

인공 신경망 기술로 살펴보는 인성 교육의 함의점 모색

권오성

공주교육대학교 컴퓨터교육과

요약

인공 신경망 기술은 인간의 감각 처리와 내적인 변화를 기계적으로 실현하려는 컴퓨터 기술 분야로서 신경과학, 인성 및 도덕 교육과도 충분한 관련성을 갖는다. 인성 교육이 인간의 내면을 바람직한 방향으로 유도하는 노력이라고 할 때 인공신경망은 그러한 사고 과정과 특성을 설명하는 실험 도구로서 손색이 없다. 이에 본 연구는 AI 인공신경망 기술의 동작 원리를 기본으로 인성 교육과 관련된 함의 요소를 찾고 그 현상을 설명하고자 한다. 최근 AI 연구는 전통적인 기호주의보다는 심층신경망 등 연결주의 지능 분야에 집중되는 경향이 있다. 본 논문 역시도 이러한 시대적 흐름에 따라 심층 신경망의 독특한 동작 특성을 인성 교육의 중요 요소와 관련지어 설명하고자 한다. 구체적인 함의 요소로 “오버피팅 : 편중된 학습능력의 해소”, “활성화 함수 ; 학습자의 개별성과 다양성 확보”, “아날로그 연산 : 학습자의 이성과 감성의 균형”을 제시한다. 본 논문과 같이 AI 인공신경망 관점에서 인성 교육과의 함의점을 찾는 노력은 AI 정보 교육의 외연을 넓히고 타 교과와의 융합 도구로 그 의미를 갖는다.

키워드 : 인공지능, 인공신경망, 심층신경망, 연결주의, 기호주의, 인성교육

Character Educational Implications of Artificial Neural Network Technology

Kwon Oh-Sung

Dept. of Computer Education, Gongju National University Of Education

Abstract

Artificial neural network technology is a field of computer technology that seeks to mechanically realize human sensory processing and internal changes, and has sufficient relevance to neuroscience, character and moral education. Assuming that character education is an effort to guide the human inner side in a desirable direction, artificial neural networks are excellent as an experimental tool to explain such thought processes and characteristics. Therefore, this study seeks to find implications related to character education and explain the phenomenon based on the operating principle of AI artificial neural network technology. Recently, AI research tends to focus on connectionist intelligence, such as deep neural networks, rather than traditional symbolism. This paper also attempts to explain the unique behavioral characteristics of deep neural networks in relation to important elements of character education in accordance with this trend of the times. As a specific element of implications, “Overfitting: Resolving the concentrated learning ability”, “Activation function; Ensuring individuality and diversity of learners” and “Analog processing: balance between learner’s reason and emotion”. As in this paper, efforts to find the implications of personality education from the perspective of AI artificial neural networks have meaning as a tool for fusion with other subjects and broaden the extension of AI information education.

Keywords: AI, Artificial Neural Network, Deep Learning, Connectionism, Symbolism, Character Education

1. 서론

인공신경망 기술은 인간의 신경생리학적 특성을 근거로 고안된 컴퓨터 기술이기 때문에 신경생리학, 인지심리학 분야의 다양한 시뮬레이션 실험이 가능한 특성을 갖는다[1,2,3]. 저자는 학교 교육도 인간의 인지 능력을 기반으로 하는 행위라는 관점에서 생각할 때 인공신경망(Artificial Neural Network) 기술의 학습(Learning)과 예측(Prediction) 과정 중에서 풍부한 함의를 찾을 수 있다고 보았다. 본 연구는 이 점에 착안하여 전체 교육 분야 중에서 특히 인공신경망 등 인지과학과 관련성이 깊은 인성 교육 분야를 대상으로 하여 상호 관련성 있는 함의점을 찾고자 하였다.

최근의 인공지능은 연결주의 신경망이 큰 흐름을 유지하고 있으며 그중에서도 여러 겹의 레이어를 갖는 심층 신경망이 선호되고 있다. 과거 휴리스틱(Heuristic)과 절차적 수학 논리로 표현하는 전통적인 기호주의(symbolism) AI 에서 연결주의(connectionism) 신경망 분야로 연구의 중심이 급속히 변경되고 있다. 그 간의 AI 연구가 기호주의에 몰입되어 더딘 발전 속도와 만족스러운 성과를 충분히 내지 못했다가 최근 신경망 연결주의의 부활로 새로운 도약을 맞고 있는 것이다.

AI 뿐만 아니라 최근의 인지과학 연구도 인간의 인지 능력을 전통적 기호주의에서 연결주의 방식에 방점을 두는 경향으로 바뀌고 있다. 즉, 전통적인 이성과 추론 중심의 교육론에 감성과 직관의 역할에 더 관심을 갖는 것이다. 덧붙여 이러한 두 연구 방향의 특성을 조합하여 상호 장점을 융합하는 뉴로심볼릭 (Neuro-Symbolic) 지능도 소개되고 있다. 이러한 융합적 접근 방식의 연구는 우리 인간의 사고 체계의 특성을 더욱더 잘 이해할 수 있는 토대를 제공하고 있다고 평가받고 있다[4]. 본 논문에서는 그간 진행된 인공신경망 이론을 중심으로 인성 교육의 함의점을 발견하고자 한다. 구체적으로는 “인공신경망 학습 과정에서 일어나는 과적합 문제”, “아날로그적인 정보 체계의 가치”, “반복적인 학습 과정의 특성 이해”, “뉴로심볼릭 AI의 가능성”을 중심으로 다양한 함의점을 분석하였다.

최근의 연구 결과를 보더라도 우리의 전통적인 교육 방식이 지나치게 학습자의 이성적 추론 능력에 맞추어져 있어서 신경과학의 인지 학습 메커니즘과 큰 차이를

보이는 것이 사실이다[1,2]. 그중에서 본 논문은 적용 분야를 인성 교육 분야로 한정하여 다음 문제의 함의를 찾고자 한다.

과적합(overfitting) : 편중된 학습능력의 해소
활성화 함수 ; 학습자의 개별성과 다양성 확보
아날로그 연산 : 학습자의 이성과 감성의 균형

이러한 문제점들은 누구나 공감하는 우리 교육의 당면 문제이며 한국 정부도 이것의 해결을 위한 노력으로 2020년 11월에 AI 중심의 미래 교육의 청사진을 제시한 바 있다[8,14].

본 논문은 우리의 인성 교육 분야의 중요 쟁점을 인공신경망 분야의 경험적 실증적인 연구 성과를 바탕으로 다양한 함의점을 찾고자 한다. 이러한 함의점 탐구는 최근 AI와 연계하여 다양한 인문학 연구를 하는 연구자들에게 인공지능 기술을 쉽게 이해할 수 있도록 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다. 또한, AI 기술 전공자에게는 인공신경망 모델 개발 시 본 논문에서 제시하는 인문학적 함의와 시사점이 구조체 설계 과정을 돕는 힌트가 될 수 있기를 바란다.

본 논문은 AI 인공신경망에 관련한 그 간의 관련 연구 성과를 퍼셉트론과 CNN을 중심으로 살펴본다. 다음 순서로 인공신경망을 학습시키는 과정에서 관찰할 수 있는 유의미한 특성들을 인성 교육과 관련하여 그 함의점을 찾아서 설명한다.

2. 관련 연구

관련 연구는 인공신경망과 인성 교육 분야로 나누어 설명할 수 있다. 우선 인공신경망은 컴퓨터 개발 초창기인 1950년대 중반부터 이미 시작되었으며 연결주의에 입각한 퍼셉트론(Perceptron) 계산 모델도 이 때 등장하였다[6,7].

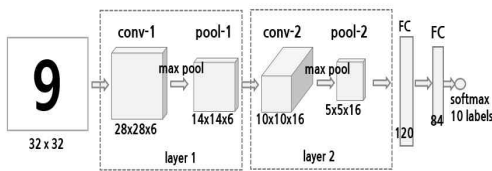
처음에 인공신경망은 인간의 감각 처리 방식을 모방한 계산 모형으로 기대를 모았지만, 인공신경망 모델의 레이어(Layer)와 노드(Node) 수가 많아지는 경우 폭증하는 계산량과 복잡도 증가는 해결하기 어려운 상황이었고 이로 인하여 AI 공학은 장기간의 침체를 맞는다[7]. 이후 인간의 직관 즉 휴리스틱(heuristic)과 수학적

알고리즘 절차를 기반으로 하는 기호주의 추론 방식이 AI의 주류를 이루게 되고, 2000년 전까지 그 흐름은 지속하였다고 볼 수 있다[14].

신경망 연구는 1989년 Yann LeCun 연구팀에 의한 LeNet 이 소개되면서 큰 전환을 맞게 된다[9,5]. LeNet 은 (Fig 1) 과 같이 이미지 합성곱 레이어(Convolution Layer)를 포함하는 다층 신경망 구조체를 제안하여 다음의 두 가지 문제점을 해결하는 데 기여하였다.

노드들 전체를 상호 연결하는 방식에서 가중치 행렬이 기하급수적으로 증가하는 문제

신경망 입력의 국소적인 작은 손상이 인식 결과에 민감하게 작용하는 문제



(Fig 1) Layer Structure of LeNet CNN

LeNet 등의 CNN(Convolutional Neural Networks)을 비롯하여 LSTM(Long Short Term Memory Networks), RNN(Recurrent Neural Networks) 등 다양한 연구 성과가 하나씩 개발되어 세상에 보고되었다 [9,12].

AI 역사에서 기호주의와 연결주의 접근과 실험이 경쟁하며 발전한 것과 같이 교과 교육 분야에서도 인간의 인지 이론과 관련한 다양한 연구가 보고되고 있다. 특히, 자기 내면의 질적 변화를 유도하는 도덕 및 윤리 교과에서 연구가 가장 활발하다고 볼 수 있다.

전통적인 도덕 및 윤리 교육은 인간의 합리적 이성을 깨우는 데 초점이 맞추어 있었다고 할 수 있다. 반면에 신경과학의 연구 성과를 감안한 연구에 따르면 내면적 체화가 전제되지 않는 도덕 교육의 실제적 개선 효과를 얻을 수 없다는 것이다[1,2]. Kwon(2019)의 연구에서는 도덕적 의사결정에 관한 신경과학적 이론을 도덕적 민감성, 도덕 판단, 도덕적 동기화, 도덕적 실행력으로 나누어 분류 분석하였고 이를 도덕 교육에 적용하는 연구를 진행하였다[2].

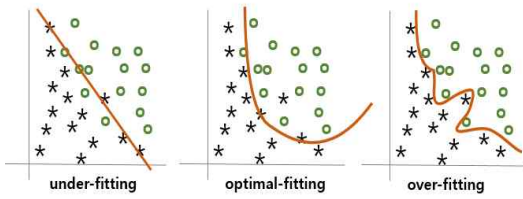
Jeong(2016)의 연구에서는 인성 교육의 목표를 학생들에게 실천·체험 기회를 단순히 제공하는 수준을 넘어서 인간다운 삶을 실현하는 데 필요한 삶의 기술 또는 노하우(know-how)를 ‘체화’하는 데 두어야 한다고 주장하였다[1].

3. 인성 교육의 함의점

3.1 인공지능망 학습의 과적합 : 능동적 평생 학습

인공신경망은 전적으로 학습 데이터에 의존한다. 그러기에 학습 데이터의 질은 인공신경망의 성능을 결정짓는다. 충분한 학습량과 품질을 갖는 데이터가 공급되었음에도 충분한 성과를 내지 못한다면 그 때는 신경망 모델 자체를 문제삼을 수 있겠으나, 대부분의 경우 학습 데이터의 양적 질적 요소가 늘 중요하게 영향을 준다는 것이다. 또한, 학습 데이터의 질적 평가는 그 데이터의 옳고 그름을 절대적으로 정하기 어렵고 평가 시점에 따라서 그 결과가 변경될 수도 있다. 이러한 현상은 수집된 데이터를 평가하는 시점에 따라 잦아 또한 달라질 수 있기 때문이다. 그렇기 때문에 신경망 학습자료는 시대 변화에 맞게 늘 새롭게 갱신되고 학습되어야 한다.

우리의 교육도 국가에서 시대에 맞게 정한 교육 과정에 맞추어 현장 교육을 시행하고 있다. 한 국가의 교육 과정은 그 국가가 처한 시대적 상황과 가치를 고려하여 설계하게 마련이어서 세대를 달리하며 교육 과정을 개선하는 것은 지극히 당연하다. 문제는 그 새로운 교육 과정이 전 국민이 아닌 학교 현장의 청소년으로 국한되어 적용될 수 밖에 없는 현실에 있다. 당연히 세대별 교육의 내용의 간극을 피할 수 없게 되는 것이다. 덧붙여 기성 세대는 이러한 새로운 변화를 적극적으로 수용하려는 노력이 상대적으로 덜하기 때문에 그 차이는 벌어지고 세대 간 갈등은 커진다. 결국, 새로운 학습 기회를 얻지 못한 기성세대는 자연스레 어덜티즘(꼰대주의, adultism)에 빠져들기 쉽다. 결국, 이 현상은 인공신경망이 학습 샘플 속에서만 답을 찾을 수 밖에 없는 구조적 한계성의 특징과 같은 현상으로 설명할 수 있다.



(Fig 2) Over-Fitting of Neural Network

(Fig 2) 에서 보듯이 인공신경망은 주어진 입력 상황을 근거로 구축한다고 하여도 새로운 환경에서의 적응도 고려되도록 학습되어야 하는 데, 과도하게 충실하다 보면 (Fig 2)의 과적합 상태에 빠지기 쉽다[11]. 신경망의 성능이 주어진 상황에 따라 달라지는 것처럼 변화하는 환경에 훈련받지 못한 신경망은 과거 데이터에만 과민하게 작용하는 과적합(오버피팅, overfitting)을 만드는 것이다.

이러한 상황은 우리 인간 교육에도 그대로 적용되며 전 연령대에 걸쳐 환경의 변화상을 적극적으로 수용하는 노력이 필요하다. 세대별로 보이는 보수, 진보의 차이는 사상이나 신념의 차이보다는 적극적으로 학습이 진행된 시기의 차이임을 알 수 있고, 이 차이가 학습의 과적합(overfitting)의 요인을 만든 것이다. 결국, 초고령 사회인 현대엔 전 연령대에 걸쳐서 적극적으로 시대 변화를 수용하고 학습하는 능동적인 학습 자세가 요구된다고 하겠다.

3.2 뉴로심볼릭 AI : 감성과 이성의 균형적 교육

인문학 관점에서 경험론은 인식이 감각적 경험에서 오고 합리론(Rationalism)은 인식이 선형적으로 체득한 이성 능력에서 온다는 입장이다[1,2]. 즉, 우리의 인식과 생각이 우리가 경험과 지식으로 체득한 이성 능력의 결과라는 관점에서 출발한다.

인간은 이러한 이성 능력을 기반으로 받아 들인 지식을 언어와 기호로 표현하고 그것의 관계를 분석하는 과정으로 인간 지능이 발현된다고 보는 것이다. 칸트는 인식을 내용과 형식으로 나누는데 그중 내용은 어떤 대상을 직접적으로 느끼는 감각적 경험에서 오고 형식이라는 틀로 내용을 고정시켜 인식을 만든다고 보았다.

오늘날의 AI 기술은 이러한 인문학적 견해에 근거하

여 신경망으로 대변되는 연결주의(connectionism)와 규칙과 추론을 기반으로 하는 알고리즘적인 접근 방식의 기호주의(symbolism)로 나누어 발전해 왔다. 컴퓨터 기술의 태동기인 1950년대부터 이미 AI에 관한 관심과 연구는 시작되었고, 지난 20세기의 AI 연구는 주로 기호주의 접근 방식에 근거한다고 볼 수 있는데, 인문학적 관점에서 보면 합리론에 기초한다고 할 수 있을 것이다.

반면에 연결주의는 경험론(Empiricism) 철학에 기초한다. 인간은 자신이 처한 환경으로부터 끊임없는 자극을 받고 있고 이를 자기 신경망 구조체에 수용하는 과정을 반복하며 자신의 지능을 향상시켜 간다고 보는 관점이다[4,16]. 결국 AI 연결주의 기술은 무의미한 처음의 신경망 초기 가중치 상태에서 출발하여 학습 샘플의 반복적인 가중치 조정 시도의 누적을 반복하며 자기 상태를 유지한다. 이 과정으로 연결주의의 지능체가 제 기능을 보이기 위해서는 충분한 반복이 확보되어야 한다.

기호주의는 관련 지식과 학습 과정을 기호를 사용해서 이산적으로 표현하는 방식이다. 전통적인 주어진 문제별 알고리즘을 작성하는 일반적인 컴퓨터 코딩 방식을 의미한다. 이 방식에선 전체를 부분별로 이산적으로 구분하고 설명할 수 있는 장점이 있다. 반면에 연결주의는 어느 한 곳만 구분 지어 지식이 표현되는 것이 아니므로 단계별 상태 변화를 설명하기 어려운 단점이 있다[4].

이러한 관점에서 인공신경망은 아날로그적인 감각 능력에 해당하고, 우리 인간의 이성체계는 디지털적 추론 과정에 가깝다. 인간의 사고 체계가 감각과 이성적 추론 사고의 양면성을 갖는다고 알려져 있는데, 이러한 현상은 최근 신경망 연구인 “뉴로심볼릭 AI”로 설명될 수 있으며 인간의 지능을 이성과 감성과 균형으로 설명하는 관점이다[4].

최근의 AI는 시각이나 음성 등 감각적 정보처리에 강한 인공신경망의 연결주의의 방식으로 1차적인 정보처리를 수행하고, 이 얻어진 결과값을 기호로 변환한 뒤 이 내용을 전통적 알고리즘적 AI 방식으로 2차적인 후처리를 진행하여 답을 얻는 융합 방식을 선호하고 있다.

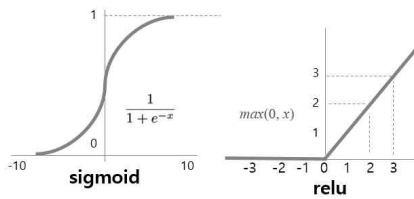
인간의 인지 체계는 감각기관의 자극을 아날로그 전기 신호 흐름을 처리하는 신경망의 연결주의의 처리방식과 기호주의의 이성적 추론 과정으로 이루어져 있으며

상호 밀접히 연관되어 작동한다. 결국, 그 동안의 인공 신경망 연구 사례로부터 얻은 결과처럼 인간의 교육 방식도 감성과 이성의 균형적으로 배분하는 교육을 지향해야 더욱 안정되고 이상적인 인성 교육을 기대할 수 있다고 본다. 최근 들어 윤리교육에서 명상과 같은 감성 교육을 시도하고 있는 것이 좋은 예라고 볼 수 있다 [1,2].

3.3 인공신경망의 활성화 함수 : 다양성 존중의 가치

신경망의 활성화 함수는 입력값과 노드 가중치의 총합을 다음 노드의 출력 신호로 필터링하는 함수이다. 이 활성화 함수에 의해서 가중치 행렬의 선형 계산이 비선형 방식으로 변환된다. 활성화 함수 없이 가중치 행렬의 곱셈과 합산만 이어진다면 신경망의 레이어가 누적되어도 단순 선형 분류를 벗어날 수 없다.

인공신경망은 다음과 같은 다양한 활성화 함수가 적용되고 있으며 (Fig 3)과 같이 주어진 응용에 맞게 적절한 모형을 선택하여 적용한다[10].



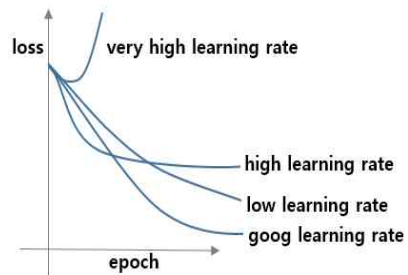
(Fig 3) Activation Functions of NN

인간 교육의 경우도 동일한 환경에서 교육이 진행되더라도 개인별 성취 과정에서 상이한 발전 궤적을 보인다. 세대를 거치며 축적되는 다양성의 반복은 새로운 변화를 만드는 인류 문명의 원동력이라고 할 수 있다. 인간의 삶이란 자기 정보 구조체의 변화를 능동적으로 유지하는 과정이라 할 수 있으며 개인별 다름은 지극히 존중되어야 할 대상이다. 이 과정은 발전을 위한 필연적 과정으로 이해할 필요가 있기 때문이다. 학교 교육에서 교사의 중요한 역할이 개별 학생의 활성화 함수 특성을 찾는 것임을 인식해야 한다고 본다. 인공신경망의 활성화 함수는 다양성의 원동력이다.

3.4 인공신경망의 반복과 축적 메커니즘 : 개별화 교육의 필요성

인공신경망은 주어진 임무 수행을 위해서 알고리즘 절차 코드가 아닌 수집된 학습 데이터의 분석으로 내재된 보이지 않는 특징을 발견할 수 있다. 그러기에 수집 데이터에 변화가 있을 때마다 표상되는 특징 표현도 자연스럽게 달라지는 것이다. 마찬가지로 인간 교육도 개인별 차이를 충분히 고려하여 시행되어야 하지만 학교라는 큰 틀의 집단 안에서 시행되는 공교육의 특성상 개별 학생의 개성과 특수성은 묻히기 쉽다.

인공신경망을 관찰하면, 주어진 문제의 성격, 레이어(Layer)의 수, 활성화(Activation) 함수의 종류, 학습률(learning rate)에 따라서 학습 최적 상태에 도달하는 변이 그래프가 매번 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 인간 교육의 교육 성취도 평가 또한 인공 신경망 학습 과정의 평가도(evaluation)와 유사하다고 볼 수 있다. (Fig 4)는 학습률에 따른 인공신경망 학습 결과의 변이를 보여준다[13].



(Fig 4) Performance Variation According to the Learning Rates

(Fig 4)에서 보는 것처럼 학습률 값을 크게 하면 상대적으로 더 빠른 성취도를 얻을 수 있으나 최적의 상태 진입이 불발될 수도 있다. 이와 같은 현상은 인간 교육에서도 관찰되며 학생별 개성과 차이에 따른 학습 패턴은 존중되어야 한다. 인공신경망의 학습률 변이 그래프 특성은 학생마다 학업 성취도에 차이를 설명하는 좋은 예시로 활용될 수 있다. 결국, 좋은 교사는 학생별 개성을 충분히 파악하고 적절한 학습률을 찾아 주는 노력을 게을리 하지 않는 사람이다.

인공신경망에서 학습과 축적이 반복되더라도 구축되는 신경망의 가중치 규모가 늘어나지는 않는다. 동일한 개수의 노드가 유지되는 가운데 노드와 노드를 연결하는 에지의 가중치가 갱신되는 것 뿐이다. 학습량이 늘어나도 망구조의 크기 변화가 없는 것은 지속적인 추상화를 통해 학습의 양대신 질을 높이는 방식으로 유지하기 때문이다.

4. 결론

지금까지 인문학 관점에서 AI 기술을 설명하려는 시도는 더러 있었으나 본 논문에서처럼 컴퓨터 AI 기술 관점에서 인문학적 함의를 모색한 경우는 드물다고 할 수 있다.

본 연구는 AI 분야의 인공신경망 기술의 그 동안의 성과를 분석하여 인성 교육과 관련된 함의 요소를 찾고 컴퓨터 기술의 다양한 연구 성과와 경험적 실증적인 연구 성과를 바탕으로 다양한 함의점을 찾고자 하였다.

본 연구의 중요한 동기는 최근 들어 AI와 연계한 다양한 인문학 연구자들에게 심층신경망 기술을 쉽게 이해할 수 있도록 도움을 주기 위함이다. 또한, AI 전공자에게는 역으로 기존 인공신경망 모델을 개선하는 작업에 본 논문의 인문학적 함의가 중요한 시사점이 되기를 바라는 마음에서 비롯되었다. 다만, 본 연구에서 제시하는 함의점을 교육 내용으로 수업하고 그 효과를 분석하는 일은 추후 연구 주제가 될 수 있다고 생각한다.

최근 AI 분야에서는 전통적인 기호주의 중심의 접근 방식에서 벗어나 CNN(Convolution Neural Network) 신경망 모델 등 다양한 심층신경망 연구 성과가 발표되고 있다. 본 연구는 심층신경망이 인간의 신경과학적인 면을 포함하는 연구 성과이기 때문에 우리의 인성 교육 분야에 시사하는 바가 크다고 보았다. 구체적으로 “편중된 학습능력의 해소”, “학습자의 개별성과 다양성 확보”, “이성과 감성의 균형”을 중심으로 다양한 함의점을 살펴보았다.

이번 연구를 통하여 우리의 전통적인 교육 방식이 지나치게 학습자의 이성적 추론 능력에 맞추어져 있다는 사실과 신경과학적인 인지 학습 메커니즘과는 큰 차이를 보인다는 사실을 확인할 수 있다. 결국, 이러한 상이함은 교육 측면에서 적지 않은 부작용을 낳고 있다고

본다. 결국 이러한 문제의 해결은 최근의 AI 신경망 연구에서 그 함의점을 찾을 수 있다고 하겠다.

본 논문에서는 연결주의 인공신경망을 중심으로 인성 교육 분야를 중심으로 그 함의점을 모색하였다. 이러한 AI 함의 모색 연구는 컴퓨터 정보 교육의 외연을 넓히고 타 교과와의 융합 분야를 만드는 플랫폼을 제공하리라 생각하며 활발한 후속 연구를 기대한다.

참고문헌

- [1] Jeong Changwoo (2016). An Embodiment Approach for Character Education and Its Practical Implementation, *The SNU Journal of Education Research, Seoul National University*, 25(1), 197-221.
- [2] Kwon Noo-Rie (2019). *A Study on the Moral Educational Implications of Neuroethics : Focusing on moral decision-making*, Seoul National University, Master Thesis.
- [3] Kwon Oh-Sung (2020). Artificial Intelligence Education Centered on Humanities : Focused on university literacy education, 2020 Summer Conference proceeding, *Korean Association of Information Education*, 11(2), 1-5.
- [4] Luc De Raedt, Sebastijan Dumančić, Robin Manhaeve, Giuseppe Marra (2020). From Statistical Relational to Neuro-Symbolic Artificial Intelligence, *Proceedings of the Twenty-Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-20)*
- [5] LeCun, Y., Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E.; Hubbard, W., Jackel, L. D. (1989). Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition. *Neural Computation*, 1(4), 541-551
- [6] Minsky M. L. and Papert S. A. (1969). *Perceptrons*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [7] Rosenblatt, Frank (1958). The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain, Cornell Aeronautical Laboratory, *Psychological Review*, 65(6), 386-408

[8] Seungki Shin (2020). Designing the Framework of Evaluation on Learner's Cognitive Skill for Artificial Intelligence Education through Computational Thinking, *Journal of The Korean Association of Information Education*, 24(1), 59-69.

[9] Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner (1998). Gradient-based learning applied to document recognition, *Proceedings of the IEEE*, 86(11):22782324

[10] Introduction to Different Activation Functions for Deep Learning (2021). <https://medium.com/@shrutijadon10104776/survey-on-activation-functions-for-deep-learning-9689331ba092>

[11] geeksforgeeks (2021). Underfitting and Overfitting in Machine Learning, <https://www.geeksforgeeks.org/underfitting-and-overfitting-in-machine-learning/>

[12] Simplilearn Solutions (2021). Top 10 Deep Learning Algorithms You Should Know in (2020). <https://www.simplilearn.com/tutorials/deep-learning-tutorial/deep-learning-algorithm>

[13] Machine Learning Mastery Pty (2021). Understand the Impact of Learning Rate on Neural Network Performance. <https://machinelearningmastery.com/understand-the-dynamics-of-learning-rate-on-deep-learning-neural-networks/>

[14] koreaherald (2021). AI education to begin in high schools next year, <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20201120000655>.

[15] wikipedia (2021). Heuristic, <https://en.wikipedia.org/wiki/Heuristic>

[16] Stanford University (2021). connectionism, <https://plato.stanford.edu/entries/connectionism/>

저자소개



권 오 성

1994 중앙대 컴퓨터공학과 공학 박사

1995~현재 공주교육대학교 컴퓨터교육과 교수

2011~현재 (주)소프트상추 부설 기술연구소장

관심분야 : 인공지능, 영상분석

e-mail: oskwon@gjue.ac.kr