

중·고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 효과에 대한 메타분석

장봉석

국립목포대학교 교육학과 조교수

The Meta-Analysis on Effects of Arduino-Based Education for Secondary School Students

Bong Seok Jang

Assistant Professor, Department of Education, Mokpo National University

요약 이 연구는 중학생과 고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 효과를 메타분석으로 정리하기 위해 실시되었다. 분석을 위해 선행 학술지와 학위 논문 10편을 선정하였으며, 전체 효과크기와 범주형 변수에 대한 효과크기를 계산하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 중·고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 전체 효과크기는 0.537로 나타났다. 둘째, 종속변인 유형의 효과크기는 정의적 영역 0.849, 인지적 영역 0.479로 나타났다. 셋째, 학교급의 효과크기는 중학교 0.796, 고등학교 0.474로 나타났다. 넷째, 교과 유형의 효과크기는 음악 1.255, 과학 0.562, 기술 0.443, 정보 0.429로 나타났다. 다섯째, 프로그램 유형의 효과크기는 그래픽 기반 0.543, 텍스트 기반 0.376으로 나타났다.

키워드 : 아두이노, 메타분석, 효과크기, 중등학교, 소프트웨어교육

Abstract This study aimed to analyze effects of Arduino-based education for secondary school students through meta-analysis. Prior studies including journal articles and theses were selected through rigorous review. The researcher calculated the overall effect size and effect sizes by categorical variables. Research findings are as follows. First, the total effect size of Arduino-based education was 0.537. Second, the effect sizes by type of dependent variables were the affective domain 0.849 and the cognitive domain 0.479. Third, the effect sizes by school level were the middle school 0.796 and the high school 0.474. Fourth, the effect sizes by subject areas were music 1.255, science 0.562, technology 0.443, and information 0.429. Fifth, the effect sizes by types of programming were the graphic-based programming 0.543 and the text-based programming 0.376.

Key Words : Arduino, Meta-Analysis, Effect Size, Secondary School, Software Education

1. 서론

세계 여러 국가에서는 최근 학교 교육과정에 통합적 소프트웨어 교육 프로그램을 반영하기 위한 다양한 시도들이 이루어지고 있다. 국내에서도 2015 개정 교육과정을 통해 중학교 소프트웨어 교육을 필수적으로 운영하도록 지정하였으며, 고등학교의 경우 기존에는 심화선택 과목이던 소프트웨어 교과가 일반선택과목으로 변경되면서 학교 현장에서의 운영이 용이해졌다[1].

이와 함께 미래 사회에 필요한 융합인재를 양성해야

한다는 의견도 점차 증가하고 있다[2]. 현대 사회에는 생명 윤리, 환경, 지구 온난화, 자원 부족 등의 다양한 사회 문제 등이 존재하며, 이와 같은 핵심 사안들을 해결하고 미래에 대비하기 위해서는 정보와 지식을 수집하고 활용하는 능력뿐만 아니라 여러 분야의 지식을 융합하여 적용할 수 있는 융·복합적 지식과 문제해결력이 필요하기 때문이다. 이러한 사회적 요구 역시 2015 개정 교육과정에서 중요하게 논의된 바 있다. 구체적으로 학생들의 창의성 계발 및 인성과 감성 함양을 위해 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 등의 여러 교과들이 통합적으로

*Corresponding Author : Bong Seok Jang(bsjang@mokpo.ac.kr)

Received April 7, 2021
Accepted June 20, 2021

Revised May 26, 2021
Published June 28, 2021

운영되어야 함이 강조된 것이다[1]. 또한 학생들이 여러 교과 영역의 지식들을 활용하여 실제적 문제를 탐색하고 해결하며, 새로운 가치를 창출하고, 사회의 다양한 구성원들과 공존하며 살아가는 인재 양성 역시 부각되었다.

앞서 제시된 2015 개정 교육과정의 주요 특징에 따라 중등 교육 현장에서는 소프트웨어 기반 융·복합 교육에 대한 관심이 증가하고 있다[1]. 이에 융합인재교육(STEAM)과 소프트웨어 교육을 통합하여 진행하기 위해 다양한 시도들이 이루어지고 있는데, 그 중 피지컬 컴퓨팅을 통한 융합 수업이 대표적으로 논의되는 추세이다. 피지컬 컴퓨팅은 센서나 프로그램을 컴퓨터에 연결함으로써 인간의 감각기관처럼 기능하고, 동시에 컴퓨터가 주변 사물에 반응하도록 구성하는 활동을 의미한다[3].

피지컬 컴퓨팅에 사용되는 개발 플랫폼 중에 대표적으로 아두이노가 있다[4]. 아두이노는 센서와 액츄에이터를 비교적 쉽게 연결할 수 있고, 다양한 소프트웨어와도 연동 가능하기 때문에 학교 현장에서 부담없이 활용될 수 있는 점이 큰 장점으로 부각된다. 무엇보다도 가격이 저렴하기 때문에 기존에 활용되던 고가의 교구들에 비해 더 선호되고 있는 실정이다. 이와 같은 이유로 2015년 이후 중등학교에서 아두이노 활용 교육이 도입되어 꾸준히 실행되어 온 것으로 나타났다. 그러나 선행 연구 분석 결과, 중등학교 현장에서 실시된 아두이노 활용 교육의 효과에 대한 종합적 논의를 수행한 연구가 아직까지 실행되지 않은 것으로 나타났다. 따라서 이 연구에서는 2021년 3월까지 국내에서 보고된 중학생과 고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 효과를 메타분석으로 정리하기 위해 실시되었다.

연구문제는 다음과 같다. 첫째, 중·고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 전체 효과크기는 무엇인가? 둘째, 중·고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 효과크기는 범주형 변수 별로 차이가 있는가?

2. 이론적 배경

2.1 아두이노

아두이노는 이탈리아의 Ivrea에 위치한 IDII의 Banzi 교수팀에 의해 개발된 마이크로 컨트롤러 보드를 의미한다[5]. 출시 이후 세계적인 관심을 받았으며, 예술과 교육 분야 등에서 다양하게 활용되고 있다[6].

아두이노에 대한 높은 관심과 활용도는 접근성이 우수하다는 점에 있다. 아두이노 출시 전에는 WinAVR로 컴파일한 후 ISP 장치를 활용하여 업로드하는 과정을 거치는 등 프로그래밍부터 보드까지 입력하는 작업이 다소 복잡하게 진행되었다[7]. 그러나 아두이노를 활용하는 경우, 자체 개발 소프트웨어(IDE)를 통해 시리얼 포트나 USB 포트만 구비되어 있다면 누구든지 쉽게 프로그래밍 작업과 업로드를 수행할 수 있다. IDE는 윈도우, 매킨토시, 리눅스 환경에서 모두 작동하며, 아두이노 언어를 통해 스케치와 업로드를 수행하는 간편한 방식으로 아두이노를 작동시킨다[5].

아두이노는 실드를 통해 다양하게 확장되는 것으로 알려져 있다. 그러나 실드를 사용하지 않는 경우라도 각종 센서와 브레드보드를 통해 다양한 작업이 가능하다. 아두이노를 활용하여 사용자들은 초음파 센서를 통한 자동차 후방감지센서, 사운드 시스템 구축을 통한 디지털 피아노, 로봇 등의 제품을 만들 수 있다[7].

Jamieson(2011)은 아두이노의 장점을 쉬운 설정, 공개된 다양한 예제, 오픈소스 프로젝트 참고, 운영 체제에 대한 독립성, 저렴한 비용, 낮은 유지관리비, 다양한 프로그래밍 언어와의 호환성 등을 제시한 바 있다. 동시에 아두이노 활용 교육에 대한 실제 경험을 기술하며, PBL을 활용하여 교수학습 과정을 진행할 때 학생들의 소감과 학습 결과물이 이전보다 더 높은 수준으로 나타날 수 있음을 소개하였다[8].

2.2 메타분석

메타분석은 양적 연구에서의 개별 연구 결과를 체계적으로 정리하며, 이 과정에서 효과크기라는 양적 지수를 사용한다[9]. 효과크기는 변인 간 관계에 대한 크기와 강도이다. 메타분석 연구에서는 효과크기 비교를 통해 연구 간 비교가 가능하며, 연구 효과도 종합할 수 있다.

이 연구의 효과크기 계산 과정에서는 표준화된 평균차 계산 방법이 적용되었으며[10], 실험집단과 통제집단의 사전·사후 검사 결과의 평균차 변화를 계산하였다.

3. 연구방법

3.1 분석 대상

RISSE 홈페이지에서 학술지 논문과 학위 논문을 검토

하였다. 주제어를 ‘아두이노’, ‘영향’, ‘효과’로 설정한 결과, 학술지논문 101편과 학위논문 140편을 일차적으로 수집하였다. 이 중에서 중학생과 고등학생 집단을 연구 대상으로 선정하고, 연구 방법에서는 실험 집단을 제시한 논문만을 분석에 포함하였다. 그 결과 중·고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 효과를 제시한 10편을 최종적으로 선정하였다.

3.2 코딩

종속변수, 학교급 등을 범주형 변수로 설정한 후 메타분석을 위한 코딩 작업을 수행하였다. 코딩 작업 이전에 연구 참여자들은 협의를 통해 코딩지를 작성하였다. 코딩은 현직 교사인 컴퓨터교육 전문가 1명, 일반교육학 분야 교수 1명, 제 1저자가 진행하였다.

3.3 효과크기 계산

동질성 검사를 실시한 결과, 선행연구에 대한 효과크기는 이질적으로 나타났다($Q=349.085$, $df=76$, $p<.001$). 이에 랜덤효과 모형을 적용한 후 분석을 실시하였다[10].

Table 1. The Homogeneity Test

K	Q	p	Effect Size	Standard Error	-95%CI	+95%CI
77	349.085	.000	.610	0.053	0.506	0.713

4. 연구결과

4.1 전체 효과크기

중·고등학교 대상 아두이노 활용 교육의 전체 효과크기는 0.537로 나타났다. 95% 신뢰구간은 .267 ~.808로 나타났다. 이 연구의 전체 효과크기는 Cohen(1988)의 설명에 따라 중간 효과크기로 해석 가능하다[11].

Table 2. The Overall Effect Size

K	Effect Size	Standard Error	-95% Confidence Interval	+95% Confidence Interval
10	.537	0.138	0.267	0.808

4.2 범주형 변수별 분석

Table 3의 학술지 게재 여부에서는 학위 0.965, 학술지 0.44로 나타나 출판 편의(publication bias)가

존재하지 않았다[10].

Table 3. The Effect Size of Publication Type

Variable	K	Effect Size	Standard Error	-95% Confidence Interval	+95% Confidence Interval
Articles	46	0.440	0.038	0.365	0.514
Theses	31	0.965	0.030	0.906	1.023

Table 4의 종속변인 유형에서는 정의적 영역 0.849, 인지적 영역 0.479로 나타났다.

Table 4. The Effect Size of Dependent Variable

Variable	K	Effect Size	Standard Error	-95% Confidence Interval	+95% Confidence Interval
Cognitive	20	0.479	0.049	0.382	0.576
Affective	57	0.849	0.027	0.796	0.902

Table 5의 인지적 영역에서는 컴퓨팅 사고력 0.671, 진로 개발 역량 0.569, 창의적 문제해결력 0.458의 순으로 나타났다.

Table 5. The Effect Size of Cognitive Domain

Variable	K	Effect Size	Standard Error	-95% Confidence Interval	+95% Confidence Interval
Career Development Competency	3	0.569	0.116	0.341	0.797
Creative Problem-Solving Ability	18	0.458	0.053	0.354	0.562
Computational Thinking	1	0.671	0.247	0.186	1.156

Table 6의 정의적 영역의 효과크기는 학습몰입 1.255, 융합인재 소양 0.824, 진로 적응성 0.560, 기술적 태도 0.443, 통합적 사고 성향 0.342, 창의적 성향 0.311, 문제 해결 성향의 순으로 나타났다.

Table 6. The Effect Size of Affective Domain

Variable	K	Effect Size	Standard Error	-95% Confidence Interval	+95% Confidence Interval
Technological Attitude	9	0.443	0.087	0.271	0.614
Problem-Solving Attitude	4	0.302	0.112	0.082	0.521
Convergent Talent	5	0.824	0.119	0.590	1.057
Career Adaptability	9	0.560	0.067	0.428	0.691
Creative Disposition	5	0.311	0.155	0.008	0.614
Integrated Thinking Disposition	6	0.342	0.146	0.056	0.628
Learning Flow	10	1.255	0.039	1.179	1.330

Table 7의 학교급에서는 중학교 0.796, 고등학교 0.474로 나타났다.

Table 7. The Effect Size of School Level

Variable	K	Effect Size	Standard Error	-95% Confidence Interval	+95% Confidence Interval
High	11	0.474	0.075	0.327	0.622
Middle	66	0.796	0.025	0.747	0.845

Table 8의 교과 유형에서는 음악 1.255, 과학 0.562, 기술 0.443, 정보 0.429로 나타났다.

Table 8. The Effect Size of Subject Area

Variable	K	Effect Size	Standard Error	-95% Confidence Interval	+95% Confidence Interval
Science	12	0.562	0.058	0.448	0.676
Technology	9	0.443	0.087	0.271	0.614
Music	10	1.255	0.039	1.179	1.330
Information	21	0.429	0.049	0.333	0.525

Table 9의 프로그램 유형에서는 그래픽 기반 0.543, 텍스트 기반 0.376으로 나타났다.

Table 9. The Effect Size of Types of Programming

Variable	K	Effect Size	Standard Error	-95% Confidence Interval	+95% Confidence Interval
Graphic	36	0.543	0.039	0.466	0.619
Text	31	0.376	0.046	0.286	0.466

5. 논의

이 연구는 중학생과 고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 효과를 메타분석으로 정리하기 위해 실시되었다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 중학생과 고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 전체 효과크기는 0.537로 나타났으며, 이 결과는 Cohen(1988)이 제안한 기준에 따라 중간 효과크기로 해석 가능하다[11]. 현재까지 중·고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 효과에 대한 메타분석 연구가 진행되지 않은 사실을 고려할 때, 이 연구 결과는 주목할 만하며 후속 연구자들의 연구 계획에 참고할 만한 중요한 근거 자료가 될 수 있을 것이다.

둘째, 종속변인 유형에서는 효과크기가 정의적 영역 0.849, 인지적 영역 0.479로 나타났다. 이 결과는 아두

이노 활용 교육의 과정에서 학생들이 아두이노 기기 연결, 조립, 프로그래밍 작업 수행 시 적극적이며 개방적인 자세로 서로 소통하고, 문제해결 과정에서 지속적으로 협력하며, 문제를 해결하는 과정에서 융합적으로 사고하며 몰입하는 등의 정의적 특성이 상대적으로 발달된다는 Blum(2019)의 주장과 일치한다[7].

셋째, 학교급에서는 중학교 0.796, 고등학교 0.474로 나타났다. 이 결과를 통해 아두이노 활용 교육의 효과가 중학생을 대상으로 더 높게 나타남을 확인하였으며, 추후 중학교 교육 현장에서 정규 교육과정과 아두이노 활용 교육의 통합적 활용에 대한 중요한 근거 자료가 될 것이다. 또한, 하드웨어 및 소프트웨어를 활용한 수업에서 중학생들이 두려움을 갖지 않고 스스로 아이디어를 제시하고, 실시간으로 반응하는 전자 제품을 구성하며, 그 결과를 확인함으로써 교수학습 활동에 대한 적극성과 긍정성을 보이는 사실에 주목할 필요가 있을 것이다.

넷째, 교과 유형에서는 음악 1.255, 과학 0.562, 기술 0.443, 정보 0.429로 나타났다. 이 결과를 통해 아두이노 활용 교육이 소프트웨어 교육 분야 이외에도 일반 교과와 통합하여 효과적으로 운영될 수 있음을 확인하였으며, 특히 음악 교과에서 적용될 때 그 효과가 가장 높게 나타난 사실은 주목할 만하다. 음악 분야에서의 아두이노의 활용 가능성에 대한 소개와 논의는 Whitworth 대학의 음악 교수인 Edstrom(2016)의 저서에서도 자세히 소개된 적이 있다[6]. 그는 아두이노의 쉬운 사용법과 플랫폼의 저렴한 비용을 장점으로 제시하며, 아두이노를 통해 복잡한 음악 작성이 가능하고 여러 종류의 음악 제작 소프트웨어와도 자유롭게 호환된다고 설명하였다.

다섯째, 프로그램 유형에서는 그래픽 기반 0.543, 텍스트 기반 0.376으로 나타났다. 이 결과를 통해 학생들이 어렵지 않게 활용할 수 있는 그래픽 기반 프로그래밍이 적용된 경우의 교육 효과가 상대적으로 더 높은 것을 확인할 수 있었다[5]. 텍스트 기반 프로그래밍과 달리 그래픽 기반 프로그래밍에서는 사용자가 C언어로 직접 입력하지 않는다. 반면에 그래픽으로 구성된 프로그래밍 코드가 사용자 대신 컴퓨터 언어로 변환한다. 이러한 상황을 고려하여 후속 연구에서는 교육목적과 학생들의 수준에 적절한 프로그래밍 유형을 감안하고 교수학습 활동을 계획해야 할 것이다.

6. 결론 및 제언

이 연구는 중학생과 고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 효과를 메타분석으로 정리하기 위해 실시되었다. 선행 학술지와 학위 논문 10편을 선정하여 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 중·고등학생 대상 아두이노 활용 교육의 전체 효과크기는 0.537로 나타났다. 둘째, 종속변인 유형의 효과크기는 정의적 영역 0.849, 인지적 영역 0.479로 나타났다. 셋째, 학교급의 효과크기는 중학교 0.796, 고등학교 0.474로 나타났다. 넷째, 교과 유형의 효과크기는 음악 1.255, 과학 0.562, 기술을 0.443, 정보 0.429로 나타났다.

이와 함께 연구 결과에 대한 논의로써 제시된 특징들을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 아두이노 활용 교육 과정에서 학생들은 지속적으로 협력하고 몰입하는 등의 정의적 특성이 상대적으로 발달되었다[7]. 둘째, 중학교 교육 현장에서 정규 교육과정과 아두이노 활용 교육의 통합적 활용에 대한 근거를 마련하였다. 셋째, Edstrom(2016)가 제시한 바와 같이 음악 분야에서의 다양한 소프트웨어와 자유롭게 호환되는 실증적 근거를 발견하였다[6].

후속 연구에 대한 제언은 다음과 같다. 첫째, 고등학교에서 아두이노 활용 교육의 효과가 낮게 나타난 이유를 확인하기 위해 사례 연구 등의 방법을 통한 심층적 고찰이 필요하다. 둘째, 음악, 과학, 기술 등의 교과 영역뿐만 아니라 정규 교육과정에 포함된 다양한 교과에 확대될 필요가 있을 것이다.

REFERENCES

[1] Department for Education. (2015). *2015 National revised curriculum*. Sejong; Department for Education.

[2] Choi, Y. (2020). Developing a Specialization for LAM Convergence Using a Competency-Based Approach in an LIS Graduate Curriculum. *Journal of Education for Library and Information Science*, 61(2), 212-228.

[3] Lano, R. P. (2020). *Variations on a Theme: Physical Computing*. Independently published.

[4] Culkin, J. & Hagan, E. (2017). *Learn Electronics with Arduino: An Illustrated Beginner's Guide to Physical Computing (Make: Technology on Your Time)*. Make Community, LLC.

[5] Salomsky, A. (2021). *Arduino: 2021 Updated User Guide to Learn Arduino Programming Step by Step*.

[6] Edstrom, B. (2016). *Arduino for Musicians: A Complete Guide to Arduino and Teensy Microcontrollers*. Oxford University Press.

[7] Blum, J. (2019). *Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry*, Wiley.

[8] Jamieson, P. (2011). Arduino for teaching embedded systems. Are computer scientists and engineering educators missing the boat? In *Proceedings of the International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering (FECS)*, pp. 289-294.

[9] Cooper, H. M. (2009). *Research synthesis and meta-analysis: A step by step approach (4th ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage.

[10] Cooper, H. M., Hedges, L. V. & Valentine, J. (2008). *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. NY: Russell Sage Foundation.

[11] Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

장 봉 석(Bong Seok Jang)

[정회원]



- 2003년 2월 : 전북대학교 교육학과 (교육학사)
- 2006년 8월 : 전북대학교 교육학과 (교육학석사)
- 2010년 8월 : 미국 Boise State University 교육과정학과(교육학박사)

- 2019년 9월 ~ 현재 : 국립목포대학교 교육학과 조교수
- 관심분야 : 교육과정 이론, 교육과정 실행
- E-Mail : bsjang@mokpo.ac.kr