

RESEARCH ARTICLE

Exploratory Study on the Relationship Between Middle School Students' Perceptions of STEM and Science Motivation by Ethnicity: A Multilevel Model Analysis

Hyundong Lee¹, Yong Joon Park², Hyonyong Lee^{3*}

¹Daegu National University of Education

²Indiana State University

³Kyungpook National University

다층모형 분석을 통한 중학생들의 인종에 따른 STEM에 대한 인식, 과학 동기의 관계: 탐색적 연구

이현동¹, 박용준², 이효녕^{3*}

¹대구교육대학교, ²인디애나주립대학교, ³경북대학교

*Corresponding Author: hlee@knu.ac.kr

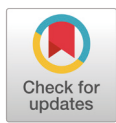
ABSTRACT

Examining the changes in students who have undergone integrated education and providing appropriate follow-up measures is crucial for enhancing educational effectiveness. This exploratory study aims to analyze the impact of perceptions of MESA/STEM education on science motivation among students in the United States and Korea, based on ethnic differences, and to derive relevant implications. Data from 202 students who received MESA/STEM education in the U.S. and Korea were utilized for the study. Rather than comparing the two countries, the study focused on examining the effects based on ethnic differences using regression analysis and a one-level multilevel model analysis, and comparing the results to derive implications.

The study found the following results: First, there was a significant correlation between the two test scores, and regression analysis confirmed that perceptions of MESA/STEM education significantly influenced science motivation. Second, comparing the regression equations based on ethnicity revealed that the intercept and slope varied by ethnicity. This led to the design and implementation of a one-level multilevel model analysis. Significant results were found in the random effects of the intercept, and the fixed effects of the independent variables showed that perceptions of MESA/STEM education accounted for approximately 33% of the total variance in science motivation among ethnic groups.

Given the increasing number of multicultural students not only in the U.S. but also in Korea, various ethnicities are becoming educational targets. The findings of this study can provide discussion points for estimating the educational effects on various student groups and for the formulation and implementation of policies that reflect these effects.

Key words: Perceptions of MESA/STEM, Science Motivation, Ethnicity, Regression Analysis, Multilevel Model Analysis



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2025, Vol. 15, No. 1, 93-108

<https://doi.org/10.31216/BDL.2025.15.1.6>

Received: February 04, 2025

Revised: March 12, 2025

Accepted: March 13, 2025

© 2025. 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

우리나라에서는 AI, 감염병, 기후 변화 등 급변하는 시대적 상황에서 교육 패러다임의 변화와 교육 혁신에 대한 요구를 반영하고, 이에 대응할 수 있는 인재 양성을 위하여 2022 개정 교육과정을 학교 현장에 적용하고 있다(MOE, 2022). 이러한 교육의 변화를 통해 기초 소양과 직무 역량을 함양하여 융복합 문제를 해결할 수 있는 인재를 양성하고자 하는 것은 우리나라뿐만 아니라 세계적인 변화라고 볼 수 있다(Felder & Brent, 2024; Klaus, 2016; OECD, 2014).

이러한 흐름에 맞춰, 2020년 교육부에서는 ‘융합교육 종합계획’을 제시하였으며(MOE, 2020), STEM/STEAM을 중심으로 국내 융합 교육에 대한 청사진을 제시하였으며, Kwon et al.(2021)에서는 국외 융합교육 사례로부터 국내 융합교육이 나아가야 할 방향을 제안하기도 하였다. 특히 이 연구에서 보고한 국외 사례 중 미국의 STEM/STEAM 교육의 경우를 살펴보면, 미국의 경쟁력 강화 재승인 법안과 함께 국가 과학기술위원회(National Science and Technology Council) 내 STEM 교육 위원회가 설립되면서 체계적으로 교육 전략을 수립하고 정책을 수행하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

국내에서 융합교육이라 불리는 STEM/STEAM 교육은 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Mathematics) 및 예술(Art)에서 두 개 교과 이상의 내용을 포함하여 융합적으로 접근하는 교육 방식을 의미한다. 각 과목을 융합하는 과정에서 기술 및 공학적 요소를 포함하면서 사회 및 예술의 영역과도 이어지도록 고안하였으며, 어느 과목을 포함하는가에 따라 STEM/STEAM/MESA(Mathematics, Engineering, Science, Achievement) 등 다양한 교육 용어로 표현되기도 한다(KOFAC, 2012a, 2012b; Lee et al. 2022; Sanders, 2009; Sanders et al., 2011).

최근 미국이나 OECD 내 국가들에서 STEM 교육에 많은 관심을 기울이고, 정책적으로 운영하는 여러 이유 중 하나는 STEM 교육이 단순히 다양한 과목의 융합과 이를 통한 교육적 목적 달성에도 중요하지만, 이 교육 경험에서 인종이나 민족과 관련된 문화적 요소를 반영한 접근이 가능한 부분도 있기 때문이다(Chapman & Feldman 2016; Tan et al. 2013; Dou et al. 2019). Dou et al.(2019)와 Dou & Cian(2021)에서는 소외된 성별이나 인종, 민족에서 STEM 분야에 대한 경험이 부족하거나 표준 이하의 과학교육을 받는 경우가 있었는데, 7~11세의 소외된 성별이나 인종, 민족에 해당하는 학생 중, STEM 교육과 관련하여 문화적 다양성과 관련성을 함께 수업한 경우 그렇지 않은 경우보다 경험이나 성과에서 유의미하게 우수한 결과가 도출되었으며, 이를 토대로 여러 인종이나 민족에 대하여 학생들의 사회/문화 맥락적 이해 및 정체성을 반영한 탐구가 필요하다고 언급하였다.

이러한 부분은 STEM 교육과 관련된 실행 전략을 살펴보면, 정책을 운영하는 과정에서 미국 내 소수 집단 및 소외 계층에 대한 참여율 보고를 의무화 하는 등 STEM 교육에서 소외된 성별이나 인종/민족에 대한 고려를 포함하고 있으며, 이는 미국에서 수행된 선행 연구들에서도 중요하게 다루고 있음을 알 수 있다(Aschbacher et al., 2014; Dou & Cian, 2021; KOFAC, 2021). 그리고 미국 내 히스패닉 학생들의 경우 다른 민족과 비교하였을 때 낮은 비율의 대학 진학 및 학위 이수 문제가 사회적 문제로 남아있는데(Contreras & Contreras, 2015), STEM 교육 기관의 지원을 받은 학생들의 경우 이러한 비율이 상대적으로 높아져 있다고 하였다(Crisp & Cruz, 2010; Cruz et al., 2021).

이러한 선행 연구를 토대로 살펴보면, STEM/STEAM/MESA와 같은 교육은 국내외 모두에서 다양한 교과목 간 융합 및 학생들의 역량을 향상시키는 교육 방법으로서 가치가 있으며 이러한 교육에는 사회/문화적 맥

락도 함께 고려될 경우 교육에서 소외된 집단에도 영향을 미칠 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 국외 연구와 국내 연구에서 이러한 교육을 받은 다양한 집단에 미치는 영향을 통계적으로 유의미하게 분석한 논문은 아직 보고 되지 않았다. Lee et al.(2019)의 경우 MESA/STEM 교육을 받은 국내와 미국 학생들 간 과학 동기의 차이를 검증하는 연구가 이루어졌지만, 한국과 미국 두 국가 간 비교가 이루어졌으며 세부적인 인종이나 문화적 맥락을 반영한 민족에서 과학 동기나 효능감 등을 분석한 연구는 진행되지 않았다.

국내 연구에서도 인종/민족을 고려한 연구가 진행될 필요성도 제기되는데, 최근 우리나라 통계청에서 보고된 내용에 따르면 국내 다문화 학생 수는 꾸준히 증가하여 2021년에는 16만 명을 초과하였다(KNSO, 2022). 즉 다문화 및 세계화가 진행되는 과정에서 교육 효과를 높이기 위하여 내용에도 인종이나 민족에 대한 사회, 문화적 맥락을 함께 활용할 필요성이 있으며 이러한 부분의 중요성은 점차 증가할 것이다(Banks, 2006; Gollnick & Chinnm 2009; Kim & Lim, 2023)

이러한 선행 연구의 내용과 연구 필요성 등을 바탕으로 이 연구에서는 미국과 국내 학생들을 대상으로 MESA/STEM 교육에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향에 인종/민족의 속성도 함께 영향을 주는지를 살펴보는 탐색적 연구를 실시하고자 하였다. 이 연구에서는 MESA/STEM 교육을 받은 미국과 한국의 중학생들의 MESA/STEM 교육에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향을 살펴보는 과정에서 인종에 따른 영향을 추가하여 다층모형분석을 통해 그 효과를 살펴보고자 하였다(Bickel, 2007; Hox & Van de Schoot, 2017). 이 연구에서 주어진 자료는 학생들의 인종/민족¹⁾에 대한 정보를 수집할 수 있었다. 인종/민족이 MESA/STEM 교육에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향에서 집단에 따른 유의미성을 살펴보기 위하여 위계적 구조를 반영한 1수준 다층분석모형을 설계하고 유의미성을 검증하고 하였다. 또한 이 연구의 결과에서 유의미한 결과가 도출된다면, 추후 연구에서는 2수준 이상의 다층모형을 설계하는 방향으로 연구를 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

이 연구 목표를 위해 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 중학생들의 MESA/STEM 교육에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 선형모형분석과 다층분석의 회귀선에는 차이가 있는가?

둘째, 인종에 따른 다층모형분석 결과 STEM에 대한 인식은 중학생의 과학 동기에 유의미한 영향을 미치는가?

Method

Process of study

이 연구의 과정은 [Fig. 1]과 같다. MESA 또는 STEM 교육을 받은 경험이 있는 미국과 한국 중학생들을 대상으로 MESA(STEM) Programs에 대한 인식과 과학 동기에 대한 관련성을 알아보하고자 하였다.

MESA와 STEM에 대한 선행 연구 중 Campbell et al.(2012)에서는 MESA(STEM) Programs에 대한 인식 조사를 수행하였으며, Lee et al.(2019)에서는 MESA(STEM) 교육에 참여한 미국과 한국 학생들을 대상으로 과학 동기의 잠재평균비교 연구가 수행되었다. 이 연구에서는 두 연구의 결과를 바탕으로 MESA(STEM) Programs에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향을 살펴보고자 회귀 분석 및 변인 간의 관계를 다양한 집단(인종)별

1. 이 연구에서는 사회적 맥락의 의미를 포함한 ethnicity로 표현함.

로 다른지 살펴보기 위한 1수준 다층모형분석을 실시하여, 추후 연구에 대한 방향 및 시사점을 도출하고자 하였다.

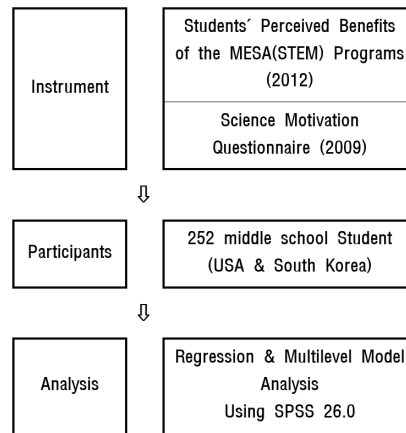


Fig. 1. Process of study

Participants

이 연구에 참여한 중학생들의 정보는 다음과 같다. 미국의 MESA나 STEM 프로그램은 수학, 과학, 공학 등의 분야에 대하여 다양한 교육 경험을 제공하기 위한 것으로 이 프로그램에 참여한 경험이 있는 142명의 중학생들이 응답에 참여하였다. 한국 학생들도 영재 교육이나 학교 방과 후 프로그램 등에서 STEM/STEAM 교육을 받은 중학생 62명이 응답에 참여하였다. 학생들의 응답 참여 과정에서 미국 학생들의 경우 대학 연구 검토 위원회의 절차에 따라 학생들의 자발적인 응답 참여를 통한 결과 수집이 이루어졌으며, 한국 학생들의 경우에도 연구의 필요성에 대한 안내, 학부모와 학생 동의서 수집 등을 거친 후, 온라인 설문을 통해 응답을 수집하였다. Lee et al.(2019)의 경우, MESA/STEM 교육에 참여한 미국과 학생 집단에 대하여 과학 동기를 비교하는 연구를 진행하였으나, 미국 학생들의 경우 다양한 인종이 포함되어 있어 다양한 인종에 대한 연구의 필요성을 제기하였다. 따라서 이 연구에서는 MESA/STEM 교육을 받은 학생들의 인종에 따른 영향을 살펴보는 연구로 설계하였기 때문에 동양인이 주를 이루는 한국 학생들의 표집을 미국 학생들보다 적게 표집하도록 연구를 설계하였다. 다만, 연구에 참여한 미국 내 학교에서도 각 인종별 집단 구성이 고르게 분포되어 있지 않아 일부 인종에서는 표본이 작다는 것은 연구의 한계점으로 제기된다. 이 연구에 참여한 인종에 따른 학생 수(비율)은 <Table 1>과 [Fig. 2]와 같다.

Table 1. Information of Participants

Ethnicity	Number(n)	Percent(%)
White	45	22.1
African American	8	3.9
American Indian	2	1.0
Hispanic or Latino	59	28.9
Asian	80	39.2
Other	10	4.9
전체	204	100.0

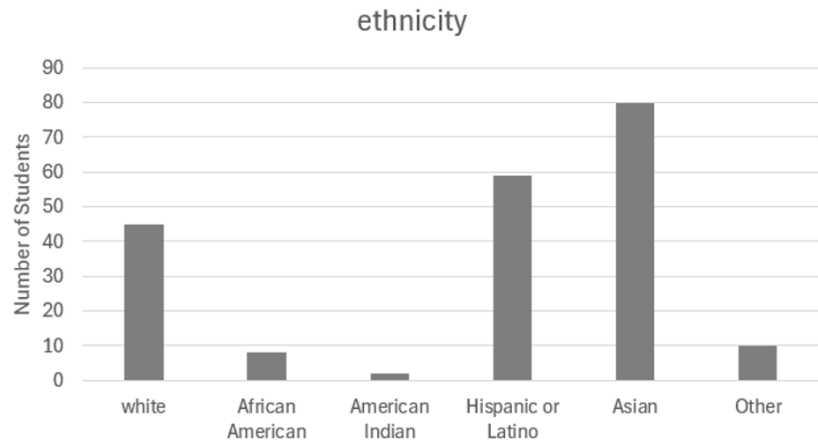


Fig. 2. Number of participants by ethnicity

연구에 참여한 중학생들의 인종별 분포는 백인이 45명(22.1%), 히스패닉 혹은 라틴계열 학생이 59명(28.9%), 동양인(미국내 아시아인 포함)이 80명(39.2%), 흑인이 8명(3.9%), 인디언이 2명(1.0%)였으며, 그 외 소수인종이라고 응답한 학생들이 10명(4.9%)이었다.

Instruments

perceptions of MESA/STEM(Campbell et al., 2012)

이 연구에서 사용한 MESA/STEM 에 대한 중학생들의 인식을 알아보기 위한 도구로는 Campbell et al.(2012)에서 사용한 MESA/STEM에 참여한 학생들의 인식 설문 도구를 수정하여 활용하였다<Table 2>. Campbell et al.(2012)에서는 MESA/STEM 학습, 선호, 중요성 등에 대하여 12문항으로 구성된 검사를 사용하였다. 이 연구에서는 위 설문지를 수정하여 ‘MESA/STEM programs help me understand science concepts and skills I learn in school.’, ‘MESA/STEM programs help me to understand math concepts and skills I learn in school.’와 같이 과학, 수학, 공학에 각각의 과목에 대한 질문으로 나누었다. 그리고 ‘When we learn science, it is important to find connections between other disciplines.’와 같이 학습하는 내용과 실생활 관련 내용을 함께 질문하는 문항 등을 포함하여 20 문항의 5단계 리커트 척도로 구성하였다. 이를 바탕으로 수정된 검사지는 동료 교수들의 검토를 거쳐 문항을 확정하였으며, Lee et al.(2019)에서 한국과 미국 학생들의 과학 동기와 STEM에 대한 태도를 분석하는데 활용되었다. 이 연구에서는 참여한 학생들을 대상으로 신뢰도 분석을 한 결과 Cronbach-α은 .863으로 도출되었다.

Science Motivation Questionnaire(Glynn, 2009; Lee et al., 2019)

이 연구에서 중학생들의 과학 동기를 측정하는 검사지로는 Glynn(2009)이 개발한 문항을 활용하였다. 이 검사지는 Bryan et al.(2011), Ha & Lee(2012), Ha et al(2012a, 012b), Lee et al.(2019) 등에서 중등학생들을 대상으로 과학 동기를 측정하는 연구에 활용되며 타당도와 신뢰도가 검증되었다. 과학 동기 검사지는 내적 동기(10 문항), 자기 효능감(9문항), 자기 결정성(4문항), 진로 동기(2문항), 성적 동기(5문항)로 구성되어 있다<Table 3>. 이 연구에서 학생들이 응답한 결과 문항의 신뢰도는 .894로 나타났으며, 이 결과는 선행 연구의 Cronbach-α 값(.70~.89)들과도 일치하는 것으로 나타났다.

Table 2. Items of perceptions of MESA/STEM

Item	Content
1	MESA/STEM programs help me understand science concepts and skills I learn in school.
2	MESA/STEM programs help me to understand math concepts and skills I learn in school.
3	MESA/STEM programs help me to understand engineering concepts and their application.
4	MESA/STEM programs made me think about becoming a scientist.
5	MESA/STEM programs made me think about becoming a mathematician.
6	MESA/STEM programs made me think about becoming an engineer.
7	MESA/STEM competitions help me understand the importance of science.
8	MESA competitions help me understand the importance of mathematics.
9	MESA competitions help me understand the importance of engineering.
10	I have learned a lot about science through the MESA competitions.
11	I have learned a lot about Math through the MESA competitions.
12	I have learned a lot about Engineering through the MESA competitions.
13	Science is important to me because I will use it in my career.
14	Math is important to me because I will use it in my career.
15	Engineering is important to me because I will use it in my career.
16	It is difficult doing MESA activities without knowing some science, mathematics, or engineering.
17	As a result of my MESA activities, I am better able to use design processes to help solve problems.
18	As a result of my MESA activities, I am more aware that there are many careers involving science, mathematics, or engineering.
19	Interacting in a group with other students in MESA activities helps me to learn more about science.
20	When we learn science, it is important to find connections between other disciplines.

Table 3. Items of Science Motivation

Item	Content
Factor	Intrinsic motivation
22	I find learning the science interesting.
1	I enjoy learning the science.
25	The science I learn has practical value for me.
23	The science I learn is relevant to my life.
16	The science I learn is more important to me than the grade I receive.
2	The science I learn relates to my personal goals.
27	I like science that challenges me.
30	Understanding the science gives me a sense of accomplishment.
19	I think about how I will use the science I learn.
11	I think about how the science I learn will be helpful to me.
Factor	Self-efficacy and assessment anxiety
4	I am nervous about how I will do on the science tests.
13	I worry about failing the science tests.
6	I become anxious when it is time to take a science test.
28	I am confident I will do well on the science tests.
14	I am concerned that the other students are better in science.
29	I believe I can earn a grade of "A" in the science course.
18	I hate taking the science tests.
24	I believe I can master the knowledge and skills in the science course.
21	I am confident I will do well on the science labs and projects.
Factor	Self-determination
8	I put enough effort into learning the science
26	I prepare well for the science tests and labs
9	I use strategies that ensure I learn the science well
5	If I am having trouble learning the science, I try to figure out why
Factor	Career motivation
17	I think about how learning the science can help my career
10	I think about how learning the science can help me get a good job

Analysis method

이 연구는 미국과 한국 중학생을 대상으로 인종에 따라 MESA/STEM에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향에서 다층모형분석이 필요한가를 검증하기 위한 탐색적 연구이다. 이를 확인하기 위하여 첫째, 미국과 한국의 중학생 응답 데이터를 활용하여 MESA/STEM에 대한 인식이 과학 동기에 유의미한 영향을 미치는 지 살펴보기 위하여 회귀 분석을 실시하였다.

둘째, 회귀 분석을 실시한 후, 도출된 중학생에 대한 선형모형분석 그래프와 인종에 따른 특성이 영향을 미칠 수 있다는 가설에 대한 다층모형분석을 통한 회귀 분석 그래프를 비교하여 인종별 절편이나 기울기가 다른지를 확인하였다.

셋째, 1수준 다층모형분석 모형에서 절편의 무선 효과를 점검하는 기초모형과 독립 변인의 고정 효과를 검증하는 연구 모형에 대한 유의미한 데이터를 확인함으로써 인종에 따른 다층모형분석에 대한 추후 연구에 대한 시사점을 도출하였다.

Results

Correlation between perceptions of MESA/STEM and science motivation

MESA/STEM에 대한 인식과 과학 동기 사이의 회귀 분석을 실시하기 전, 두 설문 사이의 상관을 살펴보기 위하여 Pearson 적률상관계수 분석을 실시하였다. 과학 동기 설문의 경우 전체 문항에 대한 상관과 함께 하위 요인과 MESA/STEM에 대한 인식에 대한 상관도 함께 분석하였으며 그 결과는 <Table 4>, <Table 5>와 같다.

204명이 응답한 MESA/STEM에 대한 인식은 평균(표준편차)은 79.91(11.16)이었으며, 과학 동기의 평균(표준편차)는 117.90(18.78)이다. 두 설문지의 상관 분석을 실시한 결과 Pearson 적률 상관계수가 .543으로 유의수준 .05에서 유의미한 상관을 나타냈다.

Table 4. Result of Mean & S.D. (n = 204)

	perceptions of MESA/STEM	Science Motivation	Intrinsic motivation	Self-efficacy	Self-determination	Career motivation	Grade motivation
Mean	79.91	117.90	40.58	34.15	16.06	8.08	20.60
S.D.	11.16	18.78	8.59	6.45	2.78	1.93	3.25

Table 5. Result: Correlation analysis

	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)
1)	1						
2)	.543**	1					
3)	.471**	.885**	1				
4)	.387**	.848**	.575**	1			
5)	.522**	.843**	.666**	.666**	1		
6)	.437**	.723**	.637**	.487**	.664**	1	
7)	.380**	.785**	.541**	.687**	.689**	.493**	1

** p < .01
1) perceptions of MESA/STEM 2) Science Motivation 3) Intrinsic motivation
4) Self-efficacy 5) Self-determination 6) Career motivation 7) Grade motivation

perceptions of MESA/STEM on science motivation: Regression analysis.

MESA/STEM에 대한 인식이 과학 동기 사이와 상관성이 있다는 결과를 통해 MESA/STEM에 대한 인식이 과학 동기를 어느 정도 설명하는지 그 영향력을 분석하고자 회귀 분석을 실시하고<Table 6>, 두 변수 간 관계를 그래프[Fig. 3]로 나타내었다.

Table 6. Result: Regression analysis

Independent Variable	Unstandardized Coefficient		Standardized Coefficient	<i>t</i>	<i>p</i>
	B	S.E.			
(Const.)	44.91	8.02		5.60	.000
perceptions of MESA/STEM	.913	.099	.543	9.19	.000

$R^2(\text{adj. } R^2) = .54(.30)$

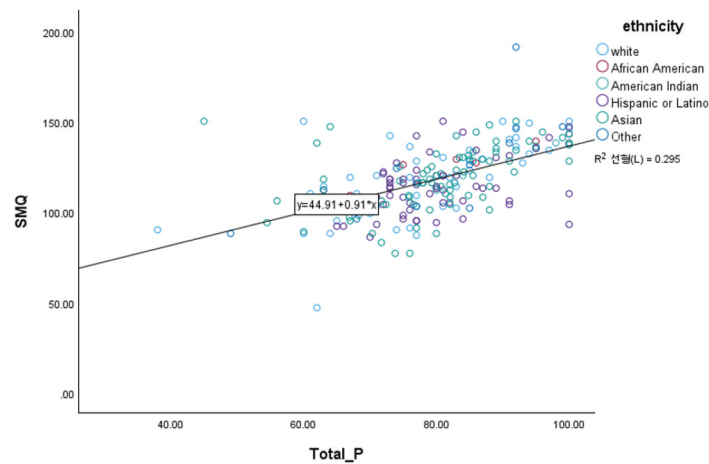


Fig. 3. Graph of regression analysis

MESA/STEM에 대한 인식과 과학 동기를 나타내는 직선의 식을 추정한 결과, 과학 동기 = $44.91 + (.913 * \text{MESA/STEM에 대한 인식})$ 으로 나타났다.

MESA/STEM에 대한 인식 점수로 과학 동기를 점수를 예측하는 모형의 통계적 유의미성을 검증한 결과 $F = 84.420, p = .000$ 으로 MESA/STEM에 대한 인식은 유의수준 .05에서 과학 동기를 유의미하게 설명하고 있으며($t = 9.19, p = .000$), 과학 동기 점수의 총 변화량 중 약 30%가 MESA/STEM에 대한 인식에 의해 설명됨을 알 수 있다.

Analysis of different regression graphs on ethnicity

[Fig. 3] 그래프를 살펴보면, 여러 인종으로 구성된 응답자들의 데이터에 대하여 하나의 회귀선을 도출하고, MESA/STEM에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향을 도출한 것을 볼 수 있다. 그러나 그래프 내 산점도를 살펴보면 백인, 히스패닉, 동양인 등 여러 인종별 응답 데이터가 균일하게 분포된 것이 아님을 살펴볼 수 있다. 즉, 인종에 따라 MESA/STEM에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향이 달라질 수 있다 가설을 설정할 수 있으며, 이 가설이 지지될 경우, 후속 연구에서는 다양한 집단에 따라 다른 처방으로 교육 및 연구가

수행될 필요성을 제기할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 다층모형분석을 통해 인종별 MESA/STEM에 대한 인식이 과학 동기에 다르게 영향을 미치는지를 살펴보는 탐색적 연구를 수행하였다.

이를 위해, 먼저 종속 변인인 과학 동기의 절편과 기울기가 하나로 고정되지 않는 무선효과가 나타나는지를 그래프를 통해 확인해 보았으며, 그 결과는 [Fig. 4], <Table 7>과 같다.

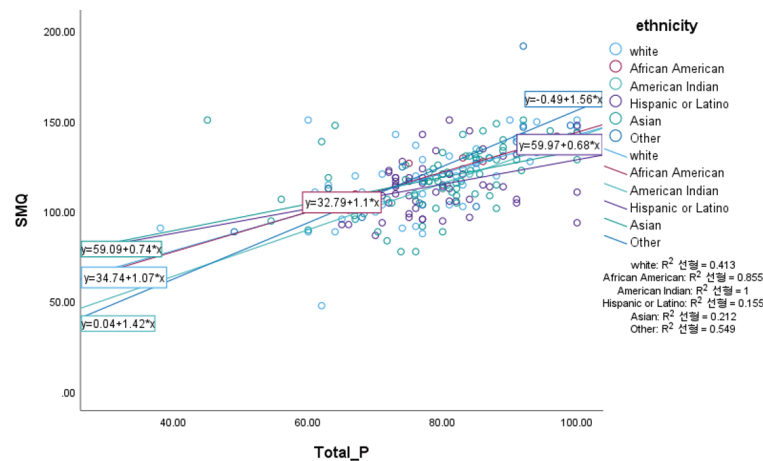


Fig. 4. Graph of multilevel model analysis

Table 7. Result: Constant, B and R² by ethnicity

ethnicity	Const.	B	R ²
White	34.74	1.07	.41
African American	32.97	1.1	.86
American Indian	0.04	1.42	1
Hispanic or Latino	59.97	0.68	.16
Asian	59.09	0.74	.21
Other	0.19	1.56	.55

인종에 따라 MESA/STEM에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향에 대한 그래프를 도출한 결과, 6개 집단에서 회귀식이 다를 뿐 아니라 각 집단의 회귀식은 집단 구분을 하지 않고 도출한 회귀식과도 다를 수 있다. 단 American Indian의 경우 R²이 1로 나타난 결과를 볼 수 있는데, 이는 연구에 참여한 표본이 적기 때문에 나타난 효과로 볼 수 있다. 이에 대한 부분은 표집의 어려움과 한계점이 반영된 것으로 추후 연구에서 보완된 필요성이 제기된다. 그러나 표본이 충분한 백인, 동양인, 아시아인 등의 경우, 절편과 기울기 및 설명량에서 서로 다른 값이 도출되는 것을 확인할 수 있었다.

1-level multilevel model analysis: Verification of random effect of intercept

MESA/STEM에 대한 인식과 과학 동기 사이의 관련성이나 그 효과를 살펴볼 때는 국가 간 학생 집단에 따른 회귀 분석보다는 인종별 회귀 분석이 필요하다는 것을 1수준 다층모형분석을 통해 검증은 실시하였다. 이를 위해 먼저 절편의 무선효과를 점검하는 기초모형에 대하여 분석을 실시하였으며, 그 결과는 <Table 8>, <Table 9>와 같다.

Table 8. Result: Estimate value of fixed effects

	Estimate value	S.E.	df	t	p	.95 C.I.	
						lower	upper
(Const.)	119.35	2.69	3.20	44.28	.000	111.08	127.63

Table 9. Result: Estimate value of covariance parameter

	Estimate value	S.E.	Wald Z	p	.95 C.I.	
					lower	upper
residual	348.05	40.38	8.97	.000	278.25	435.36
Const.[id=ethnicity] variance	19.24	22.47	1.85	.039	1.95	189.76

1수준 다층분석모형의 고정효과 추정치를 살펴보면, 인종별 과학 동기의 전체 평균이 119.35라는 것을 보여준다. 그리고 이 모형의 분산성분을 확인한 결과, 과학 동기의 총 분산은 348.05이며, 이 중 인종이 기인하는 부분(ICC)은 19.24로 비율로 따지면 약 5.2%이다. 따라서 1수준 다층분석모형에서 절편의 무선효과를 통해, MESA/STEM 교육을 받은 학생 중 중학생의 과학 동기를 설명하는 데 있어 인종별 특성을 고려하는 것이 필요함을 알 수 있다.

1-level multilevel model analysis: independent variable fixed effect analysis

마지막으로 1-수준 독립변인인 ‘MESA/STEM에 대한 인식’을 투입함에 따른 과학 동기의 총분산이 얼마나 설명되는지를 분석하였으며 그 결과는 <Table 10>, <Table 11>과 같다.

Table 10. Result: Estimate value of fixed effects: Independent variable

	Estimate value	S.E.	df	t	p	.95 C.I.	
						lower	upper
(Const.)	52.07	9.03	152.52	5.76	.000	34.227	69.932
perceptions of MESA/STEM	.847	.109	161.89	7.76	.000	.63	1.06

Table 11. Result: Estimate value of covariance parameter: Independent variable

	Estimate value	S.E.	Wald Z	p	.95 C.I.	
					lower	upper
residual	247.16	24.80	9.96	.000	203.02	300.89
Const.[id=ethnicity] variance	4.11	8.11	.507	.612	.086	196.58

1수준 다층모형분석에서 독립변인의 고정효과를 검증한 결과, 절편의 추정 값, 즉 인종별 과학 동기 점수의 전체 평균은 52.07로 나타났으며 t 값은 5.76으로 유의수준 .05에서 유의미한 것으로 나타났다. 그리고 절편의 무선효과를 검증하였을 때와 비교하였을 때, 잔차와 무선 절편이 모두 감소한 것으로 나타났다. 특히 무선 절편의 추정치의 경우 <Table 9>에서 19.24로 나타났으나, <Table 11>에서 4.11로 약 78.6%가 감소한 것을 확인할 수 있는데, 이는 MESA/STEM에 대한 인식이 과학 동기의 총 분산 중 집단 간 차이에 기인하는 부분의 78.6%를 설명하는 것으로 볼 수 있다. 또한 ICC의 경우, 절편의 무선효과와 비교하였을 때 5.2%에서 1.6%로 줄어들었음을 확인할 수 있다. 그리고 ICC의 감소와 함께 과학 동기의 총 분산 중 집단 간 분산이 차지하는 비율이 낮아짐에 따라 설명하지 못한 집단 내 분산과 집단 간 분산의 값이 거의 남아 있지 않아 이 연구에서 수집된 데이터로는 1수준 다층모형분석까지 가능한 것을 확인할 수 있다.

Discussions

이 연구는 Lee et al.(2019)에서 수행한 MESA/STEM 교육을 받은 미국과 한국 중학생들 사이의 과학 동기를 비교한 연구의 후속 연구로, MESA/STEM 교육에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향을 살펴보는 것과 함께, 연구에 참여한 대상을 인종별로 나누어 다층모형 분석을 실시함으로써 유의미한 결과를 도출하고, 앞으로의 연구 방향을 탐색하는데 의미가 있다.

연구를 위하여 미국과 한국에서 MESA/STEM 교육을 받은 중학생을 대상으로 MESA/STEM 교육에 대한 인식과 과학 동기에 대하여 조사하였으며, 두 검사지 간 상관 분석, 회귀 분석 및 인종에 따른 1수준 다층모형 분석을 실시하였다. 연구의 결과와 함께 논의 및 결론을 정리한 내용은 다음과 같다.

국외 STEM 교육과 관련된 여러 연구에서는 특정 학생 집단(인종/민족/소외된 성별)에 대한 교육 제공 및 교육적 효과에 대한 연구의 필요성을 제기하고 있다(Aschbacher et al., 2014; Cadaret et al., 2017; Dou & Cian, 2021; Perez-Felkner et al., 2012). 미국에서는 교육에서 소외된 집단에 대한 교육적 관심과 이들에게 적절한 교육의 제공은 여러 연구와 함께 과학과 교육과정에서도 명시되어 제공될 필요성을 제시하였다(Kim et al., 2023; NYSED, 2017). MESA/STEM 교육을 통해 경력을 쌓는 경험이나 교육적 자원의 제공, 낮은 교사 기대치 등으로 인하여 소외된 집단(marginalized demographic groups)에 속한 학생들은 표준 이하의 교육을 제공받는 경우가 보고되고 있다(Dou & Cian, 2021; Guiberson, 2009; Guerra and Rezende 2017).

국내 과학교육과 관련된 연구 혹은 STEM/STEAM 관련 융합교육 연구에서 참여자들의 정보는 주로 성별이나 학년 등에 한정되어 있고, 이들의 인종/민족 등의 정보를 활용한 연구는 거의 이루어지지 않았다(Kim & Lim, 2023; Jeon et al., 2023; Lee et al., 2019; Lee et al., 2022). 한국의 경우에도 2000년대 초반 약 15만 명 정도의 다문화/외국인 거주자들이 최근 통계에서는 약 175만 명이 되었으며, 매년 1만 명 이상씩 증가하는 추세이다(MOE, 2022; KNSO, 2022).

이 연구의 결과를 바탕으로 국내의 인구학적 변화를 고려한 교육이 이루어지기 위해서 인종/민족의 다양성을 반영한 추가적인 교육학적 연구가 진행될 필요성이 제기된다. 뿐만 아니라 다양한 인종/민족의 특성을 반영한 적절하고 진정성 있는 교육 및 상호 작용의 기회를 제공할 필요도 있다. 이 연구에서는 Lee et al.(2019)의 연구에서 한 걸음 더 나아가 MESA/STEM에 참여한 학생들의 인종/민족의 특성을 반영한 결과가 중학생 집단으로만 분석한 결과와 어떤 차이점이 있는지를 살펴보았다. MESA/STEM 교육에 대한 인식과 과학 동기 사이의 인과 관계를 분석하는 과정에서 인종에 따른 회귀식을 도출한 결과 중학생 집단으로 분석한 경우와 달리 각 인종별로 다양한 회귀식이 도출되었으며, 절편의 무선효과와 독립변인의 고정 효과를 검증한 결과 유의미한 것을 확인할 수 있었다. 즉 인종에 따른 MESA/STEM 교육에 대한 인식이 과학 동기에 미치는 영향에서는 1수준 다층분석모형을 통해 연구에 참여한 집단별 분석 모형 구축 및 검증이 필요하다는 것을 도출할 수 있었으며, 이를 통해 단순회귀분석이 2종 오류를 범할 가능성이 있다는 크다는 것을 제시하는 것이다(Bickel, 2007; Hox & Van de Schoot, 2017; Raudenbush, & Bryk, 2002).

그러나 이 연구는 미국과 한국 중학생을 대상으로 데이터를 수집하고 분석하는 과정에서 이러한 연구의 결과를 도출하면서, 2수준 이상의 다양한 독립 변인 간 다층분석모형을 설계하고 분석하는 데에 한계가 있었다. 또한 인종 간 차이점에 대한 유의미한 결과가 충분히 밝혀지지 않은 분야의 연구이기에 탐색적 연구로 설계를 하고 연구가 수행되었다. 따라서 미국과 한국 학생들 간 동일한 MESA/STEM/STEAM 프로그램을 투입한 결과 분석 및 인종별 표본 크기의 차이에 따른 결과 분석의 한계점 등이 있어 추후 연구에서는 이러한

부분들이 보완될 필요성이 있다.

국내뿐 아니라 국외에서도 MESA/STEM/STEAM 프로그램이 학생들의 과학적 역량이나 기초 소양을 향상 하는데 유용하며, 이를 통해 학생들의 역량을 함양할 필요성을 제기하고 있다(Cohen & Kelly, 2020; Jamaludin et al., 2021; MacDonald et al., 2021; McGunagle & Zizka, 2020; Struck Jannini et al., 2024).

Conclusions & Impications

이 연구는 다층모형 분석을 통해 STEM/STEAM/ MESA 교육을 받은 중학생들의 다양한 인종에 따른 STEM에 대한 인식과 과학 동기의 관계를 살펴보았다. 연구의 결과와 논의로부터 도출한 결론은 다음과 같다.

첫째, 연구에 참여한 중학생들을 대상으로 MESA/STEM 교육에 대한 인식과 과학 동기 사이의 상관 분석에서 두 검사지 간 상관은 .543으로 유의미한 상관이 있는 것으로 분석되었다. 그리고 회귀 분석에서는 MESA/STEM 교육에 대한 인식이 과학 동기를 예측하는 모형을 유의미하게 설명하고 있었으며, MESA/STEM 교육에 대한 인식은 과학 동기 점수의 약 30%(adj. $R^2 = .30$)를 설명하는 것으로 나타났다. 국내외에서 MESA/STEM 교육에 대한 인식과 과학 동기를 살펴보는 선행 연구가 이루어지지 않아, 이 연구의 결과에서도 도출된 설명력이 충분한지에 대한 해석이 쉽지는 않다. 다만 과학적 자기 효능감과 학업 동기나 과학 동기를 살펴본 선행 연구의 결과에서는 평균 $R^2 = .37$ 로 보고되었으며(Sotiriou & Bogner, 2020) 이를 토대로 볼 때, MESA/STEM 교육에 대한 인식은 학생들의 과학 동기를 충분히 설명하는 것으로 볼 수 있다.

둘째, 연구에 참여한 중학생들의 인종에 따른 회귀 그래프를 살펴본 결과, 인종에 따라 절편과 기울기가 다른 그래프를 보여주었다. 즉, 과학 동기가 상위 수준인 인종에 따라 다르게 나타나기 때문에 MESA/STEM 교육에 대한 인식과 과학 동기의 관계를 고려할 때, 다층모형분석을 실시할 필요성이 있다는 것을 확인할 수 있었다(Hox & Van de Schoot, 2017). 그리고 회귀분석에 나타난 설명량과 비교하여 각 인종별 설명량을 살펴보면, 백인에서 41%, 흑인에서 86%, 동양인에서 21% 등 인종에 따라 MESA/STEM 교육에 대한 인식이 과학 동기를 설명하는 R^2 값에 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 회귀분석보다는 분석 대상의 다양한 집단에 따른 속성을 반영한 연구가 필요하다는 것을 제시할 수 있으므로, 이 연구에서는 1수준 다층모형분석 모형을 설계하고 추가적인 검증을 실시하였다.

셋째, 1수준 다층분석모형을 설계하고 절편의 무선효과를 검증한 결과, 동기의 총 분산은 378.07이며, 이중 인종이 기인하는 부분이 15.61로 4.1%로 나타났다. 그리고 절편의 무선효과 자체도 유의수준 .05에서 $p = .039$ 로 유의미하게 도출되었다. 따라서 과학 동기를 좀 더 효과적으로 설명하기 위하여 인종이라는 집단을 고려한 다층모형분석을 실시하는 것이 타당하다고 제시할 수 있다(Hox & Van de Schoot, 2017; Kim, 2023). 그리고 1수준 독립 변인의 고정 효과를 검증한 결과, 무선효과 절편의 추정치는 15.61에서 10.48로 약 33%가 감소하였다. 즉, MESA/STEM 교육에 대한 인식이 과학 동기의 총 분산 중 집단 간 차이에 기인하는 부분의 약 33%를 설명하는 것으로 해석할 수 있다. 단, 절편의 무선효과도 4.1%에서 1.6%로 감소하였는데, 설명하지 못하는 집단 내 분산과 집단 간 분산 비율이 거의 남아 있지 않은 것으로 보아 이 연구에서 설계한 MESA/STEM 교육에 대한 인식과 과학 동기 사이의 관계는 1수준 다층모형분석의 결과까지만 유의미한 것으로 해석할 수 있다(Bang et al., 2018; Lee et al., 2023).

따라서 이 연구에서 수행한 탐색적 연구의 결과를 바탕으로, 추후 수행되는 STEM/STEAM등의 융합교육 연구에서 학생들에게 나타나는 교육적 효과나 교육적 영향을 분석하고 이를 바탕으로 교육적 피드백을 제기할 때, 학생 집단을 학년별 혹은 성별로만 구분하는 데에서 나아가 인종/민족적 맥락도 함께 고려할 필요가 있으며, 다른 인종과 민족에 대한 적절한 처방이 함께 이루어질 필요성도 제기된다(Cruz et al., 2021; Dou & Cian, 2021). 그리고 연구에 참여하는 학생들로부터 MESA/STEM 교육에 대한 인식과 과학 동기 사이의 관련성에서 국가 간 혹은 학교별 효과 등을 살펴볼 수 있도록 과학 동기에 영향을 미치는 다양한 변인(과학적 자기효능감 등) 데이터를 수집할 필요성도 제기된다. 이를 토대로 2수준 이상의 다층모형을 설계하고 연구를 수행하면 다양한 교육정보와 함의를 도출할 수 있는 유의미한 연구가 수행될 수 있을 것으로 판단된다.

Conflicts of Interest

The author(s) declared no conflicts of interest.

Acknowledgements

이 논문은 2024학년도 대구교육대학교 특별연구지원금에 의하여 연구되었음.

References

- Aschbacher, P. R., Ing, M., & Tsai, S. M. (2014). Is science me? Exploring middle school students' STE-M career aspirations. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 735-743.
- Bang, S., Lim, O., & Lee, K. (2018). HLM Analysis of Effects of Individual Level Social Capital and National Level Health Expenditure on Life Satisfaction of Elderly in OECD Countries. *Humanities & Social Sciences* 21, 9(2), 487-497.
- Banks, J. A. (2006). *Cultural diversity and education: Foundations, curriculum, and teaching*. Boston: Pearson.
- Bickel, R. (2007). *Multilevel analysis for applied research: It's just regression*. Guilford Press.
- Bryan, R., Glynn, S., & Kittleson, J. (2011). Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. *Science Education*, 95, 1049-1065.
- Cadaret, M. C., Hartung, P. J., Subich, L. M., & Weigold, I. K. (2017). Stereotype threat as a barrier to women entering engineering careers. *Journal of Vocational Behavior*, 99, 40-51.
- Campbell, T., Lee, H., Kwon, H., & Park, K. (2012). Student Motivation and Interests as Proxies for Forming STEM Identities. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(3), 532-540.
- Chapman, A., & Feldman, A. (2016). Cultivation of science identity through authentic science in an urban high school classroom. *Cultural Studies of Science Education*, 12(2), 469-491.
- Cohen, R., & Kelly, A. M. (2020). Mathematics as a factor in community college STEM performance, persistence, and degree attainment. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(2), 279-307.
- Conradty, C., Sotiriou, S. A., & Bogner, F. X. (2020). How creativity in STEAM modules intervenes with self-efficacy and motivation. *Education Sciences*, 10(3), 1-15. <https://doi.org/10.3390/educsci10030070>
- Contreras, F., & Contreras, G. J. (2015). Raising the bar for Hispanic serving institutions: An analysis of college completion and success rates. *Journal of Hispanic Higher Education*, 14, 151-170.

- Crisp, G., & Cruz, I. (2010). Confirmatory factor analysis of a measure “mentoring” among undergraduate students attending a Hispanic serving institution. *Journal of Hispanic Higher Education*, 9, 232-244.
- Cruz, C., Rajpal, G., Lecoche, M., Martinez, I., & Lurie, A. (2021). Peer coaching program development: A framework of first-year Latina/o student persistence pursuing STEM pathways at a Hispanic serving institution. *Journal of Hispanic Higher Education*, 20(4), 365-384.
- Dou, R., & Cian, H. (2021). The relevance of childhood science talk as a proxy for college students’ STEM identity at a Hispanic serving institution. *Research in Science Education*, 51(4), 1093-1105.
- Dou, R., Hazari, Z., Dabney, K., Sonnert, G., & Sadler, P. (2019). Early informal STEM experiences and STEM identity: The importance of talking science. *Science Education*, 103(3), 623-637. <https://doi.org/10.1002/sce.21499>
- Felder, R. M., & Brent, R. (2024). *Teaching and learning STEM: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Glynn, S., Taasobshirazi, G., & Brickman, P. (2009). Science motivation questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1) 127-146.
- Gollnick, D. M., & Chinn, P. (2009). *Multicultural Education in a Pluralistic Society*(8th ed.). Pearson.
- Guerra, A., & Rezende, F. (2017). Sociocultural influences on science and on science identities. *Cultural Studies of Science Education*, 12(2), 505-511.
- Guiberson, M. (2009). Hispanic representation in special education: patterns and implications. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 53(3), 167-176.
- Ha, M. & Lee, J. (2012). Exploring the structure of science motivation components and differences in science motivation in terms of gender and preferred track. *Secondary Education Research*, 60(1), 1-20.
- Ha, M., Kim, M., Park, K. & Lee, J. (2012a). The analysis of differences in structure of natural science high school students’ science learning motivation in terms of school year and gender. *Secondary Education Research*, 60(2), 365-384.
- Ha, M., Kim, M., Park, K. & Lee, J. (2012b). The analysis of level and structure of natural science high school students’ science motivation compared to general high school students’. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(5), 866-878.
- Hox, J., Moerbeek, M., & Van de Schoot, R. (2017). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. Routledge.
- Jamaludin, J., Lay, Y. F., Khoo, C. H., & Leong, A. S. Y. (2021). Examining the STEM-Science Achievement Test(SSAT) Using Rasch Dichotomous Measurement Model. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(4), 571-584.
- Jeon, J., Park B., Lee, H., & Lee, H. (2023). Effects of Online Education on Elementary Science Gifted Students’ Systems Thinking, Science Motivation, and Scientific Self-Efficacy during the COVID-19. *Journal of Science Education for the Gifted*, 15(2), 231-250.
- Kim, J., & Lim, H. (2023). Analysis of Diversity of Illustrations in Elementary Science Textbooks from the Perspectives of Multiculturalism and Disability: Science Textbooks in Third Grade. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 42(4), 618-629.
- Kim, W. (2023). *Multilevel Modeling Using SPSS*. Seoul: Hakjisa.
- Klaus, S. (2016. January 14). The Fourth Industrial Revolution: What it means, how to respond. WEF Forum 2016. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity[KOFAC]. (2012a). *Teacher training program for STEAM education*. Seoul: KOFAC Publishing.
- Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity[KOFAC]. (2012b). *Introduction of STEAM education policy*. Seoul: KOFAC Publishing.

- Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity[KOFAC]. (2021). Status Survey and Revitalization Strategies of Convergence Education in Primary and Secondary School. Seoul: KOFAC Publishing.
- Korea National Statistical Office (2022) Population census. Retrieved from <https://kostat.go.kr>
- Kwon, H., Kim, E., Park, H., Bae, Y., Lee, D., Lee, H., Lee, H., Choi, S., & Ham, H. (2021). Current Status of the Implementation of Convergence Education in Primary and Secondary Schools. *Journal of science education*, 45(3), 336-348.
- Lee, H., Lee, H., Kwon D., & Jeon, J. (2022). Effect Analysis on Attitudes towards STEM and Career Perception according to the Development and Application of STEM Thinking Classroom Program to Improve Math and Science Competency of Secondary School Students. *Teacher Education Research*, 61(2), 231-246.
- Lee, H., Lee, H., M. Longhurst & M. Freeman. (2019). An Exploratory Study of Middle School Students' Motivation in Science: Comparing a STEM Education Program in Korea and the USA. *Journal of Science Education*, 43(1), 1-16.
- Lee, K., Lee, S., Byun, Y., Yon, K., Lee, M. (2023). The Relation between Psychological Mindedness, COVID-19 stress, Platoon Cohesion, and General Mental Health of Military Soldiers: Multilevel Analysis. *Korean Journal of Counseling*, 24(2), 127-147.
- McDonald, A., Danaia, L., Sikder, S., & Huser, C. (2021). Early childhood educators' beliefs and confidence regarding STEM education. *International Journal of Early Childhood*, 53, 241-259.
- McGunagle, D., & Zizka, L. (2020). Employability skills for 21st-century STEM students: the employers' perspective. *Higher education, skills and work-based learning*, 10(3), 591-606.
- Ministry of Education. (2020). Master Plan of Convergence Education(2020~2024), Sejong: Ministry of Education.
- Ministry of Education [MOE]. (2022). 2022 revised curriculum: Science. Sejong: Ministry of Education.
- Ministry of Education[MOE] (2022). 2022 multicultural education support plan for equality at the starting line. Sejong: Ministry of Education.
- Next Generation Learning Standards, New York State Education Department [NYSED], (2017). <https://www.nysed.gov/curriculum-instruction>, 검색일: 2023. 12. 12).
- OECD (2014). PISA 2012 results: What student know and can do – student performance in mathematics, reading and science (Volume I , Revised edition, February 2014). PISA, OECD Publishing.
- Perez-Felkner, L., McDonald, S.-K., Schneider, B., & Grogan, E. (2012). Female and male adolescents' subjective orientations to mathematics and the influence of those orientations on postsecondary majors. *Developmental Psychology*, 48(6), 1658–1673.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods (Vol. 1). London: Sage Publications.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sanders, M., Kwon, H., Park, K., & Lee, H. (2011). Integrative STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education: Contemporary trends and issues. *Secondary Education Research*, 59(3), 729-762.
- Struck J.A.V., Akdemir, Z., & Menekse, M. (2024). Achievement goal theory in STEM education: A systematic review. *Journal of Engineering Education*. 113(3). DOI: 10.1002/jee.20585
- Tan, E., Barton, C. A., Kang, H., & O'Neill, T. (2013). Desiring a career in STEM-related fields: how middle school girls articulate and negotiate identities-in-practice in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(10), 1143–1179.

Authors Information

Hyundong Lee, Daegu National University of Education, Associate Professor, 1st Author. <https://orcid.org/0009-0000-8028-4135>

Yong Joon Park, Indiana State University, Professor, Co-author. <https://orcid.org/0009-0004-1758-808X>

Hyonyong Lee, Kyungpook National University, Professor, Corresponding Author. <https://orcid.org/0000-0001-5104-1847>