

Teaching Machine Learning in K12 Classroom:
Pedagogical and Technological Trajectories for
Artificial Intelligence Education

(K-12교실에서의 머신러닝 교수:

인공지능 교육을 위한 교육과정, 기술적 연구 분석)

초등컴퓨터교육전공 손정명

Learner-Centered Computing Education (Mark Guzdial, 2015)

모든 사람에게 적합한 컴퓨팅 교육을 어떻게 설계하고 있는가에 대한 의문과
이들을 위한 컴퓨팅 교육을 만들기 위해 **학습자 중심의 설계 접근 방식**을 사용할 것을 제안

- 컴퓨팅의 원리를 아는 것! = 알고리즘 중심의 가상 세계와 물리적 세계 이해에 중요
 - 컴퓨터를 잘 사용하는 것! = 알고리즘이 삶에 미치는 강력한 영향 발견
-
- 이전의 컴퓨팅 발전이 컴퓨팅 교육의 변화를 촉발했듯, 이제는 K-12 이상 교육 시스템 전반에 걸쳐 **머신러닝이 변화의 촉매제**로 작용
 - 컴퓨팅 교육의 초점은 이전부터 바뀌었고, 미래에는 새로운 변화가 올 것이며, 컴퓨터 과학 교육 연구의 다음 전선은 **인공지능을 가르치는 방법**이라고 제안

In 2020, K-12 교육 연구들 분석(머신러닝 & 신경망 초점)_63개의 ML&AI edu for K-12 논문 분석



- [Machine Learning for Middle Schoolers](#) (Wolfram-alpha based)
 - [Google's Teachable Machine](#) (Google based)
 - [Machine Learning for Kids](#) (IBM Cloud based)
 - [Cognimates](#) (Block-based ML blocks)
 - [eCraft2Learn](#) (Block-based ML blocks)
 - [Calypso for Cozmo](#) (AI-enhanced Robotics kits)
 - [AI-in-a-box](#) (AI-enhanced Robotics kits)
-
- 교육을 통해 ML의 원리를 이해함으로써 테크놀로지를 기반으로 한 세상이 어떻게 돌아가는지 이해
 - 언제 어디서든(유비쿼터스) 데이터 수집, 프로파일링 및 행동 엔지니어링에 의해 주도되는 새로운 미디어 생태계에서 시민권을 획득할 수 있도록 준비
-
- > K-12에서 ML교육이 컴퓨팅 교육에서 미치는 영향에 대해 설명
 - > 미래 교육 혁신의 중요한 기반이 될 것

MACHINE LEARNING EDUCATION IN K-12



오늘날...(많은 연구 논문을 분석한 결과)

AI 이론 교육

- 비정형 데이터 일반화
- 예측할 수 있는 모델 구축을 위한 알고리즘의 수학적 기초에 초점

AI 실습 교육

- 수학적 기초에 근거한 알고리즘의 힘을 얻는 것을 목표
- 알고리즘의 구조, 자체 학습 보다 **AI 도구, 모델 및 알고리즘 적용 및 사용**에 초점

MACHINE LEARNING EDUCATION IN K-12



오늘날...(많은 연구 논문을 분석한 결과)

요약하자면 지금까지 AI 관련 연구는

- 학습을 지원하는 AI 기반 도구
- 학습 과정을 연구하는 AI 기반 도구
- 학교 행정 기능을 지원하는 AI

그런데...

- 기술과 교육 패러다임이 바뀌면서 AI와 교육의 융합에 대한 시각이 달라짐



지금까지 AI를 교육에 적용하는 밑바탕에 깔려있던 사상은

‘우리는 아이들에게 AI의 작동 방식을 가르칠 수 있을까?’

예를 들어 AI 교육을 통해...

- 세계를 탐색하기 위한 어린이용 프로그래밍 로봇
- NLP(자연어 처리) 기술로 작업하는 어린이
- 교실에서 전문가 시스템을 개발하는 어린이
- 중학생이 컴퓨터를 가르치는 수업
- 고등학생이 틱-택-토 놀이를 통해 신경망 학습을 준비
- 많은 k-12학교에서 레고 마인드스톰으로 규칙 기반 시스템 개발에 초점을 둠

= AI의 핫 토픽(Hot topic)을 따라오기만 했다!!!

MACHINE LEARNING EDUCATION IN K-12

지금은 바뀌고 있다!! - '데이터 기반 AI'의 흐름으로 인해!!

현재 추세는..

- ML교육의 추세는 파이썬, R 매트랩 등의 언어 익히기 이론 및 실습이 아니다!!
- 학생들을 위한 실제적인 경험을 가능하게 하는 점점 더 정교한 도구를 지향하고 있다!!
- 딥러닝에 있어서도 '역전파', 'ReLU' 등과 같은 방정식의 구현이 아닌!!
- 내부 구조와 매커니즘에 대한 지식이 거의 없어도 사용할 수 있는 도구 적용으로 바뀌고 있다!!
- 접근하기 쉬운 API 활용이라던지 (중, 고등)
- 언플러그드 활동(초등)을 통해 데이터셋에 사용되는 훈련 과정의 이해를 강화하는 교육이 추세이다!!

= 서로 다른 교육 수준에서 무엇을 가르칠 수 있는지 결정하는 것이 K-12 교육의 주요 과제!!

(연령, 학습 상황, 교육 목표에 적합한 도구, 교육학적 접근법 등) - 3페이지에 소개한 것들을 통해 이들을 다각도에서 접근

MACHINE LEARNING EDUCATION IN K-12

지금은 바뀌고 있다!! - '데이터 기반 AI'의 흐름으로 인해!!

현장에서는..

- 학교 수준 별로 AI 통합 리터러시 커리큘럼이 개발 및 적용되고 있다.
- ex1) 5가지 'Big Idea'(센서를 통한 인식/ 모델을 통한 세상에 대한 추론/ 사례로부터 학습/ 사람과의 상호작용/ AI의 사회적 영향)를 활용한 100차시 커리큘럼
- ex2) 팝봇 로봇 키트, AI 윤리, [두르들\(Droodle\) 창의성 게임](#) 바탕의 K-9 교육과정 기초 원리
- Teachable Machine2, PIC(Personal Image Classifier) 활용 데이터 중심 추론 및 설계 과정 참여 등

= 이러한 새로운 도구들과 컴퓨터 교육의 패러다임은

- 아이들이 이미 살고 있는 세상을 이해할 수 있는 새로운 방법 제공
- 아이들을 위한 행동 가능성 확대
- 일상 생활의 ML 시스템을 이해하고 새로운 질문할 수 있을지 교수자가 이해하도록 함

What Characterizes K-12 ML Education?



광범위한 종류의 예제 어플리케이션에 접근

Karpathy(2021)

현실 세계의 많은 문제의 경우 ML을 통해 바람직한 행동을 구현하는데
필요한 데이터를 수집하는 것이 기존 프로그램을 작성하는 것 보다 훨씬 쉽다.!!!

ML for Edu => 학교 교실에서 컴퓨팅의 새로운 종류의 예시 응용을 가능하게 함

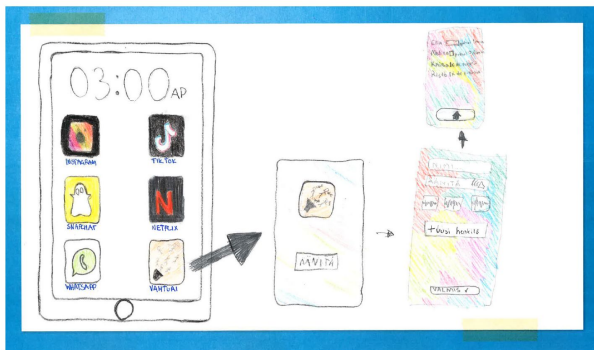
많은 K-12용 ML 도구들이 미디어 중심이며 음악, 이미지 인식, 음성 인식 및 합성과 같은
다양한 미디어 관련 영역에 매우 유연하고 접근하기 쉬운 도구를 제공함

What Characterizes K-12 ML Education?

광범위한 종류의 예제 어플리케이션에 접근

학생 중심 ML 프로젝트

- 식용 버섯을 식별하고 독버섯에 대해 경고하는 앱 개발
- 색맹들이 색을 식별할 수 있도록 도와주는 앱 개발
- 치어리더 포즈를 인식하여 훈련을 돕는 앱 등의 예가 있음



= 이러한 프로젝트를 통해 AI 윤리에 대해 논의할 수도 있고 실제 응용 프로그램을 공동 설계하는 과정을 통해 '21st century skills' 에서 제시하는 미래 교육 핵심역량인 4C 함양에도 도움을 준다.

FIGURE 1. Sixth-graders' interface design of the voice recognition based "Watchman" app, which they designed for recognizing and reporting to teacher which kids make noise when the teacher leaves the room [111].

What Characterizes K-12 ML Education?

규칙(Rules)에서 데이터(Data)로 포커스의 전환

ML 훈련을 위한 Data = 컴퓨터가 데이터로부터 배울 수 있다!!

- ML in K-12 연구들은 실제로 많은 데이터를 제공하여 학생들이 ML 모델을 훈련하도록 안내 (동작 추적, 웹캠, 제스처, 웹 검색, 사진 등)
- 훈련 데이터를 정의 - 생성 - 전처리 - 라벨링 - 공급의 방법은 ML in K-12의 중심 학습 목표가 됨



주의해야 할 점!!

- 데이터 품질에 대해 유의할 것!
- 학생이 스스로 생성하는 데이터에 노이즈가 많이 발생
ex) 초점이 맞지 않는 사진, 많은 배경 소음이 동반된 오디오 입력,
남녀가 구분되지 않는 목소리 입력 등

FIGURE 2. Ninth-grade students recording samples of musical instruments they wanted their ML app to recognize [111].

What Characterizes K-12 ML Education?

구문 및 의미 변화의 강조

블록 기반 언어 등을 활용한 정통구문 학습에 대한 인지 부하 해결

- 울프램 프로그래밍 랩 = 전통적인 프로그래밍 언어 구문을 변형 사용하여 ML 주제를 가르침
- [Snap!](#)(berkeley)과 같이 ML요소와 클라우드 서비스를 블록 기반 프로그래밍과 결합
- MIT의 앱인벤터를 위한 ML 확장
- ANN(인공신경망) 구조 설계 및 역전파 구현 규칙 설계 후 ANN 기반 모델 만드는 법 교수
- 구글 티처블 머신2 - 고전적 프로그래밍이나 블록 없이 ML모델 만들고 테스트
(but 프로그래밍의 주요 개념을 가르치지 않으므로 이 점을 보완해야 함)

What Characterizes K-12 ML Education?



교실 수업에서 연령대에 맞는 교육학적 변형 가능

ML in K-12 연구의 교육학적 접근법의 특징

- 프로젝트 기반 학습, 구성주의, 창의성, 경험 학습 이론, 공동 설계, 게임화, 능동학습 등 유사하고 광범위한 교육학적 접근법에 의존
- 최근에는 유치원부터 고등학교까지 교육이 연령대에 맞고, 학습이 누적적으로 진행되도록 하는 데 관심이 모아짐

예를 들어

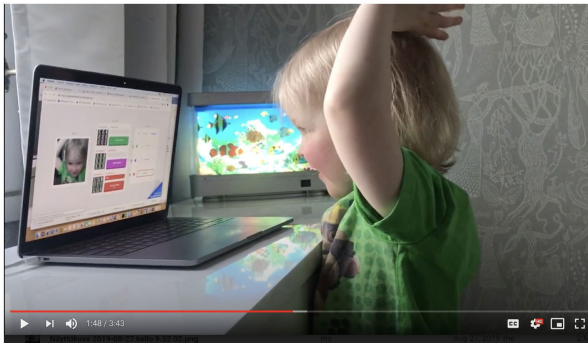
- 유치원: 놀이 중심 탐색과 인식 형성에 초점
- 중학교: 문제 해결과 일부 이론 실험
- 고등학교: 핵심 지식을 육성하고 심화 주제 탐구

What Characterizes K-12 ML Education?

교실 수업에서 연령대에 맞는 교육학적 변형 가능

ML in K-12의 현대 교육학적 접근

- 놀이 기반 창의적 학습, **신체적 상호작용**, 아이디어와 이해의 협력적 발전
 - 즉각적인 조치 제공 = 모델이 훈련되면 바로 실험 및 작동의 효율성 즉각 판단 가능
- => 새로운 입력과 대화형 ML 도구에 의해 제공되는 출력 사이의 관계에 대해 추론하도록 도움



얼굴, 표정, 포즈, 물체 등 사물을 인식하도록 **몸을 훈련시키고**
이를 바탕으로 행동을 정의함으로써 **컴퓨터를 제어하는 능력**
학습은 현대 교육학적 추세에 적합한 ML 교육의 방법
=> 현대 ML교육의 기초는 인간과 ML 시스템과의 신체 상호작용 강조

FIGURE 3. A 3-year-old learning to identify and describe his own emotions by teaching a computer to recognize them [110].

What Characterizes K-12 ML Education?

컴퓨터와의 상호작용 => 신체적인 형태 & 자연 언어의 사용으로 변화

'사용자 인터페이스' 양식의 변화

- 컴퓨터 자체에서 벗어나 사용자와의 커뮤니케이션하는 방향으로 변화되어 옴
- ML 모델 제작 및 학습을 통해 신체 상호작용과 자연 언어 학습에 대한 새로운 기회 제공
- ML과 일치하는 교육학적 모델 뿐 아니라 ML의 원리를 가르치는 것과도 관련(Big5 중 센서로 세상 인식)



FIGURE 4. Twelve-year old children training an ML model to recognize cheerleader poses [111] (GDPR compliant photo).



= 기계가 아이들을 가르치는 것 뿐 아니라 아이들이 기계를 가르칠 수 있는 **쌍방향** 관계를 느낄 수 있도록 변화

What Characterizes K-12 ML Education?

‘알고리즘 학습’에 대한 정의의 변화

기존 CT(Computational Thinking)

- 알고리즘 개념 중심의 학습
- 알고리즘: 개별적, 명시적인 연산으로 구성된 문제를 해결하기 위해 사람들이 추적할 수 있는 절차적 방법

ML 기반 CT

- 신경망이 솔루션에 도달하는 방법을 추적하는 것이 현실적으로 불가능!
- ML 모델의 개별 절차가 중심적이지 않고 대부분 blackbox 형태로 숨겨짐
- 많은 연구에서 코딩 -> 학습 가능한 기계로 개념을 전환하고 있음
- CT 학습의 중점은 절차적 사고가 아닌 **작업에 적합한 종류의 데이터를 충분히 확보**하는 것으로 이동
- 학습자는 ML이 **데이터로 작성된 모델과 표현을 사용하여 어떻게 추론하지** 이해하는 것이 목표
- 그러나!! 전통적인 CT를 가르칠 필요성이 없다는 이야기는 아니고 **ML의 개념을 CT에 추가**하는 개념임

What Characterizes K-12 ML Education?

‘유리박스’와 ‘블랙박스’의 재배치(가르치는 것과 가르치지 않는 것)

ML은 어디까지 가르쳐야 하는가?(Blackbox 패러독스)

- 아이들이 시스템으로 무엇을 탐구할 수 있는지 무엇을 배우지 않을 것인지에 대한 선택
- 전통적 컴퓨터 프로그램은 프로그램의 흐름, 변수의 변화 등 코딩하는 모든 것을 검토할 수 있음
- 전통적 관점에서 ML의 가중치, 파라미터 등은 신경망의 작업에 대한 해석을 제공하지 않으므로 블랙박스임
- 그래서 K-12에서 AI는 블랙박스로 간주하고 있으며 **XAI가 새로운 연구 주제로 등장하고 있다.**
- 기술이 진보할수록 블랙박스의 위치가 달라질 수 있음(연령에 맞게 교수)
- **초보 사용자들에게는 많은 ML 매커니즘을 숨겨야** 하며 이는 학생들이 학습할 수 있는 것이 줄어드는 문제가 있지만
- **중,고등학생을 대상으로는 ML 매커니즘의 공개 시점을 빠르게** 하여 처음부터 프로그래밍이 가능하다는 연구가 등장하고 있음

What Characterizes K-12 ML Education?

ML에서의 '기계'에 대한 개념은 전통적 프로그래밍에서 사용하는 '기계'와 다르다.

연구의 부재

- 많은 컴퓨터 교육 연구는 컴퓨터의 코드 실행이나 멘탈 모델 개념 개발의 난제를 극복하는 데 초점
- 그러나 신경망과 회귀 모델 등은 전통적 프로그램과 매우 다르게 기능함
- ML 프로세스가 블랙박스로 더 많이 구성될수록 이를 정확히 개념화하기는 더 어려움

Notional Machines and Introductory Programming Education

8:13

kind of programming construct, and each programming construct with a single kind of problem.

Section Summary. Mental model theory has contributed to our understanding of the kinds of intuitive mental representations that novice programmers form of notional machines, often initially based on superficial language features and analogies. Moreover,

What Characterizes K-12 ML Education?

ML 시스템은 규칙 기반 프로그램과 다르게 테스트 및 디버깅됨

ML의 훈련의 특징

- ML 알고리즘은 결과가 클래스별로 직접적으로 구분되지 않는다는 점에서 “소프트”하다.
ex) TM2 툴은 각 클래스의 이미지 분류 결과를 ‘확률’로 보여줌
- 하지만 환경이나 입력 데이터의 작은 변화에 따라 쓸모없게 될 수도 있다는 점에서 “불안정”하다.
- 그래서 고등학생들에게는 ‘과적합, 정확성, 정밀도, 재현율’ 등을 가르치기 위해 ‘간단한’ 예제들을 활용 (타이타닉, 붓꽃, 보스톤 집값 등)

ML 디버깅의 특징

- 기존 프로그램의 디버깅은 코드 각 줄에서 일어나는 일을 체계적으로 추적하고 이해해야 함
- ML의 훈련 및 디버깅은 최적의 하이퍼 파라미터 및 피처에 대한 시행착오 유형 검색을 기반으로 함
- 그래서 ‘데이터 수집 - 입력 - 시각화 - 특징 추출 - 모델 구축 - 테스트 및 출품’의 워크플로우를 가르치는 데 초점을 두고 있음

What Characterizes K-12 ML Education?



시스템 우수성에 대한 판단이 복잡해짐

규칙 기반 컴퓨팅의 우수성

- 정확성과 검증 가능성

ML 의 우수성

- DRUSS(dependable(의존성), reliable(신뢰성), usable(사용성), safe(안전성), and secure(보안성))으로 확장
- 통계적으로 결정
- 정확할 수 없지만 ‘얼마나 자주 목표에 도달하는가, 점점 정확에 가까워 지는가’에 초점

What Characterizes K-12 ML Education?



STEM/STEAM 융합의 변화에 대한 접근

ML 도구와 STEM/STEAM

- ML 도구들은 학습 문제와 STE(A)M 강의의 프로젝트 성격의 변화를 촉진할 수 있는 잠재력이 있음
- ML 프로젝트는 기존의 STEAM 융합 접근 방식을 보완하기 위한 새로운 접근법을 도입하기 시작함

ML 기반 STEAM 수업의 방법적 예시

- ML 시스템이 무엇을 할 수 있는지 살펴보기
- ML 시스템 작동 방식에 익숙해진 후 해결하고자 하는 STEAM 분야의 문제, 이슈 정의하기
- STEAM의 문제에 대한 여러 솔루션 탐색에 ML의 풍부한 실제 데이터 적용하기
- 이는 규칙 기반 추론에서 데이터 중심 추론으로의 전환을 촉진하며 이는 자연과학 작동 방식과 일치

What Characterizes K-12 ML Education?



ML은 학생들이 세상이 돌아가는 이치를 배울 수 있도록 도움

통합적 컴퓨팅 교육의 이치

- 학생들이 주변 세상이 어떻게 돌아가는지 가르치는 것
- 컴퓨터 시스템 작동의 메커니즘을 노출시킴으로써 컴퓨터가 마법의 기계라는 인식 제거

오늘날 ML 기반 컴퓨팅 교육의 이치

- 우리에게 친숙한 서비스(틱톡, 스포티파이, 유튜브, 넷플릭스 등)의 특징을 알기 위해 얼굴, 음성인식, 추천의 방식 등 ML 기반 교육을 활용할 수 있음
- 학생들의 삶과 미래의 삶에 영향을 미치는 현대 AI의 측면을 가르칠 필요성 UP!
- 하지만 데이터 중심 접근법과 기존의 규칙 기반 접근법 모두를 균형있게 가르쳐야 함

What Characterizes K-12 ML Education?



ML기술의 활용은 컴퓨팅 교육에 포함될 몇 가지 새로운 윤리적 문제 야기

AI 윤리

- 대중매체와 AI가 할리우드의 신화적인 이야기처럼 받아들여지지 않도록 주의해야 함
- 독일은 수천개의 학교에 ML을 통한 미래 시나리오에 AI 윤리적 측면을 넣어 학습 패키지 구성
- 여고생을 대상으로 한 ML 수업을 통해 더 넓은 참여 장려하는 예도 있음
- 사생활, 감시, 실직, 잘못된 정보, 다양성, 알고리즘 편향, 책임, 전이성 등의 주제에 새로운 관점 제공

PITFALLS AND WEAKNESSES



ML in K-12의 약점 및 위험

- 저학년 대상의 Low-Floor 도구는 ML의 워크플로우를 학습하므로 **학습이 쉽고 피상적**일 수 있다.
(도구마다 Workflow의 부분을 적게 또는 많이, 굉장히 많이 함축적으로 표현하는 경우도 있음)
- 블랙박스에 의해 요구되는 균형에 대한 합의가 이루어지지 않고 그 효과에 대한 연구가 부족함
- 기존의 AI 시스템이 전통적인 AI의 기본 규칙을 학습하는데 더 좋다.(전문가 시스템 또는 챗봇)
- ML 기술과 지식, CT라는 이름의 기술과 지식 사이의 관계에 대한 합의가 없다.
- K-12의 ML **교육 방법**에 대한 연구는 아직 **걸음마** 단계이다.
- ML에 대한 과대 광고 및 높은 기대치 및 주제 설정은 비현실적인 기대와 오해의 위험이 있다.
(아직도 여전히 응용 분야에 있어 제한점이 많음)

CONCLUSION

새로운 종류의 컴퓨팅 교육은 다음과 같은 다양한 기회와 사고의 변화를 특징

- 1) 새로운 클래스의 실제 강의실용 애플리케이션 실험들
- 2) 규칙 중심 사고에서 데이터 중심 사고로의 전환
- 3) 구문 및 의미론의 역할 변화
- 4) 현대 교육학과의 연계된 활동
- 5) 신체 및 자연어 상호작용의 접근성
- 6) 알고리즘 단계로부터의 변화
- 7) 더 높은 수준의 추상화 및 블랙박스 기제
- 8) 새로운 표기기기의 필요성
- 9) 새로운 시험 및 디버깅 모델
- 10) 프로그램의 우수성에 대한 새로운 속성
- 11) STEAM 피험자와의 보다 긴밀한 통합
- 12) 어린이가 매일 사용하는 많은 서비스에 대한 설명 능력
- 13) AI 윤리의 주제 문제에 대한 직접적인 연결

제언

- CT를 학교 커리큘럼에 융합하고자 하는 흐름 때문에 ML 교수가 어렵다.
- 컴퓨팅 교육과 ML 교수 시간을 함께하기 위해 수업 시간이 다소 제한적이다.
- 그럼에도 ML in K-12 연구는 교육학적 모델, 기술 발전 계획, 윤리적 딜레마 등 다양한 교육적 요소들을 위해 필요하다.

감사합니다.

