현할 수 없게 만든다[11].

그러나 이러한 재현성 문제를 더욱 악화시키는 중요한 요인 중 하나는 통계 소프트웨어의 한계와 사용자의 미숙함이다[12]. 현대의 많은 연구는 복잡한 통계 분석을 요구하며, 연구자가 사용하는 소프트웨어에 따라 분석 과정에서 미세한 차이가 발생할 수 있다. 통계 소프트웨어가 제공하는 알고리즘의 구현 방식, 수치 계산의 정확성, 데이터 전처리 단계에서의 미세한 차이점들이 연구 결과의 일관성을 해칠 수 있다[13]. 또한 통계 소프트웨어의 사용자가 충분한 훈련을 받지 못하거나 그 기능을 완전히 이해하지 못할 경우, 동일한 연구도 소프트웨어 설정에 따라 다른 결과를 도출할 위험이 있다[14]. 재현성 위기 해결을 위한 다양한 논의와 시도에도 불구하고 많은 연구자들이 실질적으로 재현성을 확보하는 데 어려움을 겪고 있다. 재현성 문제를 해결하기 위한 다양한 접근법 중 하나인 오픈 사이언스(Open Science) 운동은 연구 데이터와 분석 과정의 투명성을 강조하며, 연구 결과의 재현성을 높이는 데 중요한 역할을 하고 있다. 오픈 사이언스는 연구 데이터와 코드의 공유를 통해 연구자들 간의 협력과 검증을 촉진하며, 이를 통해 과학적 지식의 신뢰성을 높이고자 한다[15].

이러한 흐름에서 통계적 재현성 문제를 해결하기 위한 소프트웨어 도구의 개발과 활용이 중요한 논의 주제로 떠오르고 있다. 통계 소프트웨어는 재현성 문제 해결에 중요한 역할을 하고, 연구 결과의 투명성과 신뢰성을 강화하는 데 기여할 수 있다. 특히 복잡한 통계 분석이 필요한 연구에서 재

현성은 필수적이며, 동일한 조건 하에서도 통계 소프트웨어나 분석 방법의 차이에 따라 결과가 달라질 수 있다는 점이 자주 지적되고 있다[3]. 전통적으로 R이나 Python과 같은 프로그래밍 기반 도구가 널리 사용되었으나 이러한 도구들은 초보 연구자에게는 진입 장벽이 높을 수 있다. 이러한 시도의 일환으로 Jamovi는 연구자가 보다 직관적이고 일관된 분석을 수행할 수 있도록 설계된 GUI 기반의 통계 소프트웨어로 주목받고 있다. Jamovi는 R 프로그래밍 언어를 기반으로 설계된 오픈소스 통계 소프트웨어로 사용자가 복잡한 코딩 없이도 강력한 통계 분석을 수행할 수 있도록 도와준다. 특히 Jamovi의 R 모듈은 GUI 기반의 분석 과정에서 모든 절차를 R 코드로 변환해 자동으로 기록할 수 있기 때문에 다른 연구자들이 이를 재현할 수 있는 중요한 수단을 제공한다. 이는 재현성 문제 해결에 중요한 기여를 할 수 있는데, Jamovi는 모든 분석 과정을 R 코드로 기록하여 다른 연구자들이 동일한 분석을 반복할 수 있도록 지원하기 때문이다[16].

따라서 본 연구의 주요 목적은 재현성 문제를 해결하기 위한 대안적 접근으로 Jamovi 소프트웨어와 R 모듈의 활용 가능성을 탐구하는 것이다. 특히 다양한 학문 분야에서 연구자들이 직면하고 있는 실질적인 재현성 상황을 전문가 인터뷰를 통해 파악하고, 이들이 겪고 있는 어려움을 해결할 수 있는 방안으로 Jamovi의 기능을 탐색하고자 한다. 이를 통해 Jamovi가 연구자의 통계적 재현성 확보에 얼마나 효과적인지를 실증적으로 검토하고, 그 결과를 다양한 분야의 연구에 어떻게 적용할 수 있을지를 살펴본다. 이에 다음과 같은 구체적인 연구 질문에 답하고자 한다. 첫째, 전문가들은 통계적 재현성 문제에 대해 어떻게 인식하고 있으며, 이들이 경험하는 주요 도전 과제는 무엇인가? 둘째, Jamovi 소프트웨어와 R 모듈은 이러한 재현성 문제를 해결하는 데 얼마나 효과적인 일 수 있는가? 본 연구를 통해 얻어진 결과는 연구자들이 보다 일관된 연구 결과를 도출할 수 있도록 돕는 실질적인 해결책을 제공하고, 통계 소프트웨어의 발전이 연구 신뢰성에 미치는 영향을 평가하는 데 기여할 것이다.

II. 연구 설계

본 연구는 재현성 문제 해결을 위한 실증적 탐구를 목적으로 두 가지 주요 단계를 설정하였다. 첫째, 다양한 학문 분야에서 재현성 문제를 경험한 전문가들을 대상으로 서술형 설문조사를 진행하였다. 재현성의 여러 측면 중 통계적 재현성에 초점을 맞추면서 그들이 직면한 재현성 문제와 도전 과제를 파악하였다. 둘째, 설문조사에서 도출된 문제들을 해결하

기 위한 대안적 방법으로 데이터 처리 및 분석 과정의 표준화를 통한 재현성 확보에 중점을 두었다. 이 과정을 통해 재현성 문제 해결을 위한 실질적인 전략을 제시하고, Jamovi 소프트웨어와 R 모듈을 활용한 실증 분석을 수행하여 Jamovi의 실효성을 평가하고자 하였다. 특히 Jamovi가 제공하는 다양한 기능이 연구 과정에서 발생하는 데이터 처리의 불일치나 분석 절차의 비일관성 문제를 해결할 수 있는 도구로서 어떻게 기능하는지를 분석한다. 이를 통해 Jamovi가 통계적 재현성을 높이는 데 중요한 역할을 할 수 있음을 확인하고자 한다.

A. 전문가 서술형 설문조사

본 연구의 첫 번째 단계인 서술형 설문조사에 참여한 전문가들은 재현성이 요구되는 다양한 분야에서 활동하는 전문가들로 구성되었다. 설문조사 참여자는 총 6명으로, 이들은 다음과 같은 기준에 따라 선정하였다. 1) 통계학, 교육학, 바이오헬스 분야 등에서 활발하게 연구를 수행하고, 2) 최소 5년 이상의 연구 경력을 보유하면서, 3) 연구 과정에서 재현성 문제를 경험하거나 이를 다룬 연구를 수행하고 있는 전문가들로 구성하였다. 참여자의 다양한 학문적 배경은 재현성 문제가 학문 분야별로 어떻게 다르게 나타나는지를 파악하기 위한 중요한 요소로 작용하였다. 소규모 전문가 집단은 심층적이고 전문적인 의견을 얻기 위한 것으로 전문가의 수보다는 깊이 있는 지식과 경험이 더욱 중요하게 작용한다. 양적인 설문조사와는 다른 목적을 가지기 때문에 복잡한 주제나 특정 전문 분야의 경우 소수의 전문가 의견이 오히려 더 깊이 있는 분석을 제공할 수 있다[17]. 전문가 집단의 규모가 작더라도 참여자들의 전문성이 높고, 해당 분야에서 중요한 통찰을 제공할 수 있다면 그 결과는 충분히 신뢰할 만한 것으로 간주될 수 있다[18].

서술형 설문조사의 질문은 전문가들의 경험을 바탕으로 재현성 문제에 대한 구체적 사례와 해결책을 도출하기 위해 1) 연구 과정에서 겪은 재현성 문제의 구체적인 사례, 2) 재현성 문제를 해결하기 위해 사용한 도구와 방법, 3) 통계 소프트웨어가 재현성 문제에 미친 영향, 4) 재현성을 높이기 위한 바람직한 도구와 방법에 대한 제언으로 구성하였다. 각 참여자는 이러한 질문에 대해 자신의 경험과 의견을 서술형으로 작성하여 제출하였으며, 모든 응답은 주제별로 유목화하여 분석에 사용되었다. 본 연구는 연구 참여자의 개인 정보 보호와 익명성을 보장하기 위해 엄격한 윤리적 절차를 따랐다. 연구 참여자들은 연구의 목적과 절차에 대해 충분히 설명을 들은 후 자발적으로 연구에 참여하였으며, 연구 중

수집된 모든 데이터는 익명으로 처리되었다. 또한 연구 결과는 연구 참여자의 개인 신상 정보가 공개되지 않도록 철저히 보호된 상태에서 보고되었다.

서술형 설문조사를 선택한 이유는 다음과 같은 합리적이고 타당한 근거에 기초한다. 1) 연구 참여자들이 대부분 바쁜 학문적 일정을 소화하고 있는 현직 전문가들이기 때문에 1:1 대면 또는 화상 인터뷰를 진행하는 것은 시간적 부담이 크다는 점이 있었다. 서술형 설문조사는 참여자들이 본인의 시간에 맞추어 유연하게 응답할 수 있는 기회를 제공하며, 연구 일정에 맞춰 효율적으로 자료를 수집할 수 있다는 장점이 있다[19]. 2) 서술형 설문조사는 전문가들이 자신의 생각을 깊이 있게 정리하고, 보다 신중하게 응답할 수 있도록 유도한다. 연구 참여자들이 자신의 경험을 서술형으로 기술하는 과정에서 구체적이고 체계적인 답변을 제공할 수 있는 가능성이 높다[20]. 또한 서술형 형식은 참여자들이 민감한 주제나 자신의 연구와 관련된 문제에 대해 보다 자유롭게 의견을 표현할 수 있도록 돕는다. 3) 서술형 설문조사는 모든 답변이 텍스트 형태로 기록되기 때문에 이후 자료 분석과 관리가 용이하다. 이러한 응답은 인터뷰 내용의 전사를 요구하지 않으며, 참여자들의 답변이 이미 정리된 상태로 제공되기 때문에 분석의 신속성과 정확성을 높일 수 있다[21].

B. 통계 소프트웨어의 대안적 활용

연구의 두 번째 단계에서는 서술형 설문조사에서 도출된 문제들을 해결하기 위한 대안적 방법으로 오픈소스 통계 소프트웨어인 Jamovi의 활용 가능성을 탐색하였다. Jamovi의 장점은 1) 무료로 제공되며, 사용자 친화적인 GUI 방식이기 때문에 사용자가 복잡한 코딩 없이 통계 분석을 수행할 수 있다. 2) 분석 설정을 변경할 때마다 실시간으로 분석 결과를 업데이트할 수 있고, 데이터와 분석 옵션, 결과를 하나의 파일로 통합 저장할 수 있다. 3) 다양한 통계 모듈을 통해 고급 분석을 지원하고, 이러한 모듈화된 접근 방식은 사용자가 필요에 따라 기능을 추가하고 삭제할 수 있다. 4) 분석 과정의 모든 절차를 R 코드로 변환할 수 있고, 동일한 분석을 반복하거나 다른 사람과 공유할 수 있어 재현성 문제 해결에 중요한 도구로 작용할 수 있다. 특히 학문적 연구에서 재현성은 연구 결과의 신뢰성과 타당성을 평가하는 핵심 요소로 작용하는데, Jamovi는 이를 보다 쉽게 달성할 수 있도록 돕는다. 연구자가 Jamovi에서 데이터를 분석하면, 해당 분석의 전체 과정이 자동으로 기록되고, 이를 다른 연구자가 재현할 수 있도록 저장된다[22].

또한 재현성 위기를 해결하기 위해 Jamovi는 데이터를 관

리·분석하는 투명하고 표준화된 방법을 제공하며, 연구자들 간의 협업을 촉진하는 데 기여할 수 있다. 이러한 특성들은 Jamovi를 재현성 문제 해결의 실질적인 도구로 만들며, 연구자가 고급 통계 분석을 쉽게 접근하고 투명하게 기록할 수 있는 환경을 제공한다. 또한 Jamovi와 R의 연동 기능을 활용하면 GUI 기반 분석뿐만 아니라, 고급 프로그래밍 기반 분석까지도 가능하므로 연구자의 요구에 맞는 유연한 분석 환경을 제공한다[23]. 이에 본 연구는 Jamovi에서 가상의 데이터를 만들어 구체적인 사례를 바탕으로 통계적 재현성을 탐색하였다. 보다 구체적으로 Jamovi의 GUI를 사용하여 데이터를 처리한 후 분석 결과를 R 코드로 변환해 이를 기반으로 분석을 진행하였고, 이 과정에서 Jamovi의 재현성 보장 기능과 한계를 평가하였다.

III. 연구 결과

A. 전문가 서술형 설문조사 결과

다양한 전공 분야의 전문가 서술형 설문조사 분석 결과는 다음과 같다. 전문가 1(응용통계 분야에서 회귀 분석과 예측 모델링 연구 수행)은 대규모 데이터를 다루는 연구에서 재현성 문제를 경험했다. 이 전문가는 동일한 데이터를 사용하여 여러 연구자가 회귀분석을 수행했을 때, 연구자 간에 미세한 차이로 인해 결과가 달라질 수 있음을 지적했다. “통계분석에서 변수 선택이나 모델 설정의 미세한 차이가 큰 영향을 미칠 수 있습니다. 특히 회귀분석의 경우 변수 선택 기준이 조금씩 다르거나 데이터 전처리 방법이 달라지면 최종 결과가 달라지기 쉽습니다. 예를 들어, 결측값 처리 방식이나 변수 변환 방법이 연구자마다 다르다면 동일한 데이터를 사용하더라도 결과의 재현성이 떨어질 수 있습니다.” 이 전문가는 연구자 간의 데이터 처리 및 분석 절차를 보다 표준화할 필요가 있다고 제안했다.

전문가 2(학습 성과 평가, 교육 프로그램 효과 분석)는 교육 프로그램 효과성 연구에서 재현성 문제가 발생하는 사례를 언급했다. “동일한 교육 프로그램을 여러 학교에서 실행한 후 효과를 분석했을 때 연구자의 평가 방법에 따라 결과가 달라지는 문제가 빈번하게 발생했습니다. 교육 프로그램의 효과성을 평가할 때, 각 연구자가 사용하는 측정 도구나 데이터 분석 방법이 조금씩 다르다면 동일한 프로그램이라도 다른 효과를 도출할 수 있습니다. 예를 들어, 성취도를 측정하는 도구가 다르거나, 사전-사후 검사 방식이 일관되지 않으면 결과가 달라질 수 있습니다.” 이 전문가는 연구자 간 평

가 도구와 분석 절차를 통일하고, 데이터 수집과 분석의 표준화를 강조하였다.

전문가 3(바이오헬스)은 임상 데이터를 분석하는 과정에서 재현성 문제가 발생하는 여러 사례를 언급했다. 임상 연구에서는 동일한 환자군 데이터를 여러 병원에서 수집하여 분석하는 경우가 많으며, 이 과정에서 데이터 수집 방법이나 변수 정의가 병원마다 다를 수 있음을 지적했다. “동일한 환자군에 대해 병원마다 조금씩 다른 기준으로 데이터를 수집하는 경우가 있습니다. 예를 들어, 혈압이나 심박수 측정 방식이 병원에 따라 달라질 수 있으며, 이는 최종 분석 결과에 큰 영향을 미칩니다.” 이 전문가는 데이터 수집 과정에서 표준화된 프로토콜을 사용하는 것이 중요하다고 강조했고, 분석 도구와 방법을 명확히 문서화하고 공유할 필요가 있다고 지적했다.

전문가 4(경제 예측 모델링, 정책 분석)는 경제 모델링 연구에서 재현성 문제가 발생하는 상황을 설명했다. 특히 거시 경제 데이터를 사용한 정책 분석 연구에서 변수 선택 및 데이터 처리 방식에 따라 결과가 크게 달라질 수 있다고 언급했다. “정책 분석에서 경제 데이터를 사용하는 경우, 연구자가 선택하는 변수나 데이터 전처리 방식이 재현성에 큰 영향을 미칠 수 있습니다. 예를 들어 통화 정책을 분석할 때 실업률, 인플레이션 등 변수의 선택과 처리 방식에 따라 결과가 다르게 나타날 수 있습니다.” 이 전문가는 재현성을 보장하기 위해 분석 과정의 세부적인 설정과 데이터를 명확히 문서화할 필요가 있다고 강조했다.

전문가 5(인지 실험, 행동 분석)는 실험 데이터의 분석 과정에서 재현성 문제를 경험했다. 특히 실험 조건의 미세한 변화가 실험 결과에 큰 영향을 미칠 수 있다고 언급했다. “동일한 실험을 반복하려고 해도 실험 환경이나 참여자의 상태가 미세하게 달라지면 결과가 변동될 수 있습니다. 예를 들어 실험실 온도나 소음과 같은 외부 변수가 참여자의 반응에 영향을 미쳐 결과가 일관되지 않을 수 있습니다.” 이 전문가는 실험 설계와 절차의 표준화를 통해 이러한 문제를 최소화하려고 했지만 실험 조건을 완전히 통제하는 것이 어렵다고 지적했다.

전문가 6(사회적 불평등 분석, 대규모 설문 데이터 분석)은 대규모 설문 데이터를 분석하는 과정에서 재현성 문제가 발생할 수 있음을 지적했다. 설문 데이터는 응답자의 주관적인 답변에 의존하기 때문에 연구자가 동일한 데이터를 다루더라도 설문문항의 해석방식이나 분석방법에 따라 결과가 다르게 나타날 수 있음을 언급했다. “동일한 설문 데이터를 사용하더라도 연구자가 문항을 해석하거나 응답 범주를 재분류하는 방식에 따라 결과가 달라질 수 있습니다. 특히 비

표 1. 전문가 서술형 설문조사 결과

Table 1. Expert Descriptive Survey Results

참여자	주요 이슈
전문가 1 (통계학)	변수 선택 및 결측값 처리 방식의 미세한 차이로 인한 결과 변동성 데이터 전처리 방식이 재현성에 미치는 영향
전문가 2 (교육학)	교육 프로그램 효과성 평가에서 평가 도구와 분석 방법의 차이로 인한 결과 변동성 동일한 프로그램에도 불구하고 측정 방식의 차이로 재현성이 확보되지 않는 문제
전문가 3 (바이오헬스)	병원 간 데이터 수집 방법의 차이로 인한 분석 결과의 변동성 임상 연구에서 변수 정의 및 측정 방식의 차이로 인해 재현성이 저하되는 문제
전문가 4 (경제학)	경제 정책 분석에서 변수 선택과 데이터 처리 방식의 차이로 인한 결과 변동성 데이터 처리 과정의 문서화 부족으로 인한 재현성 문제
전문가 5 (심리학)	실험 조건의 미세한 변화로 인해 실험 결과의 재현성이 저하되는 문제 실험실 환경이나 외부 변수의 영향을 통제하기 어려운 문제
전문가 6 (사회학)	설문 문항 해석 방식과 응답 범주 재분류 방식의 차이로 인한 결과 변동성 설문 데이터 처리 방식의 일관성 부족으로 인한 재현성 문제

표준화된 응답 변수를 포함한 설문조사의 경우 이러한 문제가 심각할 수 있습니다.” 이 전문가는 설문 데이터의 일관된 처리를 위해 명확한 해석 지침과 데이터 처리 절차를 수립할 필요가 있다고 강조했다.

지금까지 전문가 인터뷰 내용을 정리해보면 재현성 문제는 표 1에서 보는 바와 같이 다양한 원인에 의해 발생할 수 있다는 공통된 견해가 도출되었다. 전문가들은 연구 설계의 미세한 차이, 데이터 전처리 방식의 차이, 측정 도구의 차이, 변수 선택 방식의 차이 등에서 재현성 문제를 주로 경험했다. 특히 데이터 처리 및 분석 과정에서의 세부적인 설정과 절차가 연구자 간 일관되지 않으면 동일한 데이터로도 재현성이 확보되지 않는 경우가 빈번했음을 강조하였다. 재현성 문제 해결을 위해서는 데이터 수집, 전처리, 분석 과정의 명확한 문서화와 표준화가 필요하다. 이를 통해 다른 연구자가 동일한 데이터와 절차를 따라 동일한 결과를 재현할 수 있는 가능성을 높일 수 있다. 이러한 표준화와 투명성은 모든 학문 분야에서 재현성 문제를 해결하는 데 중요한 요소로 작용할 것이다.

B. Jamovi의 활용 가능성 탐구 및 재현성 확보 방안

지금까지 서술형 설문조사 결과는 각 분야에서 재현성 문제를 학술적으로 구체화하고, 다양한 요인에서 발생하는 문

제를 설명해주고 있다. 이러한 전문가들의 의견을 바탕으로 Jamovi는 각 분야에서 제기된 통계적 재현성 문제를 해결할 수 있는 도구로 제시될 수 있다. Jamovi의 설계 철학은 복잡한 코딩 없이도 강력한 통계 분석을 수행할 수 있는 도구를 제공함으로써 비전문가를 포함한 다양한 사용자들이 고급 통계 분석에 접근할 수 있도록 돕는 것이다. 특히 통계 분석 과정에서 중요한 점은 투명성과 재현성인데, Jamovi는 데이터와 분석 과정을 명확히 기록하여 다른 연구자들과 쉽게 공유할 수 있는 기능을 통해 이러한 요구를 충족시킨다. Jamovi는 오픈소스 통계 소프트웨어로 제공되며, 이를 통해 학문적 연구의 중요한 원칙 중 하나인 오픈 사이언스 운동을 지원하고 있다. 오픈 사이언스는 연구 데이터와 방법론을 공개하여 과학적 연구의 투명성과 신뢰성을 높이려는 목표를 가지고 있으며, Jamovi는 이러한 목적을 달성하는 데 유용한 도구로 자리 잡고 있다.

보다 구체적으로 Jamovi를 사용하는 주요 이유는 다음과 같은 장점에서 찾을 수 있다. 1) 사용자 친화적인 인터페이스를 가진 Jamovi는 GUI 기반 소프트웨어로 코딩 지식이 없는 사용자도 손쉽게 통계 분석을 수행할 수 있다. 이는 기존의 통계 소프트웨어, 특히 R과 같은 고급 프로그래밍 언어를 사용하는 소프트웨어에 비해 진입 장벽을 낮추는 효과가 있다. 학문적 연구에서 통계 분석은 필수적인 과정이지만 많은 연구자들이 코딩에 대한 부담감 때문에 고급 분석 도구를 사용하기 어려워하는 현실을 반영한 것이다. 2) Jamovi는 분석 과정 전체를 파일로 통합하여 저장함으로써 연구의 재현성을 보장하는 데 중요한 역할을 한다. 데이터, 분석 과정, 결과가 모두 하나의 파일로 통합되어 저장되기 때문에 다른 연구자들이 동일한 데이터를 사용해 분석을 재현하기에 용이하고, 특히 Jamovi는 이 파일을 통해 동일한 분석이 반복될 수 있도록 지원하여 연구의 투명성을 높인다. 3) Jamovi는 오픈소스 소프트웨어이기 때문에 누구나 무료로 다운로드하여 사용할 수 있으며, 사용자들이 추가적인 모듈을 직접 개발하거나 사용할 수 있는 환경을 제공한다. 이로 인해 연구자들은 자신에게 맞는 분석 도구를 보다 쉽게 접근할 수 있으며, 이를 통해 연구 비용을 절감할 수 있다. 4) Jamovi는 다양한 통계 분석 기능을 제공하는 기본 패키지 외에도 추가적인 모듈 설치를 통해 연구자가 필요로 하는 특정 분석 기능을 손쉽게 확장할 수 있다. 이 모듈들은 Jamovi의 Modules Library에서 다운로드할 수 있으며, 연구자의 요구에 따라 자유롭게 선택 가능하다.

나아가 Jamovi는 Rj Editor라는 기능을 통해 Jamovi 내에서 R 스크립트를 직접 실행할 수 있도록 지원한다[24]. Rj Editor는 Jamovi의 GUI를 넘어서 고급 분석을 필요로 하는

연구자들에게 매우 유용한 도구인데, 이를 통해 연구자들은 GUI에서 수행한 분석을 더욱 확장하고, R의 고급 기능을 추가로 활용할 수 있다. Jamovi의 Rj Editor를 사용하면 Jamovi 내에서 R 스크립트를 작성하고 실행할 수 있으며, 이를 통해 통계적 재현성을 높이기 위한 고급 분석을 수행할 수 있다. Rj Editor는 다음과 같은 측면에서 유용하다. 1) Jamovi에서 제공하는 GUI 기반 분석 기능을 넘어서 연구자가 직접 R 스크립트를 작성하여 보다 복잡한 통계 모델이나 맞춤형 분석을 수행할 수 있다. 특히 실험 설계가 복잡하거나 특정 맞춤형 분석이 필요한 경우에 유용하다. 2) 연구자가 Rj Editor를 통해 작성한 R 스크립트는 Jamovi 파일과 함께 저장되므로 동일한 분석을 반복적으로 수행할 수 있는데, 이는 재현성을 확보하는 데 중요한 역할을 한다. 3) Rj Editor는 연구자가 GUI에서 시작한 분석을 더 발전시켜 R 코드를 학습할 수 있는 기회를 제공한다. 연구자는 Jamovi의 GUI를 사용해 기본 분석을 수행하고, 이를 바탕으로 Rj Editor에서 고급 분석을 수행하면서 점진적으로 R 코딩에 익숙해질 수 있다. 4) Rj Editor는 분석 과정을 코드로 기록하기 때문에 연구자들이 자신의 분석 방법을 명확히 기록하고, 이를 다른 연구자들과 공유할 수 있는데, 이는 연구 과정의 투명성을 높이며, 연구의 검증 가능성을 크게 향상시킨다.

이제 Rj Editor를 사용하여 Jamovi에서 어떻게 분석을 확장할 수 있는지, 구체적인 사례를 바탕으로 재현성 문제를 해결해보자. 예를 들어 어떤 연구자가 교육 데이터를 이용해 학생들의 학업 성취도에 영향을 미치는 다양한 요인(예: 성별, 가정 배경, 학교 환경 등)을 분석하기 위해 Jamovi에서 회귀 분석을 수행한다고 가정해본다. Jamovi의 GUI를 통해 이러한 분석을 간단하게 수행할 수 있지만, 연구자는 분석을 확장해 상호작용 효과(interaction effects)를 추가하거나, 특정 변수에 대해 맞춤형 변환을 적용하고자 할 수 있다. Jamovi의 기본 GUI에서는 이러한 고급 분석 기능이 제한적일 수 있으나, 이때 Rj Editor를 통해 R 스크립트를 작성하여 이러한 확장된 분석을 수행할 수 있다. 이 도구를 통해 연구자는 단순한 회귀 분석에서 시작하여, 상호작용 효과 추가, 변수 변환 등의 복잡한 분석을 직접 코드로 작성하고 실행할 수 있으며, Rj Editor를 활용한 구체적인 단계는 다음과 같다.

1. Jamovi 내에서 데이터 준비: 먼저 가상의 데이터로 시뮬레이션 하기 위해 그림 1과 같이 Jamovi의 Rj Editor를 활용하여 데이터를 생성한다.

2. GUI 기본 분석: Jamovi의 사용자 친화적인 GUI를 사용하여 기본적인 회귀 분석을 수행한다. 예를 들어 학생 성적을 종속 변수로 하고, 성별, 부모의 교육수준, 가정 환경 등을 독립 변수로 설정하여 회귀 모델을 구축한다. Jamovi에서

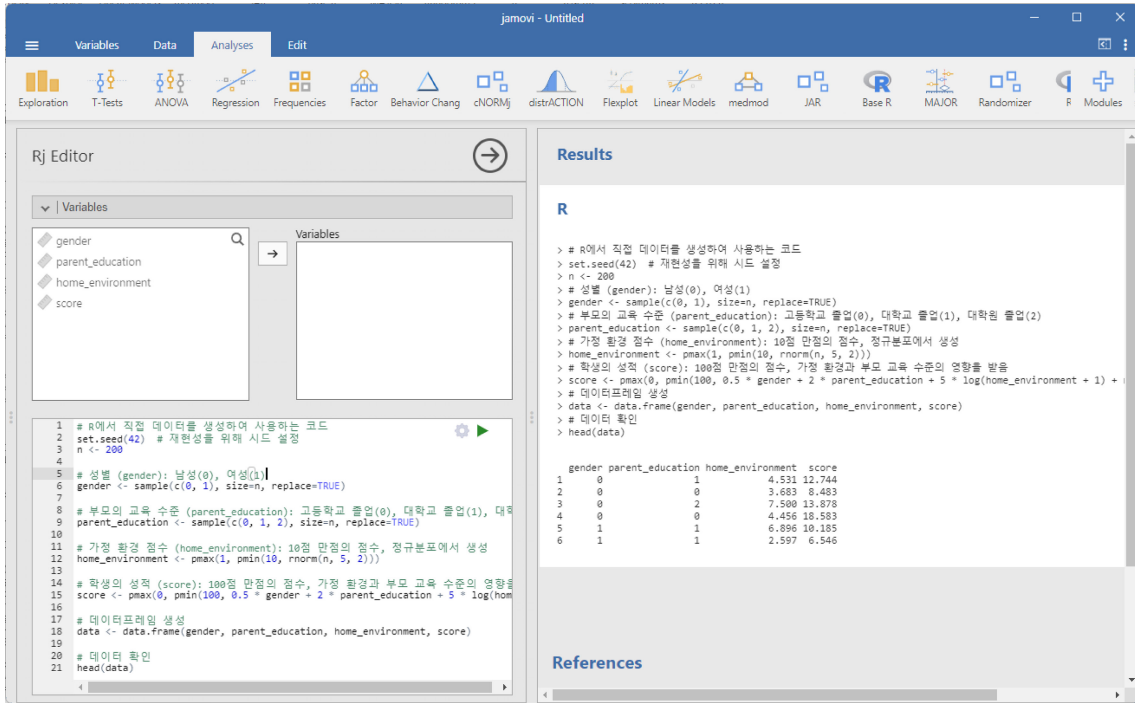


그림 1. 시드 설정한 데이터 생성
Fig. 1. Create seeded data.

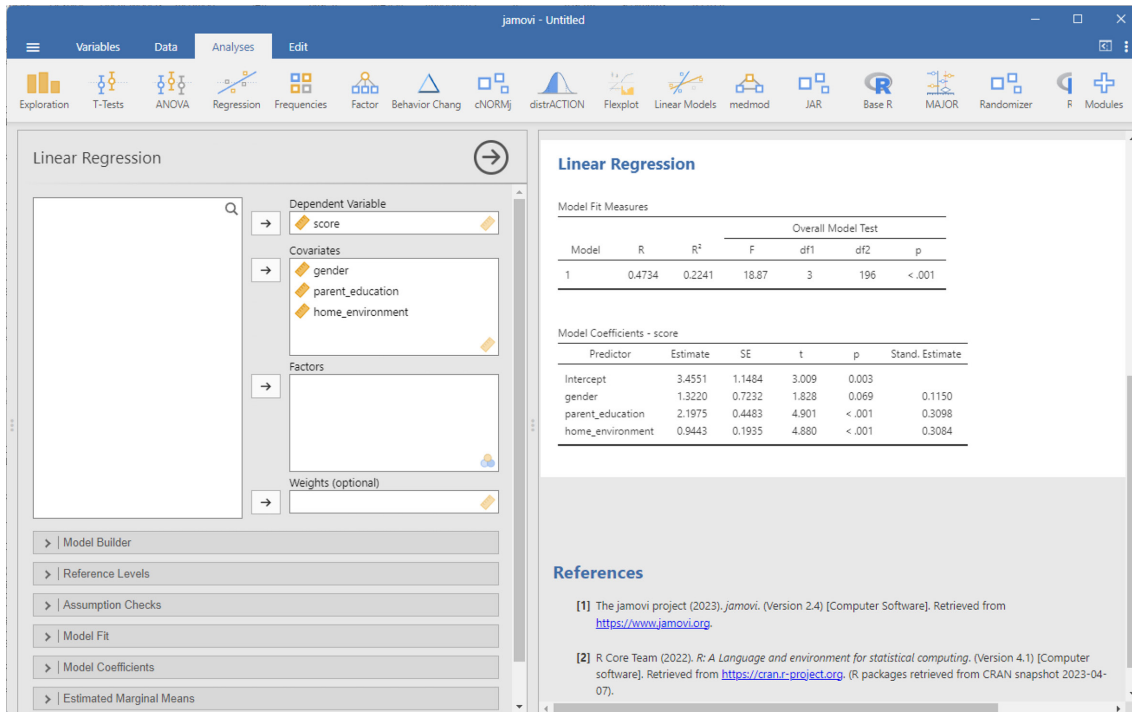


그림 2. Jamovi GUI
Fig. 2. Jamovi GUI.

Regression > Linear Regression 메뉴를 통해 기본 회귀 모델을 설정하고, 그림 2와 같이 분석 결과로 학생 성취도에 대한 각 변수의 영향을 확인할 수 있다.

3. Rj Editor 활성화: Rj Editor를 사용해 Jamovi에서 수행된 기본 분석을 확장한다. Jamovi 상단 메뉴에서 Rj Editor를 선택하고, 분석 결과를 R 코드로 변환한 다음 Rj Editor 내에서 추가적인 수정이 가능하다. Jamovi에서 기본 분석을 마친 후 Rj Editor를 열어 해당 분석에 사용된 R 코드를 그림 3에서 확인할 수 있다.

4. 상호작용 효과 추가: 연구자는 Rj Editor에서 성별과 부모 학력 간의 상호작용 효과를 모델에 추가할 수 있다. 이를 위해 R 코드를 수정하여 상호작용 항(term)을 추가한다. 이 코드는 상호작용 항을 포함한 새로운 회귀 모델을 생성하며, 이를 통해 성별과 부모 학력 간의 상호작용이 학생 성취도에 미치는 영향을 평가할 수 있다.

5. 맞춤형 변수 변환 및 확장 적용: 연구자는 Rj Editor를 통해 특정 변수에 대한 맞춤형 변환을 적용할 수 있다. 예를 들어, 가정 환경 변수에 대한 로그 변환(log transformation)을 적용하여 코드를 수정할 수 있다. 이 코드를 통해 연구자는 가정 환경 변수가 학생 성취도에 미치는 영향을 비선형적으로 분석할 수 있으며, 이를 통해 보다 적합한 모델을 도출할

수 있다.

6. 결과 해석 및 보고: Rj Editor에서 수정한 코드는 Jamovi 내에서 실행할 수 있으며, 결과는 Jamovi 인터페이스에서 바로 확인할 수 있다. 연구자는 상호작용 효과 및 맞춤형 변환이 포함된 새로운 분석 결과를 얻고, 이를 통해 보다 깊이 있는 통찰을 도출할 수 있다. 또한 이 분석 과정은 Jamovi 파일 내에 통합되어 저장되므로 다른 연구자들이 동일한 과정을 쉽게 재현할 수 있다. 예를 들어 분석 파일(*.omv)을 공유하게 되면 이 파일을 통해 데이터, 분석옵션, 결과, 그래프 등을 동시에 확인할 수 있어 연구의 재현성을 확인할 수 있다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구는 재현성 위기에 대한 학문적 논의를 바탕으로 다양한 학문 분야의 전문가들이 경험한 재현성 문제를 조사하고, 이러한 문제를 해결하기 위한 통계 소프트웨어 Jamovi의 가능성을 탐색하였다. 연구의 첫 번째 단계에서는 통계학, 교육학, 바이오헬스, 경제학, 심리학 등 다양한 전공의 전문가들이 겪은 재현성 문제에 대한 서술형 설문조사를 통해 재현성 문제의 원인을 구체적으로 파악하였다. 이 과정에서 재현

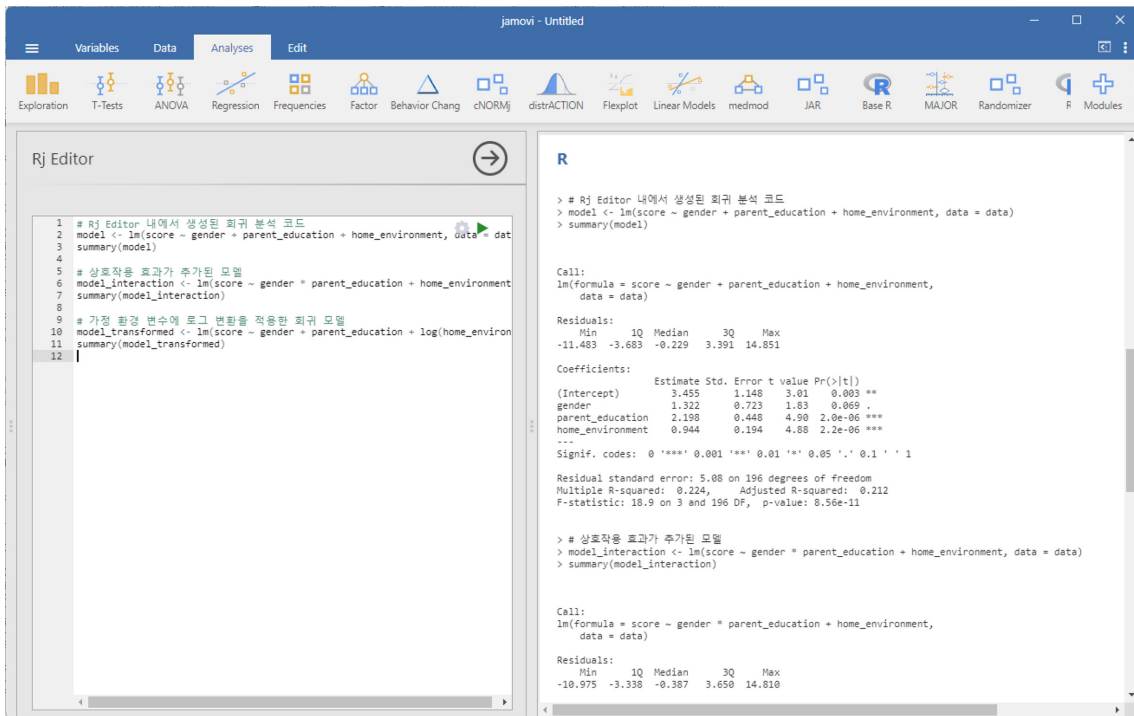


그림 3. Jamovi Rj Editor

Fig. 3. Jamovi Rj Editor.

성 문제가 연구 설계의 미세한 차이, 데이터 전처리 방식, 측정 도구와 변수 선택의 차이에서 발생할 수 있음을 확인하였다. 연구의 두 번째 단계에서는 이러한 통계적 재현성 문제를 해결하기 위한 대안으로 Jamovi 소프트웨어의 활용 가능성을 검토하였다. Jamovi는 사용자 친화적인 GUI 기반 통계 분석 도구로 데이터와 분석 과정, 결과를 하나의 파일로 통합하여 저장하는 기능을 제공한다. 또한 R과의 연동을 통해 GUI 기반 분석을 넘어 고급 통계 분석을 수행할 수 있으며, Rj Editor를 통해 연구자가 직접 R 코드를 작성하고 실행할 수 있는 유연성을 제공하였다. Jamovi는 연구자가 코딩 없이도 고급 통계 분석을 쉽게 수행할 수 있도록 지원할 뿐만 아니라 R과의 통합을 통해 고급 분석 기능을 확장하는 동시에 재현성을 보장하는 데 중요한 도구로 작용할 수 있음을 확인하였다. 특히 Jamovi는 오픈소스 통계 소프트웨어로서 오픈 사이언스 운동을 지지하며, 연구자가 데이터를 투명하게 관리하고 공유할 수 있도록 돕는다.

이와 같은 결론을 통해 본 연구는 몇 가지 중요한 시사점을 제공한다. 첫째, 재현성 문제는 단순히 소프트웨어의 차이로 인해 발생하지 않으며, 연구 설계, 데이터 처리, 변수 선택 및 측정 방식과 같은 다양한 요인에 의해 영향을 받을 수 있음을 확인하였다. 이는 연구자들이 재현성을 보장하기 위해 연구 과정의 표준화와 투명성을 강화해야 한다는 중요한 교훈을 제공한다. 둘째, Jamovi의 파일 통합 기능은 연구 과정의 재현성을 높이는 중요한 도구로 작용할 수 있다. 데이터를 처리하는 방식과 분석 과정을 명확히 기록하고, 이를 파일로 통합하여 다른 연구자들이 쉽게 재현할 수 있게 한다는 점은 재현성 문제 해결에 실질적인 기여를 할 수 있다. 즉 Jamovi는 GUI 기반 분석 도구로서 사용자 친화적인 환경을 제공하는 동시에 R과의 연동을 통해 고급 분석을 지원하는 유연성을 제공하여, 다양한 학문 분야에서 재현성을 높일 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 셋째, Rj Editor의 활용은 연구자들이 GUI 기반의 제한을 넘어서 더 복잡하고 맞춤형 분석을 수행할 수 있는 방법을 제공한다. 이는 실험 연구나 고급 통계 분석이 필요한 분야에서 특히 유용하며, 연구자의 분석 과정 투명성을 높이고, 보다 정확한 재현성을 보장할 수 있는 중요한 도구로 작용한다.

그러나 본 연구는 재현성 문제를 해결하기 위한 Jamovi의 잠재적 역할을 검토하는 데 있어 몇 가지 한계가 있다. 첫째, 서술형 설문조사를 통해 수집된 재현성 문제에 대한 전문가들의 응답은 주관적일 수 있으며, 특정 상황이나 맥락에 따라 다르게 해석될 수 있다. 보다 다양한 전문가들에게 실제 인터뷰를 통한 심층적인 질적 데이터를 추가로 수집할 필요가 있다. 둘째, 본 연구는 통계적 재현성 문제를 해결하는 다

양한 도구 중 하나로 Jamovi를 평가하였으나 다른 통계 소프트웨어와의 비교 연구가 부족하다. Jamovi가 재현성 문제 해결에 기여할 수 있는 방법을 평가했지만 JASP 등 다른 소프트웨어와 비교를 통해 Jamovi의 강점과 약점을 더욱 명확하게 규명하는 연구가 필요하다. 셋째, Jamovi의 R과의 연동 및 Rj Editor 활용이 실제로 얼마나 광범위하게 사용될 수 있는지에 대한 실질적 검토가 요구된다. 연구자들이 R 코딩을 사용하지 않고도 Jamovi를 통해 얼마나 고급 분석을 수행할 수 있는지, 그리고 R과의 연동을 실제 연구에서 얼마나 효과적으로 활용할 수 있는지에 대한 실증 연구가 필요하다. 향후 연구에서는 Jamovi와 다른 통계 소프트웨어 간의 재현성 비교 연구를 통해 다양한 통계 소프트웨어가 연구의 신뢰성과 재현성에 미치는 영향을 보다 심층적으로 분석할 필요가 있다. 마지막으로 다양한 학문 분야에서 Jamovi를 활용한 실제 재현성 연구를 통해 Jamovi의 적용 가능성을 평가하는 실증적 연구가 추가적으로 이루어져야 한다. 이러한 연구는 과학적 연구의 신뢰성을 높이고, 재현성 위기를 해결하는 데 중요한 기여를 할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신사업의 결과입니다(2021RIS-001(1345370811)).

This research was supported by “Regional Innovation Strategy (RIS)” through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(MOE) (2021RIS-001(1345370811)).

참고문헌

- [1] J. T. Cacioppo, R. M. Kaplan, J. A. Krosnick, J. L. Olds, and H. Dean, Social, Behavioral, and Economic Sciences Perspectives on Robust and Reliable Science. Report of the Subcommittee on Replicability in Science Advisory Committee to the National Science Foundation Directorate for Social, Behavioral, and Economic Sciences, 1, 2015.
- [2] S. N. Goodman, D. Fanelli, and J. P. Ioannidis, “What does research reproducibility mean?,” *Science Translational Medicine*, vol. 8, no. 341, pp. 341ps12-341ps12,

- 2016.
- [3] <https://www.edge.org/response-detail/25340>.
- [4] M. Baker, "1,500 scientists lift the lid on reproducibility," *Nature*, vol. 533, no. 7604, pp. 452-454, 2016.
- [5] C. G. Begley and J. P. Ioannidis, "Reproducibility in science: improving the standard for basic and preclinical research," *Circulation Research*, vol. 116, no. 1, pp. 116-126, 2015.
- [6] J. B. Asendorpf, M. Conner, F. De Fruyt, J. De Houwer, J. J. Denissen, K. Fiedler, D. C. Funder, R. Kliegl, B. A. Nosek, M. Perugini, B. W. Roberts, M. Schmitt, M. A. G. Van Aken, H. Weber, and J. M. Wicherts, "Recommendations for increasing replicability in psychology," *European Journal of Personality*, vol. 27, no. 2, pp. 108-119, 2013.
- [7] J. P. Simmons, L. D. Nelson, and U. Simonsohn, "False-positive psychology: Undisclosed flexibility in data collection and analysis allows presenting anything as significant," *Psychological Science*, vol. 22, no. 11, pp. 1359-1366, 2011.
- [8] T. Yarkoni and J. Westfall, "Choosing prediction over explanation in psychology: Lessons from machine learning," *Perspectives on Psychological Science*, vol. 12, no. 6, pp. 1100-1122, 2017.
- [9] M. C. Makel, J. A. Plucker, and B. Hegarty, "Replications in psychology research: How often do they really occur?," *Perspectives on Psychological Science*, vol. 7, no. 6, pp. 537-542, 2012.
- [10] H. Pashler and E. J. Wagenmakers, "Editors' introduction to the special section on replicability in psychological science: A crisis of confidence?," *Perspectives on Psychological Science*, vol. 7, no. 6, pp. 528-530, 2012.
- [11] T. Yarkoni and J. Westfall, "Choosing prediction over explanation in psychology: Lessons from machine learning," *Perspectives on Psychological Science*, vol. 12, no. 6, pp. 1100-1122, 2017.
- [12] J. T. Leek and R. D. Peng, "Reproducible research can still be wrong: adopting a prevention approach," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, no. 6, pp. 1645-1646, 2015.
- [13] R. D. Peng, "Reproducible research in computational science," *Science*, vol. 334, no. 6060, pp. 1226-1227, 2011.
- [14] M. D. Wilkinson, The FAIR Guiding Principle for Scientific Data Management and Stewardship: Comment, 2016.
- [15] B. A. Nosek, G. Alter, G. C. Banks, D. Borsboom, S. D. Bowman, S. J. Breckler, ... M. Humphreys, and T. Yarkoni, "Promoting an open research culture," *Science*, vol. 348, no. 6242, pp. 1422-1425, 2015.
- [16] M. Şahin and E. Aybek, "Jamovi: an easy to use statistical software for the social scientists," *International Journal of Assessment Tools in Education*, vol. 6, no. 4, pp. 670-692, 2019.
- [17] G. Guest, A. Bunce, and L. Johnson, "How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability," *Field Methods*, vol. 18, no. 1, pp. 59-82, 2006.
- [18] M. Q. Patton, *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. Sage Publications, 2014.
- [19] J. W. Creswell and C. N. Poth, *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage Publications, 2016.
- [20] A. Bryman, *Social Research Methods*. Oxford University Press, 2016.
- [21] R. A. Krueger, *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research*. Sage Publications, 2014.
- [22] The jamovi project, jamovi. (Version 2.4) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>, 2023.
- [23] R Core Team, R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.1) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2023-04-07), 2022.
- [24] https://docs.jamovi.org/_pages/Rj_overview.html.



안수현 (Su-Hyun Ahn)_정회원

2016년 8월 : 성균관대학교 교육학과 졸업(교육학박사)
2017년 5월 ~ 현재 : 세명대학교 교양대학 교수
<관심분야> 교육측정, 교육평가, 미래융합교육



이상준 (Sang-Jun Lee)_정회원

2010년 8월 : 동국대학교 경영학과 졸업(경영학박사)
2013년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 교양대학 교수
<관심분야> 데이터과학, 마케팅, 전산통계