

# 지능정보사회를 위한 피지컬컴퓨팅 융합 과학교육 제안\*

가석현<sup>†,\*\*\*</sup> · 이민구<sup>†,††</sup> · 김찬종<sup>†</sup>

<sup>†</sup>서울대학교 지구과학교육과

<sup>††</sup>서울대학교 융합과학기술대학원

<sup>\*\*\*</sup>한국방송통신대학교 컴퓨터학과

## A Proposal of Scientific Education Program using Physical Computing for the Intelligent Information Society

Seok-Hyun Ga<sup>†,\*\*\*</sup> · Mungu Lee<sup>††</sup> · Chan-Jong Kim<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Dept. of Earth Science Education, Seoul National University

<sup>††</sup>Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University

<sup>\*\*\*</sup>Dept. of Computer Science, Korea National Open University

### 요 약

빅데이터, 인공지능, 사물형 인터넷, 5G 등 테크놀러지를 동반한 새로운 물결이 다가오고 있다. 정부는 이를 대처하기 위해 각 부처가 발 빠르게 새로운 정책을 만들어내고 있으며, 이는 교육부도 마찬가지이다. 하지만 대부분의 논의가 고등교육에 집중되어 있고, 초·중등 교육에 대한 논의가 부족하다. 2019년 11월, 교육대학원에 인공지능 융합 교육 전공 과정 신설 등 인공지능 교육을 강화하기 위한 교육부의 발표가 있었지만, 구체적인 실천 방안에는 대해서는 아직 논의가 부족한 상황이다. 이 논문에서는 지능정보사회에 대비하는 새로운 교육에 대한 논의들의 여러 갈래가 뒤섞여서 논의되고 있음을 지적하고, 이들 논의를 3가지 범주로 나누었다. 그리고 최근 실천 주의(activism)의 경향과 더불어 대두되는 과학 실천(scientific action), 컴퓨팅 액션(computational action)을 반영한 피지컬 컴퓨팅 융합 과학 교육 프로그램을 제안하였다.

### 1. 새로운 물결과 혼란

빅데이터, 인공지능, 사물형 인터넷, 5G……. 새로운 물결이 다가오고 있음을 누구나 느끼고 있다. 일부는 한때의 거품으로 여기지만, 대다수는 거부할 수 없는 새로운 흐름인 것으로 받아들이고 있다. 새로운 물결에 합류하기 위한 많은 국가의 노력이 두드러지고 있다. 우리나라도 늦었지만 이에 대비하기 위해 많은 정책을 제시하고 있다.

교육부는 2016년 6월, 한국정보과학회가 주최하는 ‘미래 지능정보 사회에 대비한 대학교육 정책 방향’ 심포지

엄에 교육부 차관을 참석시키며 인공지능 교육에 대한 정책적 관심을 보이기 시작하였고[1], 2016년 12월 ‘지능정보사회에 대응한 중장기 교육 정책의 방향과 전략’을 발표하면서 5대 지능정보기술 영역(인공지능, 사물형 인터넷, 클라우드, 빅데이터, 무선통신)의 국내 최고 수준의 학과(학부, 대학원)를 선정하여 10년간 집중적으로 지원하겠다는 계획을 밝혔다[2]. 최근에도 교육부는 2020년 예산안에 인공지능 강좌 등 K-MOOC 콘텐츠 개발을 위해 전년 대비 18.4% 상승한 135억 원을 편성하였다[3].

다만 대부분의 논의가 대학에 집중되어 있고, 상대적으로 초·중등 교육에 대한 논의는 비교적 최근에 시작되었다. 교육부는 2019년 11월 ‘고교 서열화 해소 및 일관고 교육역량 강화 방안’을 발표하면서 학습연구년제를 이용하여 교원들에 대한 인공지능 교육을 하고, 교육대

\* 이 연구는 서울대학교 빅데이터 연구원의 교내 연구 과제인 데이터사이언스진흥사업(0660-20190017)지원 비로 수행되었습니다.

학원에 '인공지능 융합 교육' 전공 과정을 신설하여 앞으로 5년간 인공지능 전문 교사 5천 명을 양성하기로 발표하였다[4]. 이는 과학기술정보통신부가 2019년 12월에 발표한 '인공지능(AI) 국가전략'에도 포함되어 있다[5].

초·중등 교육에서 인공지능 교육 필요성에 대한 공감대가 형성되었고 또 이를 실천하기 위한 다각도의 정책이 발표되었으나, 정작 누구를 대상으로 어떤 방식으로 어떤 내용을 어떻게 가르칠지에 대한 논의가 부족한 상황이다. 또한, 인공지능 교육에 대한 각종 논의에서 전문가마다 인공지능 교육에 대해 생각하는 부분이 현저하게 달라 구체적인 방향을 결정하는데, 어려움을 겪고 있다. 따라서 인공지능 교육이 구체적으로 무엇을 의미하는지에 대한 프레임워크가 마련될 필요가 있다.

## 2. 지능정보사회에 대비하는 새로운 교육 : 3가지 목표

지능정보사회 교육에 관한 포럼에서 논의 중인 주제들을 살펴본 결과, 이에 대한 논의는 크게 3가지로 나눌 수 있었다.

첫 번째는 변화하는 시대에 맞추어 교육을 개편해야 한다는 주장이다. 단, 지식정보사회에 요구되는 기술 자체에 대한 교육(빅데이터 분석법, 인공지능 활용법 등)은 따로 분류하였다. 지능정보사회에 접어들면서 많은 직업이 사라지는 동시에 또 많은 직업이 생겨날 것이다. 그동안 중요하게 생각되어온 역량이 기계로 대체되면서, 새로운 역량이 인간에게 요구될 것이다. 인공지능 시대에 맞이하면서 미래사회에 살아가는 사람들이 느낄 인간과 기계의 구분에 대한 가치 혼란을 대비할 교육이 필요할 것이다. 서울시교육청은 지능정보사회를 대비하기 위해 '창의적 교육'이 중요함을 밝히며, 문화예술감성교육, 협력적 인성교육, 창의융합교육, 코딩교육, 메이커 교육 등을 강조하였다. 한국과학창의재단 역시 창의교육이 중요함을 역설하면서, 컴퓨팅 사고, 문제발견 및 해결력, 감성·소통 능력을 강조하였다[6].

두 번째는 지능정보사회에 요구되는 기술 자체에 대한 교육이다. 프로그래밍 기술, 인공지능에 필요한 수학 지식, 빅데이터에 필요한 통계 지식, 인공지능 알고리즘 등에 대한 교육이 여기에 해당한다[7]. 한국 사회에 지능정보사회에 필요한 인재들이 매우 부족할 것이라는 경고가 여기저기서 나오고 있기에, 정부는 이러한 분야에서 미래에 일하게 될 인력들을 집중적으로 양성하고자 한다. 서울시교육청은 초·중·고교 학생을 대상으로 인공지능 교육을 위한 교과서를 개발 중이며, 서울 소재 전체 특성화고등학교에 AI 교육을 전면적으로 실시할 예정이다.

또한, AI, 빅데이터 특성화고등학교를 지정하여 집중 육성할 계획이다. 한국과학창의재단은 'AI 교육클라우드'를 제작하여, 이를 통해 학생들이 AI를 이해하고 체험하며, AI 스킬 발달시키고, AI를 통한 문제해결 능력을 고양할 수 있게 지원할 계획이다[6].

세 번째는 기존의 교육 현상이나 교육 정책 수립에 인공지능을 활용하는 것이다. 인공지능 튜터를 활용하여 학생들에게 맞춤형 학습을 지원하거나, 학생이나 학습 로그를 분석하여 부적응 학생들을 찾아내는 것 등이 이에 포함될 수 있다. 서울시교육청은 학생들이 영어를 사용할 환경을 만들어주기 위해 AI를 활용한 영어학습 프로그램을 개발 중이다. 한국과학창의재단은 초등수학 콘텐츠를 대상으로 AI를 통한 맞춤형 교육 프로그램을 제작하여 현재 운영 중이다[6].

이 3가지 목표는 지능정보사회에 대비하는 교육에 대한 논의가 더욱 체계적으로 이루어질 수 있도록 도와줄 것으로 기대한다.

## 3. 앞에서 실천(action)\*\*으로

잉글랜드의 철학자 프랜시스 베이컨은 “아는 것이 힘이다(scientia potentia est)”라는 명언을 통해 앎의 중요성을 강조하였다[8]. 이 명언은 많은 이들에게 회자된 것으로 보아 많은 이들의 공감을 불러일으켰다 볼 수 있다. 하지만 최근에는 “아는 것이 힘이 아니라 행동하는 것이 힘이다.”라는 말이 사람들 사이에서 회자 되고 있다. 단순히 아는 것을 넘어서 행동을 강조하고 있는 것인데, 왜 이러한 변화가 나타났을까?

그동안의 교육은 교육에서 머물러왔을 뿐 실천적으로는 성공하지 못했다. 교육은 자신의 삶의 맥락과 달랐기 때문에 삶과 유리되어 있었고, 교육이란 공간 안에서 갇혀서 삶의 문제를 해결하는데 이용될 수 없었다. 행동으로 앎이 옮겨지지 못했기 때문에, 학습자들은 자신의 주변 환경을 변화시켜 나갈 수 없었고 곧 이는 앎에 대한 회의로 이어졌다.

이러한 배경에서 최근 교육에서는 실천(action)을 강조하고 있다. 이는 기존 행동주의(behaviorism)에서 말

---

\*\* activism에서의 action을 무엇으로 번역해야 하는가에 대한 학자들 사이의 공통 견해가 없다. action을 '행동'으로 번역하는 것이 의미상으로 더 적합해 보이나, 우리의 맥락과 차이가 큰 behavior로 혼동할 수 있어 이 논문에서는 '실천'이라고 표현하였다. 이도 물론 practice와 혼동될 염려가 있지만, 그럼에도 '실천'을 사용한다.

하는 행동(behavior)와 다르다. 실천(action)은 자기주도적(self-direct)이고, 연구기반(research-informed)이며, 의미(meaningful)가 있어야 한다[9][10].

학생들은 단순히 지식을 배우는 것에 멈출 것이 아니라 배움이 실천으로 옮길 수 있어야 한다. 이러한 맥락에서 Jensen은 실천 역량(action competence)을 강조하고 있다. 실천 역량이란 앎을 넘어서 실제 실천으로 이어지게 해주는 능력을 의미한다. 교육의 목표는 지식의 전달과 더불어 학생의 실천 역량 증진에 있어야 한다[11].

과학 교육에서는 학생들이 배우는 과학이 단순히 지식에 머무르지 않기 위해 여러 새로운 교육적 시도가 이루어져 왔다. 과학-사회-기술 교육(STS 교육), 과학관련사회쟁점(SSI, Socioscientific Issues)교육 등 과학을 사회적 측면과 연결지어 가르침으로써 학생들이 사회 각 분야에 과학을 접목시킬 수 있는 역량을 길러주고자 했다. 최근에는 교실을 넘어서 실제 교실 밖 행동으로 이어지는 실천 주의(activism) 교육이 대두되고 있다[9][12].

학생들은 미래의 시민이 아닌, 현재를 살아가고 있는 시민으로 엄연히 우리 사회의 구성원 중 한 명이다. 지금, 이 순간에도 각종 사회 문제들은 학생들의 삶에 영향을 미치고 있다. 학생들은 사회의 구성원으로서 사회에 참여하여 자신의 목소리를 낼 권리가 있지만, 그간 학생들은 목소리를 낼 기회가 없었고, 또 어떻게 목소리를 내야 하는지 잘 알지 못했다. 민주사회에 보장된 권리를 제대로 행사할 수 있게 하는 것은 교육의 역할이기에 교육은 학생들이 한 명의 사회 구성원으로서 적극적 실천가(activist)가 될 수 있도록 지원해야 한다. 다만 다시 한번 강조하는 것은 미래의 사회 구성원이 아니라 현재를 살아가는 사회 구성원으로서 이들을 바라보고 이들의 실천(action)을 지원해야 한다[9].

#### 4. 과학 실천과 컴퓨팅 실천의 만남

지능정보사회를 대비하기 위해 SW 교육, 빅데이터, 인공지능을 가르치는 것은 모든 학생을 데이터엔지니어나 데이터과학자(data scientist)로 만들려는 것을 목표로 하는 것이 아니다. 이러한 기술은 지능정보사회를 살아가는 데 있어 누구나 갖추어야 할 기본 소양이 될 것으로 보기에 모든 학생을 대상으로 하는 보통교육의 차원에서 논의되고 있다. 즉, 이러한 기술들을 가르치는 것은 그 자체를 통달하는 것을 목표로 하는 것이 아니라, 이러한 기술을 이용하여 궁극적으로 이루고자 하는 목표를 성취하려 함이다. 이전의 컴퓨터는 소수의 전산기술

자들만이 다루는 기계였지만, 오늘날 모든 직군에서 사용되고 있듯, 새로운 기술들도 마찬가지로 될 것이다.

따라서 우리는 새로운 기술들을 단순히 그 자체를 이해하는 데에서 그치는 것이 아니라, 그것을 어떻게 이용하여 각 분야에 활용할지에 대한 실천적인 지식을 학습할 필요가 있다.

#### 4.1 과학 실천

그동안의 교육 연구들은 맥락(context)이 지식발현에 커다란 영향을 준다는 것을 보여주고 있다. 맥락과 동떨어진 교육이 이루어질 경우, 그 성과물이 맥락과 연결되지 못한다. 우리가 목표하는 각 영역에서 지능정보기술들이 각 분야에 활용되기 위해서는, 그에 대한 교육이 각 분야의 맥락과 연결되어야 한다.

지구 환경 문제가 점점 심각해 짐에 따라 과학 교육에서 실천 역량은 더욱 중요해지고 있다. 1992년 Rio de Janeiro에서 열린 UN 회의(UN Conference)에서는 모든 분야의 교육자들이 지구의 미래에 대한 여러 문제와 도전을 대중들이 인식하고 이해할 수 있도록 가르치도록 요청하였다. 또한, 2002년에 있었던 지속가능발전세계정상회의(WSSD: World Summit on Sustainable Development)에서도 지속 가능한 발전을 실현하는데 교육이 매우 중요하다는 것에 공통된 인식을 보였다. 이러한 맥락에서, 각 나라의 국가교육과정에 환경 관련 내용이 추가되었다. 하지만 교육과정에서의 의도와 달리 실제 학교 현장에서의 수업이 이루어졌고, 학교 교육에서의 환경 교육은 변두리에 머물러 있다. 교실 안에서의 배움으로는 지구 환경 문제에 대처할 수 없다는 교사 학생 간의 공통된 인식은 환경 교육이 제 역할을 다하지 못하는 것의 큰 원인이다. 환경 교육에서의 실천(action)의 강조는 이러한 무기력을 극복하고, 실제 사회를 변화시킬 수 있는 기폭제가 될 수 있다. 학생들이 배워야 하는 것은 그들이 직접 환경 문제를 해결해 낼 수 있는 여러 역량이다. 어떠한 개인적, 사회적 자원을 이용하여 사회를 변화시켜 나갈지에 대한 여러 방법을 학교에서 배워야, 한 명의 시민으로서 의미 있는 영향력을 사회에 발휘할 수 있을 것이고, 이는 다시 환경을 배우고자 하는 내적 동기로 이어질 것이다.

하지만 학생들이 실천(action)하는 데에 가장 큰 장벽은 가지고 있는 역량이 부족하다는 것이다. 그간의 과학 교육은 지식 위주의 너머서, 과학적 소양, 핵심 역량 등을 계발하는 교육으로 범위를 넓혀왔지만, 학생들이 직접 실천을 하는데 필요한 역량들은 길러내지 못했다. 과학을 기반을 둔 사회적 실천을 하기 위해서는 일련의 과학적 활동이 수반되어야 한다. 문제의식을 느꼈으면, 해

당 문제의식을 확인하기 위한 자료를 수집해야 한다. 또 그렇게 수집된 데이터를 분석하고 이를 다시 남들을 설득할 수 있는 형태로 표현해야 한다. 하지만 학생들이 가지고 있는 자원만으로는 자료를 수집하고, 분석, 그리고 결과를 표현해내는 데에는 한계가 있다.

## 4.2 컴퓨팅 실천

빅데이터, 인공지능 등이 미래의 중요한 영역으로 두드러지면서, SW 교육에 대한 필요성이 갈수록 높아지고 있다. C, Java 등 프로그래밍 언어를 모든 학생이 배울 필요가 있는가에 대한 의문으로 그동안은 SW 교육이 널리 이루어지지 못했다. 하지만 Python, Scratch, MIT App-Inventor 등의 등장으로 프로그래밍 언어 학습에 대한 장벽이 낮아지게 되었고, SW 교육의 목적으로 코딩 자체가 아닌 컴퓨팅 사고(computational thinking)가 중요시되게 되었다. 즉, 코딩이 아닌 코딩에 필요한 더욱 근본적인 능력을 배우는 것에 초점이 맞춰지게 되었다.

최근 일어난 SW 교육의 붐은 미래 국가 경제 발전에 대한 위기의식에서 비롯되었기 때문에, SW 교육의 목적 또한 창의적이고 혁신적인 것을 만들어내는 학생들을 길러내는 것에 집중되었다. 단순히 수동적으로 교사의 지도 아래 레시피(recepi)대로 따라 하는 것이 아니라, 학생 각자가 생각하는 창의적 산출물을 만들어내는 것을 중요시하고 있으며, 이러한 요구는 앞서 말한 교육에서 실천(action)이 강조되어 오는 시류와 결합하여 컴퓨팅 실천(computational action)에 대한 강조로 이어졌다. 그동안은 컴퓨팅 사고를 계발하는 것에 SW 교육의 목적이 있었다면, 이제는 사고의 계발과 더불어 실제 이를 자신의 삶을 개선하는데 이용하는 실천까지 이어질 수 있도록 하는 것이 교육의 역할로 주어지게 되었다.

## 4.3 피지컬 컴퓨팅을 통한 과학·컴퓨팅 실천

실시간으로 특정 지점의 기온을 수집하고, 이를 서버에 저장하기 위해서는 다양한 기술이 필요하다. 먼저, 온도를 측정할 기기를 만들어야 한다. 이 기기는 통신을 위해 LTE, WCDMA, WIFI, Bluetooth와 같은 모듈을 탑재해서 자신이 측정한 정보를 외부로 전송할 수 있어야 한다. 온도 센서와 통신 모듈을 연결하기 위한 기판이 필요하고, 또 이들을 체계적으로 제어할 MCU가 필요하다. 전공자가 아닌 일반인이 이러한 역량을 갖춘다는 것은 그간 쉽지 않았다. 하지만 지금은 다르다. Scratch, MIT App Inventor의 등장으로 소프트웨어 개발에 대한 장벽이 대폭 낮아졌고, Arduino, Raspberry Pi, Intel Edison의 등장으로 하드웨어 개발

에 대한 장벽 또한 낮아졌다. MIT App Inventor를 통해 손쉽게 코딩을 하고, 이를 다시 각종 센서와 연결된 Arduino의 MCU에 탑재하여 원하는 기능을 가진 하드웨어를 만들어낼 수 있게 되었다.

이러한 것이 가능하기 전까지 일반인들은 공학자들이 만들어 놓은 하드웨어를 공학자들이 만들어 놓은 소프트웨어의 제어 하에 사용자에게 허락된 범위까지만 이용할 수 있었다. 어찌 보면 수많은 기기 속에 살아가는 우리는 공학자들이 만들어 놓은 제약된 세계에 갇혀 있다. 하지만 이제는 누구나 원하는 제품을 손쉽게 만들 수 있는 시대가 왔다. 더는 기술은 공학자들의 전유물이 아니다. 진정한 과학기술의 민주화 시대가 열린 것이다[13].

과학 실천을 위해서는 데이터 수집이 반드시 수반되어야 하고, 컴퓨팅 실천을 위해서는 실천의 맥락이 있어야 한다. 과학 실천에 피지컬 컴퓨팅을 이용한다면, 컴퓨팅은 데이터 수집의 역할을 수행할 것이고, 과학은 컴퓨팅 실천의 맥락을 제공할 것이다. **과학 실천을 위한 피지컬 컴퓨팅**은 학생들의 과학 실천 역량(science action competence)과 컴퓨팅 실천 역량(science action competence)을 함께 계발시키는 동시에 진정한 탐 탐구(authentic inquiry)를 실현한다는 점에서 상당한 의의가 있다.

한국과학창의재단(2019)의 AI 교육 모형을 보면 AI 교육은 3단계로 나뉜다(그림 3). AI 기초소양에 해당하는 수학, 과학, SW, AI 윤리, AI 문화에 대한 교육과 이를 융합한 융합 교과, 그리고 대학(원)의 전문과정이 있다. 과학 실천을 위한 피지컬 컴퓨팅 교육은 AI 기초소양을 쌓은 학생들이 각 교과의 내용을 융합하여, 실제 사회적 실천으로 나갈 수 있는 좋은 교육이 될 것이고, 대학 이후의 AI 교육으로 이어질 것이다.



그림 1 AI 교육 모형 [6].

## 5. 결론

우리 사회에 빅데이터, 인공지능 등 새로운 물질이 휘몰아치며 지금 당장 무엇을 하지 않으면 마치 큰일이 날 것만 같은 분위기가 생겨나고 있다. 이러한 열풍은 지능 정보사회에 필요한 새로운 교육의 필요성을 알리는 데 큰 도움이 되지만, 한편으로는 그것 하나만을 바라본 채

다른 중요한 것들을 소외시키는 우를 범할 수 있다.

새로운 교육을 진정으로 의미 있게 만들기 위해서는 새로운 교육이 목표하는 바를 분명히 하고, 그 목표를 이루기 위해서 어떠한 역량을 개발해야 할지 명확화해야 한다. 또한, 그 역량을 개발하기 위해서 어떠한 교육활동을 펼칠 것인지 생각해보아야 한다. 지능정보사회를 대비하는 새로운 교육의 3가지 관점은 새로운 교육에 대한 논의가 서로 다른 목표를 가진 상이한 논의의 혼재에서 벗어나 목표마다 지향하는 바를 심도 있게 구분해서 논의할 수 있게 하는 일종의 분류 기준을 제공할 것이라 기대한다.

학습자들이 배운 지식이 머릿속에서만 머문다면 많은 시간과 노력을 들여 배운 것이 빛을 발할 수 없다. 학습한 지능정보기술이 제대로 빛을 발하기 위해서는 맥락(콘텐츠)과 결합한 교육이 반드시 이루어져야 하고, 또 이는 상당 부분 실천적 성격이어야 한다. 이러한 교육을 실현하기 위해서는 컴퓨팅 교육과 과학 교육 간의 긴밀한 연계가 필요하다. 피지컬 컴퓨팅은 과학 교육에서 지향하는 과학 실천과 컴퓨터 교육에서 지향하는 컴퓨팅 실천을 모두 이룰 수 있는 교육으로 지능정보사회에 필요한 역량을 길러내는 데 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

## 참 고 문 헌

- [ 1 ] 교육부. (2016, June 13). [동정자료]이영 교육부 차관, '미래 지능정보 사회에 대비한 대학 교육 정책 방향' 심포지엄 참석. **대한민국 정책브리핑**. Retrieved from <http://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156135552>
- [ 2 ] 교육부. (2016). '지능정보사회에 대응한 중장기 교육정책의 방향과 전략' 시안 발표. Retrieved December 30, 2019, from **조간 보도자료** website: <https://moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=294&boardSeq=65229&lev=0&searchType=null&statusYN=W&page=1&s=moe&m=0501&opType=N>
- [ 3 ] 교육부. (2019, September 16). 2020 교육부 예산안. **대한민국 정책브리핑**. Retrieved from <http://blog.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148864669>
- [ 4 ] 교육부. (2019, November 7). 고교서열화 해소 및 일반고 교육역량 강화 방안 발표. 보도 자료. Retrieved from <https://www.moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=294&boardSeq=78910&lev=0&searchType=null&statusYN=W&page=1&s=moe&m=020402&opType=N>
- [ 5 ] 과학기술정보통신부. (2019, December 17). 인공지능(AI) 국가전략 발표. **대한민국 정책브리핑**. Retrieved from <http://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156366736>
- [ 6 ] 한국과학창의재단. (2019). **2019 AI 융합교육 컨퍼런스 정책자료집**. 서울.
- [ 7 ] 한국과학기술단체총연합회. (2019). [2019 과총-학회 공동포럼] **인공지능시대의 융합교육 자료집**. 서울.
- [ 8 ] Bacon, F., (1597). *Meditationes Sacrae*.
- [ 9 ] Alsop, S., & Bencze, L. (2014). Activism! Toward a more radical science and technology education. In *Activist science and technology education* (pp. 1-19). Springer, Dordrecht.
- [10] Tissenbaum, M., Sheldon, J., & Abelson, H. (2019). From computational thinking to computational action. *Communications of the ACM*, 62(3), 34-36. <https://doi.org/10.1145/3265747>
- [11] Jensen, B. B., & Schnack, K. (1997). The Action Competence Approach in Environmental Education. *Environmental Education Research*, 3(2), 163-178. <https://doi.org/10.1080/1350462970030205>
- [12] Carter, L. (2016). Neoliberalism and STEM education. *Journal for Activist Science and Technology Education*, 7(1).
- [13] Halverson, E. R., & Sheridan, K. (2014). The maker movement in education. *Harvard educational review*, 84(4), 495-504.