JPEE 실천공학교육논문지
JOURNAL OF PRACTICAL ENGINEERING EDUCATION

실천공학교육 관련
J. Pract. Eng. Educ. 13(1), 207-212, 2021

아두이노 활용 초등 교육 프로그램의 효과에 대한 메타분석

The Meta-Analysis on Effects of Elementary Education Programs Adopting Arduino

장봉석*

국립목포대학교 교육학과

Bong Seok Jang*

Department of Education, Mokpo National University, Muan 58554, Korea

[요 약]

이 연구는 아두이노를 활용한 초등 교육 프로그램의 효과를 메타분석으로 종합하기 위해 실시되었다. 자료 분석을 위해 선행 학위 논문과 학술지 논문 12편이 선정되었다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 아두이노 활용 초등 교육의 전체 효과크기는 0.519로 나타났다. 둘째, 학년에 따른 효과크기는 5학년 0.737, 5학년과 6학년 통합 0.533, 6학년 0.472의 순이었다. 셋째, 학생 수준 에 따른 효과크기는 영재학생 0.607, 일반학생 0.522의 순이었다. 넷째, 교과 영역에 따른 효과크기는 환경 0.708, 소프트웨어 0.572, 실과 0.526, 과학 0.523, 융합 0.402, 미술 0.18의 순이었다. 다섯째, 프로그래밍 유형에서는 그래픽 기반 프로그래밍 0.555, 텍스트 기반 및 그래픽 기반 프로그래밍 0.47, 텍스트 기반 프로그래밍 0.464의 순이었다. 여섯째, 교육과정 유형에 따라 비정규 교육과정 0.636, 정규 교육과정 0.51의 순이었다.

[Abstract]

This study was designed to implement the meta-analysis for figuring out effects of elementary education programs adopting Arduino. The researcher carefully chose and analyzed 12 primary studies including theses, dissertations, and journal articles. Results were as follows. First, the total effect size of elementary education programs adopting Arduino was 0.519. Second, the effect sizes by the grade levels were 5th grade 0.737, integration of 5th and 6th grade 0.533, and 6th grade 0.472 in order. Third, for status of students, the effect sizes were gifted and talented 0.607 and normal 0.522 in order. Fourth, for subject areas, the effect sizes were environment 0.708, software 0.572, practical arts 0.526, science 0.523, integrated 0.402, and fine arts 0.18 in order. Fifth, for types of programming, the effect sizes were graphic based programming 0.555, text and graphic based programming 0.47, and text based programming 0.464 in order. Sixth, for curriculum types, the effect sizes were extra curriculum 0.636 and regular curriculum 0.51 in order.

Key Words: Arduino, Elementary Education, Meta-Analysis, Effect Size

http://dx.doi.org/10.14702/JPEE.2021.207

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 30 March 2021
Accepted 20 April 2021

***Corresponding Author**
E-mail: bsjang@mokpo.ac.kr

I. 서 론

4차 산업혁명 시대로의 전환은 교육과정 및 교육방법 분야에서도 패러다임 변화의 필요성을 요구하고 있으며, 이에 대한 교육 관계자들의 공감대 역시 확산되고 있다. 인공지능과 빅데이터가 중심이 되는 4차 산업혁명 사회에서는 전통적인 시스템에서 탈피하여 급격하게 변화하는 시대에 대응하는 혁신적 제도와 정책을 도입해야 하며, 동시에 비약적인 기술 발전에 대비해야 한다. 이를 위해 교육 현장에서는 융합 기술 중심의 빠른 변화에도 충분한 역량을 발휘할 수 있는 창의융합형 인재를 양성해야 한다[1]. 또한 기존에 실시되었던 컴퓨터, 기술, ICT 활용 교육에 대한 변화를 모색하고 단순 조작이나 소비자로서의 역할을 강조하는 방향이 아닌, 정보를 직접 창조하고 생산할 수 있는 방향으로 교육 활동을 전환해야 할 것이다.

변화하는 사회에 선도적으로 대응하기 위해 해외에서는 컴퓨팅 교육에 대한 중요성이 강조되고 있다. 대표적인 예로 영국의 경우 2014년부터 만 5세 이상의 학생들은 의무적으로 컴퓨팅 교육을 이수해야 하는 방안을 도입하여 실행 중이다[2]. 이 과정에서 학생들은 컴퓨터 과학 분야에 대한 심층적 이해와 프로그래밍에 대한 실습을 통해 컴퓨팅 사고력을 제고하고, 일상 생활에서 발견할 수 있는 여러 문제들을 컴퓨팅 사고력의 관점으로 이해하고 해석하며, 더 나아가 디지털 창조자로서의 역량을 강화하는 것을 목표로 한다.

국내에서도 2019년부터 초·중등교육 현장에서 컴퓨터 과학, 컴퓨팅, 프로그래밍 분야가 강화된 소프트웨어 교육이 의무화되었다. 이와 함께 국가수준 교육과정인 2015 개정 교육과정에서도 정보과학과 소프트웨어 교육 분야에 대한 필요성을 강조하였으며, 실제적인 알고리즘과 프로그래밍 교육의 강화를 통해 컴퓨팅 사고력과 소프트웨어 활용 역량이 효과적으로 개발될 수 있는 교육 환경의 구축을 확대하고 있다[3]. 소프트웨어 교육은 크게 언플러그드 컴퓨팅, 프로그래밍, 피지컬 컴퓨팅으로 구분되는데, 이 중 피지컬 컴퓨팅은 컴퓨터 프로그램과 주변 사물이 상호작용할 수 있도록 지원하는 활동을 의미한다. 피지컬 컴퓨팅은 엑츄에이터(actuator)와 센서(sensor)를 통해 사물 간의 상호작용을 가능하게 하며, 컴퓨터에 대한 지식과 실제적 경험이 부족한 사용자들도 자신의 아이디어를 다양한 방안들을 통해 쉽게 구체화하도록 돕는다.

피지컬 컴퓨팅 융합 교육 분야에서 활용되는 개발 플랫폼 중 최근 아두이노(Arduino)에 대한 관심이 높아지고 있다. 아두이노는 현재 교육, 예술 등의 분야에서 활용되고 있으며, 쉬운 사용법, 강력한 호환성, 낮은 비용 등의 이유로 초등 교육 현장에도 적극적으로 도입되는 추세이다[4]. 그러나 선행연구 분석 결과, 국내에서 수행된 아두이노 활용 초등 교육 프로그램의 효과를 체계적으로 정리한 연구가 아직 발표되지 않은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 2021년 2월까지 실시된 아두이노 활용 국내 초등 교육의 연구 동향을 분석하고, 분석 결과를 통해 교육 현장에 대한 시사점을 도출하기 위해 실시되었다. 메타분석은 특정 주제에 대한 연구 결과를 종합하는 기법이며, 그 결과를 통해 현재 상태의 이해와 후속 연구에 대한 방향성 제시가 가능하기 때문에 활용되는 과학적인 방법이다[5].

연구문제는 다음과 같다. 첫째, 아두이노 활용 초등 교육 프로그램의 전체 효과크기는 무엇인가? 둘째, 아두이노 활용 초등 교육 프로그램의 효과크기는 범주형 변수에 따라 어떠한 차이가 있는가?

II. 이론적 배경

아두이노는 이탈리아 북부에 위치한 인터액션 디자인 전문대학원(Interaction Design Institute Ivrea)에서 2004년 개발되었으며, 디자인과 예술을 전공하는 학생들에게 기본적인 프로그래밍을 지도하고 공학적 도구들을 활용하여 산출물을 제작하도록 설계되었다[6]. 이는 개념적으로 소프트웨어와 하드웨어를 포함한다. 먼저 소프트웨어로써의 아두이노는 하드웨어 작동을 위한 프로그램 개발 환경을 의미하며, 다양한 함수들의 집합을 통한 자바 기반 통합 개발 환경을 뜻한다. 둘째, 하드웨어로써의 아두이노는 오픈소스 회로로 만들어진 컴퓨팅 플랫폼을 의미하며, 마이크로컨트롤러와 여러 기능을 수행하는 주변장치들을 통합한 개발 보드를 지칭한다.

아두이노의 종류는 10여 가지 이상이며, 개발 보드의 구성과 크기, 마이크로컨트롤러의 성능, 핀 헤더의 유무 등에 따라 구분된다. 입문 단계의 사용자들을 위한 상품으로 현재 아두이노 우노, 아두이노 나노, 아두이노 레오나르도, 아두이노 마이크로 등이 활용되고 있다. 다음은 아두이노의

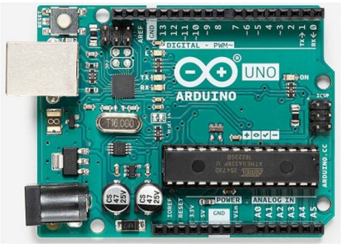

그림 1. 아두이노 우노

Fig. 1. Arduino Uno.

대표 보드인 아두이노 우노의 사진이다[7].

Jamieson(2011)은 컴퓨터 과학자와 공학 교육자들이 아두이노에 주목해야 함을 주장하며, 교육 현장에서 발견한 아두이노의 장점에 대해 다음과 같이 소개하였다[8]. 첫째, Plug and Play 방식을 채택하여 사용자가 아두이노 보드를 컴퓨터에 연결하면 컴퓨터가 바로 인식하기 때문에 설치가 용이하다. 둘째, 주변 장치 제어 과정에서 참고할만한 예시가 통합개발환경(IDE)에 많이 제시되어 있다. 셋째, 오픈소스 프로젝트 예제가 다양하여 학습 과정에서 활용 가능하다. 넷째, 윈도우, 리눅스, 맥 환경에서 모두 작동 가능하다. 다섯째, 직접 완성하거나 혹은 사전 제작된 제품을 구입하는 경우에도 부담이 없을 정도로 하드웨어가 저렴하다. 여섯째, 무료 소프트웨어가 제공된다. 일곱째, 유지 관리 비용 역시 저렴하며, 작동 불가능한 마이크로프로세서의 경우에도 $4에 교체 가능하다. 여덟째, 학생들이 빠른 시간에 프로토타입을 구성할 수 있다. 아홉째, C를 포함한 다양한 언어를 통해 프로그래밍이 가능하다.

III. 연구 방법

A. 분석 대상

국내에서 아두이노 활용 초등 교육 프로그램의 효과를 논의한 연구물을 수집하기 위해 RISS 홈페이지를 통해 검색하였다. 주제어로써 '아두이노', '교육', '영향', '효과'를 사용하였으며, 학술지 발행 논문 58편, 학위논문 73편을 수집하였다. 이 중 원문 검색이 불가능한 연구 5편, 학위 논문을 학술지로 출판하여 중복된 연구 3편, 초등학교 이외에 수행된 연구 63편, 실험집단을 제시하지 않은 48편은 분석에서 제외되었다. 최종적으로 아두이노 활용 초등 교육 프로그램의 효과를 논의한 12편의 연구가 선정되었다.

B. 자료 코딩

자료 코딩을 실시하기에 전에 코딩지를 구성하였으며, 이 과정에서 교육방법 분야 전문가 한 명, 컴퓨터과학 전문가 한 명, 본 논문의 제 1저자가 코딩을 수행하였다. 코딩 과정에서의 의견 차이는 협의 후에 조율하고 최종안을 마련하여 코딩하였다.

C. 효과크기

효과크기는 선행 개별 연구에 나타난 양적 자료 분석 결과를 의미한다[9]. 효과크기 산출을 위해 개별 연구에서 보고된 결과의 효과크기를 먼저 계산한 후, 전체 효과크기를 산출하였다[5]. 또한 개별 연구의 효과크기를 연구의 특징으로 유목화하여 분석하였다. 이 과정에서 CMA 3.0이 활용되었다.

IV. 연구 결과

A. 출판 편의 분석

깔때기 분포를 확인한 결과, 좌우 대칭이 발견되었으며 동시에 표준오차 및 효과크기가 밀집되어 분포된 것을 확인하였다. 이와 함께 안전계수는 6982로 분석되었는데, 이 수치는 누락 연구수를 의미하며 출판 편의가 존재하지 않음을 의미한다[10].

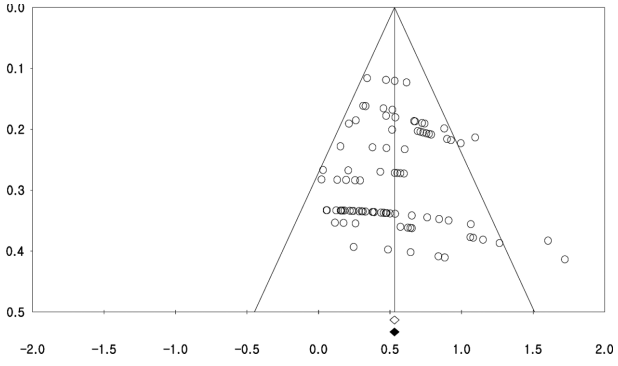

그림 2. 깔때기 분포
Fig. 2. Funnel plot.

B. 전체 효과크기

전체 효과크기 계산 결과 0.519로 나타났으며, 이 결과는 아두이노를 활용한 초등 교육 프로그램의 효과가 중간 수준임을 의미한다[11].

C. 범주형 변수

1) 종속변수

범주형 변수 중 종속변수에 대한 효과크기는 다음과 같다. 첫째, 종속변수에 따라 효과크기를 측정한 결과 심리동작적 영역 0.772, 인지적 영역 0.546, 정의적 영역 0.524, 학업 성취도 0.509의 순이었다. 둘째, 인지적 영역의 하위변인에 따

표 1. 종속변수 효과크기

Table 1. The effect size of dependent variables

Variable	Category	Number of Effect Sizes	Effect Size	Standard Error	95% Confidence Interval
Dependent Variable	Psychomotor	2	0.772	0.138	0.501~1.043
	Cognitive	45	0.546	0.038	0.472~0.620
	Affective	63	0.524	0.019	0.486~0.561
	Achievement	14	0.509	0.090	0.333~0.686
Cognitive Domain	Content Knowledge	1	0.671	0.187	0.304~1.037
	Logical Thinking	7	0.902	0.142	0.623~1.181
	Problem Solving Ability	23	0.576	0.045	0.488~0.664
	Creativity	1	0.023	0.293	−0.532~0.578
	Scientific Inquiry Ability	13	0.294	0.093	0.111~0.476
Affective Domain	Attitude toward Subjects	12	0.511	0.098	0.319~0.703
	Invention Attitude	34	0.530	0.021	0.489~0.571
	Creative Personality	7	0.417	0.102	0.216~0.618
	Learning Motivation	5	0.623	0.090	0.446~0.799
	Learning Attitude	1	0.133	0.283	−0.422~0.689
	Learning Flow	1	0.258	0.284	−0.299~0.815
	Learning Interest	2	0.240	0.159	−0.071~0.551
	Environmental Emotion	1	0.678	0.187	0.310~1.045
Psychomotor Domain	Environmental Function	1	1.098	0.214	0.678~1.517
	Environmental Implementation Action	1	0.540	0.181	0.185~0.894

표 2. 조절변수에 대한 효과크기

Table 2. The effect size by categorical variables

Variable	Category	Number of Effect Sizes	Effect Size	Standard Error	95% Confidence Interval
Publication Type	Published	30	0.525	0.018	0.490~0.561
	Unpublished	94	0.562	0.041	0.481~0.642
Grade Level	5^{th}	10	0.737	0.066	0.608~0.865
	Both	50	0.533	0.020	0.494~0.573
	6^{th}	64	0.472	0.033	0.406~0.537
Status	Gifted and Talented	14	0.607	0.051	0.506~0.708
	Normal	110	0.522	0.018	0.488~0.557
Subject Areas	Science	47	0.523	0.039	0.447~0.599
	Fine Arts	5	0.180	0.127	−0.068~0.429
	Software	19	0.572	0.074	0.427~0.717
	Practical Arts	36	0.526	0.021	0.486~0.566
	Integrated	4	0.402	0.115	0.176~0.628
	Environment	8	0.708	0.067	0.576~0.840
Programming	Text	9	0.464	0.097	0.273~0.654
	Graphic	51	0.555	0.020	0.517~0.594
	Both	64	0.470	0.033	0.404~0.535
Curriculum	Extra	32	0.636	0.039	0.561~0.712
	Regular	85	0.510	0.019	0.474~0.547

라 효과크기를 측정한 결과, 논리적 사고력 0.902, 교과지식 0.671, 문제 해결력 0.576, 탐구능력 0.294, 창의성 0.023의 순이었다. 셋째, 정의적 영역의 하위변인에 따라 효과크기를 측정한 결과, 환경정서 0.678, 학습동기 0.623, 발명태도 0.53, 교과에 대한 태도 0.511, 창의적 인성 0.417, 학습태도 0.258, 학습흥미 0.24, 학습몰입 0.133의 순이었다. 넷째, 심리동작적 영역의 하위변인에 따라 효과크기를 측정한 결과, 환경기능 1.098, 환경실천행동 0.54의 순이었다.

2) 조절변수에 대한 효과크기

범주형 변수 중 종속변수에 대한 효과크기는 다음과 같다. 첫째, 출판 유형으로 구분하면, 학위 논문 0.562, 학술지 논문 0.525의 순이었다. 둘째, 학년에 따라 5학년 0.737, 5학년과 6학년 통합 0.533, 6학년 0.472의 순이었다. 셋째, 학생 수준에서는 영재학생 0.607, 일반학생 0.522의 순이었다. 넷째, 교과영역에서는 환경 0.708, 소프트웨어 0.572, 실과 0.526, 과학 0.523, 융합 0.402, 미술 0.18의 순이었다. 다섯째, 사용된 프로그래밍 유형에서는 그래픽 기반 프로그래밍 0.555, 텍스트 기반 및 그래픽 기반 프로그래밍 0.47, 텍스트 기반 프로그래밍 0.464의 순이었다. 여섯째, 교육과정 유형에 따라 비정규 교육과정 0.636, 정규 교육과정 0.51의 순이었다.

V. 논 의

이 연구는 아두이노를 활용한 초등 교육 프로그램의 효과를 메타분석으로 종합하기 위해 실시되었다. 연구를 위해 선행 학위 논문과 학술지 논문 12편을 분석하였으며, 연구 결과를 토대로 논의점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 아두이노 활용 초등 교육의 전체 효과크기는 0.519이며, 이는 중간 효과크기로 해석된다. 선행 학위 논문과 학술지 논문에서 아두이노를 활용한 교육 프로그램의 효과를 메타분석으로 정리한 결과가 아직 보고되지 않은 사실을 고려한다면 의미 있는 결과이다. 특히 아두이노 활용 교육이 초등학교 교육과정에서의 교과 내용과 연계된 형태, 컴퓨팅 교육, 프로그래밍 교육 등의 다양한 방식으로 실행될 때, 그 교육적 효과가 높음을 증명하는 결과로써 활용 가치가 높을 것으로 판단된다[8].

둘째, 아두이노 활용 초등 교육 프로그램의 효과크기를 종속변수 유형으로 구분하여 분석한 결과, 심리동작적 영역 0.772, 인지적 영역 0.546, 정의적 영역 0.524, 학업 성취도 0.509의 순이었다. 이 결과는 아두이노가 쉬운 사용법, 강력한 호환성, 낮은 비용 등의 이유로 예술, 교육 등을 포함한 다양한 분야에 적용되고 있으며, 그 효과가 디자인과 예술을 전공하는 학생들을 포함한 여러 분야 학생들의 수행 능력과 인지 발달에 도움이 된다는 선행 연구 결과와도 맥락을 같이 하는 것으로 이해될 수 있다[12].

셋째, 인지적 영역의 하위변인에 따라 효과크기를 측정한 결과, 논리적 사고력 0.902, 교과지식 0.671, 문제 해결력 0.576, 탐구능력 0.294, 창의성 0.023의 순이었다. 이 중 효과크기가 가장 높게 나타난 논리적 사고력은 연역적·귀납적 추리 능력과 관련되며, 사건 간의 관계나 모순 등에 대한 타당성 및 규칙 등에 대한 사고력과 추리 능력을 의미한다. 아두이노의 프로그래밍 언어는 기본적으로 논리적 개념에 근거하고 있기 때문에, 학생들은 아도이노 학습 과정에서 인지적 기술이 다양하게 작용하는 상황을 경험하며 동시에 논리적 사고력과 추론 능력이 향상된 것으로 해석될 수 있다[6]. 이와 함께 문제 해결력의 효과크기도 높게 나타났는데, 이는 학생들이 아두이노 코딩과 회로 설계 등을 직접 수행하고 그 과정에서 경험하는 시행착오 등을 통해 문제상황을 탐색하며, 그에 적절한 아이디어를 생성한 후 해결책을 발견하여 실행하는 능력이 제고된 것으로 판단된다[8].

넷째, 학생 수준에 따라 효과크기를 분석한 결과 영재학생 0.607, 일반학생 0.522의 순이었다. 이 결과는 주어진 문제에 대한 정보와 자료를 분석하고 핵심 내용을 파악한 후, 아이디어 간의 유추·연산·연결 과정을 통해 새로운 해결 방안을 평가하며 모색하는 과정에서 영재 학생들의 이해와 해결 수준이 더 높게 나타났음을 의미한다[4]. 따라서 후속 연구에서는 일반 학생들을 대상으로 아두이노 활용 교육을 실시할 경우, 학생들이 아두이노에 대한 기본 이해와 함께 설계 과정에서 어렵게 인식하며 두려움을 갖지 않도록 지원하는 세심한 프로그램 설계의 필요성을 시사하고 있다.

다섯째, 사용된 프로그래밍 유형에서는 그래픽 기반 프로그래밍 0.555, 텍스트 기반 및 그래픽 기반 프로그래밍 0.47, 텍스트 기반 프로그래밍 0.464의 순이었다. 이러한 사실은 사용자들에게 상대적으로 쉽게 인식될 수 있는 그래픽 기반 프로그래밍 적용 교육의 효과가 더 높게 나타났음을 의미한다[8]. 그래픽 기반 프로그래밍에서는 C언어로 직접 프로그래밍 작업을 수행하지 않고, 대신 그래픽으로 작성된 프로그래밍 코드가 자동적으로 컴퓨터 언어로 변환되기 때문에 사용자의 부담이 적은 사실을 감안하여, 후속 연구에서는 학생 수준에 적합한 프로그래밍 유형을 선택하고 참여 학생의 적극적인 참여를 유도하는데 활용해야 할 것이다.

참고문헌

[1] M. Csikszentmihalyi, *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention,* Harper Perennial, 2013.

[2] UK Department for Education, *National Curriculum in England: Computing Programmes of Study*, London, UK, 2013.

[3] Korea Department of Education, *2015 National Revised Curriculum*, Sejong, Korea, 2015.

[4] A. Salomsbury, *Arduino: 2021 Updated User Guide to Learn Arduino Programming Step by Step,* Independently Published, 2021.

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

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

[7] Arduino Official Store, [Internet] Available: https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3, 2021.

[8] P. Jamieson, "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, 2011.

[9] H. M. Cooper, L. V. Hedges, and J. Valentine, *The Handbook of Research Synthesis and Meta-Analysis,* NY: Russell Sage Foundation, 2008.

[10] R. Orwin, "A fail-safe N of effect size in meta-analysis," *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, vol. 8, no. 2, pp. 157- 159, June 1983.

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

[12] G. W. Jung, "An application and analysis of the visual and textual programming languages for the microcontroller education," Master's thesis, Seoul National University of Education, Seoul, 2015.

장 봉 석 (Bong Seok Jang)_정회원

2003년 2월 : 전북대학교 교육학과 졸업
2006년 8월 : 전북대학교 교육학과 석사
2010년 8월 : Boise State University 교육과정학과 박사
2019년 9월 ~ 현재 : 국립목포대학교 교육학과 조교수
〈관심분야〉 교육과정이론, 교육과정실행