

## An Exploratory Study of Predicting Vocabulary Learning Using Neural Networks

Jiyun Han<sup>1</sup>, Dongsun Yim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Communication Disorders, Graduate School, Ewha Womans University, Doctor Course Completion

<sup>2</sup> Dept. of Communication Disorders, Graduate School, Ewha Womans University, Professor

**Purpose:** The purpose of this study was to explore a neural network model for predicting vocabulary learning based on the preschool children's phonological loop (PL), episodic buffer (EB), and prior lexical knowledge (PK).

**Method:** Fifty-seven children aged 3 to 6 participated in the study. Nonword repetition (NWR), word list recall (WLR), receptive and expressive vocabulary tests were administered to measure PL, EB, and PK, respectively, and vocabulary intervention via book reading was conducted. All data were used to train and validate the model. The prediction and validation accuracy and the importance of independent variables were analyzed.

**Results:** First, the prediction accuracy of the model for predicting post vocabulary comprehension score (M-VC) was 97.1%, the verification accuracy was 100%, while the model for predicting post vocabulary production score (M-VP) had both prediction and verification accuracy of 100%, showing that both models had high accuracy. Second, the M-VC analyzed the importance of variables in the following order: expressive and receptive vocabulary, WLR, age (covariate), and NWR. The M-VP analyzed the importance of variables in the following order: expressive vocabulary, NWR, receptive vocabulary, WLR, and age (covariate).

**Conclusion:** This study explored the applicability of a neural network to develop M-VC and M-VP for predicting vocabulary learning. The findings of the study showed that the children's PL, EB, and PK were all important variables to predict vocabulary learning.

**Keywords:** Working memory, prior knowledge, episodic buffer, neural network, vocabulary intervention

**Correspondence:** Dongsun Yim, PhD

**E-mail:** sunyim@ewha.ac.kr

**Received:** December 06, 2023

**Revision revised:** December 24, 2023

**Accepted:** January 31, 2024

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (No. NRF-2020S1A5B5A17089731)

**ORCID**

Jiyun Han

<https://orcid.org/0000-0002-7570-6679>

Dongsun Yim

<https://orcid.org/0000-0001-8254-9504>

### 1. 서론

새로운 어휘를 학습하는 것은 언어 발달의 주요 과업중 하나이며 타인과 성공적으로 의사소통하고 학교에서 학업 성취를 위해서도 반드시 이루어져야 하는 필수적인 과정이다(Nagy & Townsend, 2012). 새로운 어휘는 영·유아기부터 시작하여 평생 동안 학습되는데, 영·유아기에는 타인과의 자연스럽고 의미있는 상호작용을 통해 새로운 어휘를 학습하고(Bernier et al., 2016; Carpenter et al., 1998; Raby et al., 2019) 글자를 학습한 후 학령기에는 문해활동을 통해 새로운 어휘를 지속적으로 확장해 간다(Cain & Oakhill, 2011; Duff et al., 2015; Kim et al., 2021; Pigada & Schmitt, 2006; Webb & Chang, 2015).

아동의 어휘 학습은 빠른 의미연결(fast mapping, Carey & Bartlett, 1978)로 설명할 수 있는데, 이는 단 한번의 노출로도 새로운 어휘의 음운적, 의미적 지식을 일부 기억할 수 있게 되는 능

력을 말한다(Carey & Bartlett, 1978; Dickinson, 1984; Rice et al., 1990). 빠른 의미연결은 새로운 어휘를 학습하는 초기 단계에서 발견되는 능력으로 아동이 어휘 항목(list)을 구축하는 데 관여한다(Horst & Samuelson, 2008). 그리고 새로운 어휘의 의미를 완전히 습득하기 위해서는 성인과의 의미 있는 상호작용 상황에서 어휘에 반복적으로 노출되어야 하며, 이를 통해 새로운 어휘의 음운 및 의미적 정보를 추가로 수집하게 된다. 이렇게 어휘의 의미적, 음운적 표상을 정교화 하는 과정을 확장된 연결(extended mapping, Carey, 2010)이라 한다.

빠른 의미연결 및 확장된 연결 외에도 아동의 어휘 학습을 작업기억 측면에서 설명하려는 시도가 있었으며 이러한 연구들은 구어 정보 처리가 어휘 학습과 밀접한 관련이 있다는 원리를 거저로 한다(Smith & Geva, 2000). 어휘 습득은 맥락에서 새로운 어휘의 의미를 추론하는 것에서부터 시작되는데 이를 위해서는 맥락이 제공하는 정보를 일시적으로 저장하면서 동시에 새로운 어휘의 음운형태를 부호화하고 파지(retention) 할 수 있어야 한다고 가정한다(Montgomery, 2002). 이러한 관점에서 정보를 일시적으로 저장하는데 관여하는 작업기억은 어휘 학습에 중요한 역할을 하는 변인으로 알려져 있다. 선행 연구에 의하면 작업기억의 음운루프

Copyright 2024 © Korean Speech-Language & Hearing Association.  
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(Gathercole, 1989)는 새로운 어휘의 음운정보를 처리하는 기제로서 어휘 학습과 밀접한 관련이 있음을 보고하였다. 작업기억의 음운루프는 새로운 어휘의 음운표상을 시연(rehearsal)을 통해 유지하고 저장한다(Baddeley et al., 1998). 음운루프에는 짧은 시간 동안 언어의 음운정보를 저장하는 저장소가 있으며, 음운정보를 시연함으로써 임시 저장소의 용량을 새롭게 되돌릴 수 있다(Gathercole & Baddeley, 1993). 성공적인 어휘 학습은 새로운 어휘의 음운정보와 의미정보를 장기적인 표상으로 형성하여 오랫동안 유지하는 것이 핵심임을 고려해볼 때, 음운정보를 처리하는 음운루프는 어휘 학습의 개인차를 야기하는 요인이 될 수 있다.

음운루프는 비단어 따라말하기 과제를 통해 측정할 수 있다(Baddeley et al., 1998; Gathercole & Baddeley, 1989; Lee et al., 2013; Yim & Han, 2019). 비단어 따라말하기는 “조매너버리” 또는 “무지다바리노”와 같은 비단어를 듣고 따라 말하는 과제이며(Yim & Han, 2019), 기억할 수 있는 음절수가 많을수록 음운루프의 용량이 크다고 해석한다. 비단어 따라말하기 과제는 장기기억에 저장된 어휘 지식을 활용할 수 없고, 오롯이 청각적으로 제시된 비단어의 음운정보를 기억했다가 산출해야하기 때문에 음운루프를 비교적 순수하게 평가할 수 있는 과제로 여겨진다(Baddeley et al., 1998; Gathercole & Baddeley, 1989; Yim & Han, 2019). 비단어 따라말하기 수행력은 4세 아동의 수용어휘를 예측하는 중요한 예측 요인으로 보고되었으며(Gathercole & Baddeley, 1989), 비단어 따라말하기 과제의 수행이 좋은 아동은 그렇지 못한 아동보다 어휘 능력이 더 좋은 것으로 나타나 음운정보를 다루는 능력이 어휘와 밀접한 관련이 있음을 유추할 수 있다(Gathercole & Adams, 1993, 1994; Gathercole et al., 1991).

그리고 작업기억의 일화적 완충기(episodic buffer) 또한 작업기억의 한정된 용량으로 인한 정보처리의 한계를 보완하며 학습을 지원하는 주요 기제로서 선행 연구를 통해 어휘 학습과의 관련성이 논의되었다(Chun & Yim, 2017; Huntley et al., 2011). 일화적 완충기는 가장 마지막에 추가된 Baddeley의 작업기억 모델의 한 요소이며 여러 채널(시각, 청각 등)을 통해 유입되는 감각정보를 덩이지어 하나의 일화로 표상한다(Baddeley, 2000). 여러 정보를 덩이째로 지각하기도 하고(percept), 정보를 통합하여 덩이(chunk)로 구성(create)하여 처리하기도 하는데 이 과정에서 친숙함이나 사전지식을 기반으로 전략적 재구성을 하거나, 지각적 특성을 기반으로 정보를 그룹화 하는 것으로 알려져 있다. 정보를 재구성하거나 그룹화하면, 정보가 압축되어 메모리에 저장되는 정보의 양을 늘릴 수 있게 되므로 일화적 완충기의 덩이짓기는 효율적인 정보처리를 가능하게 한다고 보는 것이다.

덩이짓기를 평가하기 위한 과제로 단어목록회상 과제를 살펴볼 수 있다. 단어목록회상 과제는 제시되는 여러 어휘를 듣고 재산출해야 하는 과제이다. 기억해야 하는 어휘가 문장 어순에 맞게 제시되는 조건과 무선으로 제시되는 조건으로 구성되었으며 문장 어순 조건에서는 어휘들을 그룹화 하여 하나의 문장으로 처리할 수 있도록 하여 무선 순서로 제시되었을 때보다 어휘 회상을 용이하게 한다(Allen et al., 2018; Baddeley et al., 2009; Jefferies et al., 2004; Tulving & Patkau, 1962). 예를 들어, 문장 어순에서 ‘엄마, 시장, 사과, 조금, 사요’, 무선 조건에서 ‘사요, 시장,

조금, 엄마, 사과’를 제시하였을 때, 문장 어순 조건에서는 장기기억의 구문 지식을 활용하여 제시된 다섯 개의 어휘를 ‘엄마가 시장에서 사과를 조금 사요’와 같이 하나의 문장으로 덩이지어 기억할 수 있다. 그러나 무선 조건에서는 제시되는 어휘를 개별적으로 기억해야 하므로 더 많은 용량을 필요로 한다. 단어목록회상 과제를 사용하여 아동의 덩이짓기 능력을 측정한 선행 연구에서는, 어휘 발달이 지연된 아동은 전형적인 발달을 보이는 또래아동 보다 유의하게 낮은 수행을 보인다고 보고하였다(Cho & Yim, 2020; Chun & Yim, 2017). 또한 단어목록회상 과제 수행은 아동의 수용어휘 및 표현어휘 능력을 설명해주는 요인임을 보고하였다(Kim et al., 2022; Yang et al., 2020). 이에 어휘 학습 예측모형을 도출 시 어휘와 관련된 주요 정보처리 기제로서 일화적 완충기를 독립변수로 입력하여 살펴볼 필요가 있다.

작업기억 이외에 어휘 학습에 기여하는 또 다른 요인은 사전 “어휘” 지식이 있다. 새로운 어휘를 학습하는 데 있어서 아동의 사전 어휘 지식이 매개체가 된다는 과학적 근거는 상당하다(Gentner, 2005; James et al., 2017; Markman & Wachtel, 1988; Merriman et al., 1989; Priebe et al., 2012; Rowe et al., 2012). 예를 들어, 아동의 어휘 습득을 설명하는 상호 배타성 원리에 의하면 아동은 새로운 어휘가 어떠한 참조물을 가리키는지 유추할 때 사전 어휘 지식을 활용하여 선택지(후보)를 좁혀나가는 방식을 사용한다고 하였다(Markman & Wachtel, 1988; Merriman et al., 1989). 그리고 아동은 사전 어휘 지식과 새로운 어휘의 공통점을 바탕으로 새로운 어휘의 의미를 유추하기도 한다(Gentner, 2005). Horst와 Samuelson(1998)의 연구에서는 사전 어휘 지식을 측정하는 지표로 어휘 검사를 실시하고 읽기 및 듣기 활동을 실시하여 사전 어휘 지식과 새로운 어휘 학습 간의 관계를 조사하였다. 그 결과, 사전 어휘 지식이 많은 집단이 어휘력 향상이 더 크고 일관적이라는 결과를 보고하였다. 또한 제2언어 학습 맥락에서도 유사한 결과가 도출되었는데, 사전 어휘 지식이 적은 학습자는 제2언어의 어휘를 배우는 데 더 어려움을 겪을 수 있다는 결론을 내렸다(Tekmen & Daloglu, 2006; Zahar et al., 2001). 이러한 연구 결과들은 아동의 어휘 학습에는 사전 경험을 통해 쌓여진 사전 어휘 지식이 학습의 매개체로 사용될 수 있음을 시사한다.

본 연구에서는 음운루프, 일화적 완충기, 사전 어휘 지식을 기반으로 한 예측모형을 도출하기 위해서 통계 모형에 기반한 분석이 아닌 신경망 분석을 활용하고자 하였다. 신경망 모델이란 인간의 뇌가 정보를 학습하는 과정을 기반으로 하여 데이터로부터 패턴을 학습하고 학습된 패턴을 기반으로 새로운 데이터에 대한 예측을 수행한다(Lee, 2012). 본 연구에서는 신경망 중 다층 퍼셉트론(multi-layer perceptron)을 기반으로 모형을 도출하며, 다층 퍼셉트론은 입력층(input layer), 은닉층(hidden layer), 출력층(output layer)으로 구성되어 있다(Figure 1). 입력층은 여러 개의 노드(뉴런)가 서로 연결된 층(layer)을 구성하고 있으며 각 노드는 입력을 받아들인다. 데이터가 각 층을 거쳐 종속변수의 예측 값이 산출되는 절차는 다음과 같다. (1)입력층의 독립변수 값에 가중치(weight 1)를 곱해서 합한 후에, (2)이를 S모양 활성화 함수를 통해 변형시키고, (3)다시 가중치(weight 2)를 곱해서 합한 후, (4)활성화 함수를 통과시켜 산출한다(Kang et al., 2014; Kim, 2018).

은닉층은 데이터의 복잡한 패턴을 학습하는 데 중요한 역할을 하는데, 은닉층은 보통 하나 이상이 생성되며 각 은닉층은 이전 층의 정보를 조합하여 점점 더 추상적이고 복잡한 특징을 학습한다.

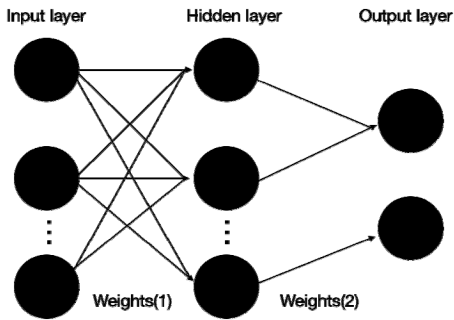


Figure 1. Multi-perceptron neural network model

예측모형을 구축할 때에는 예측 변수와 결과 변수의 특성을 고려하여 통계 모형과 머신러닝 모형 중 선택할 수 있다. 결과 변수가 범주형 변수일 때에는 분류를 예측하는 모델로 선택지를 좁히고 예측 변수들 간의 관계를 고려하여 최종 모델을 선택한다. 임상 연구에서는 예측 변수와 결과 변수 간 선형 관계가 충분히 성립될 때 회귀 모형을 사용할 수 있으나 예측 변수와 결과 변수가 선형 관계에 있다고 보기 어렵거나, 변수들 간 관계가 비선형적이고 복잡할 때에는 신경망 모델이 더 효과적일 수 있다(Goodfellow et al., 2016). 다만, 통계 모형은 모형식을 검증하여 신뢰도를 확보할 수 있는 반면 신경망을 이용한 예측모형은 알고리즘을 분석 소프트웨어를 통해 공유할 수 있어야 외부 검증 및 활용이 가능하며, *p*-value와 같은 통계 수치를 제공하지 않아 결과 해석에 어려움이 따를 수 있다는 단점이 있다. 그러나 신경망 분석은 데이터가 불완전하고 변동폭이 넓은 경우에도 분석이 가능하며, 데이터 수에 영향을 받는 회귀분석과는 달리 데이터 수가 적어도 반복학습을 통해 오류를 줄여나가면서 모형을 산출할 수 있다는 장점이 있어서(Park et al., 2002) 축적된 데이터를 기반으로 새로운 데이터를 예측할 수 있다. 이러한 장점으로 인해 금융권에서 금융거래 자료를 바탕으로 회사의 파산을 예측하거나(Lee & Choi, 2013), 환경 요소를 바탕으로 바람을 예측하는 등(Doucoure et al., 2016) 광범위한 영역에서 활용되고 있다. 독립변수와 종속변수 간의 변화관계를 분석함에 있어서 회귀모형과 더불어 신경망을 사용하여 분석하려는 시도가 계속됨에 따라(Kim & Hong, 2004) 본 연구에서도 아동의 어휘 학습 수행을 예측하는 데 있어서 신경망 모형의 적용 가능성을 탐색하고자 하였다. 이를 위하여 어휘 학습 예측모형이 실제 어휘 학습 데이터를 얼마나 잘 예측해 주는지 알아보고, 예측모형이 제안하는 독립변수의 중요도를 탐색하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 이화여자대학교 생명윤리위원회(Institutional Review

Board: IRB)로부터 사전승인을 받은 후 실시되었다(No. ewha-202104-0003-01). 본 연구는 서울, 경기, 인천 소재의 어린이집에 재학 중인 만 3~6세의 아동 총 57명을 대상으로 하였다( $M=4.47$ 개월,  $SD=.84$ ). 모든 대상자는 한국 카우프만 아동용 간편지능검사(Korean Kaufman Brief Intelligence Test-2: K-BIT-2, Moon, 2020)의 동작성 지능지수 85점 이상이었다. 대상자들의 일반적 정보에 대한 기술통계 분석을 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Participants' information

Category		<i>n</i>	%
Gender	Boys	27	47.40
	Girls	30	52.60
Age	3~4 years	6	10.50
	4~5 years	25	43.90
	5~6 years	19	33.30
	6 years ≤	7	12.30

### 2. 검사 도구

#### 1) 어휘 측정 과제

아동의 어휘력을 평가하기 위하여 수용·표현 어휘력 검사(Receptive and Expressive Vocabulary Test: REVT, Kim et al., 2009)를 실시하였다. 대상자들의 REVT 평균은 Table 2에 제시하였다.

#### 2) 비단어 따라말하기 과제

아동의 작업기억 중 어휘와 밀접한 관련이 있는 음운루프 용량을 측정하기 위해 공인타당도가 확보된(Han et al., 2020) 비단어 따라말하기 과제(nonword repetition: NWR, Yim & Han, 2019)를 실시하였다. 아동은 녹음된 비단어를 듣고 똑같이 따라 말해야 하며 비단어는 2~6음절로 구성되어 있다. 각 음절 조건 당 3문항 씩 총 15문항으로 구성되어 있으며, 아동이 올바르게 산출한 음절에 1점을 부여하여 점수를 산출하였다(총점 60점). 대상자들의 NWR 평균은 Table 2에 제시하였다.

#### 3) 단어목록회상 과제

아동의 일화적 완충기의 덩이짓기 능력을 측정하기 위하여 단어 목록회상 과제(word list recall: WLR, Chun & Yim, 2017)를 일부 수정하여 실시하였다. 단어목록회상 과제는 한국어 문장 따라말하기 과제(Ahn & Kim, 2000)를 Baddeley 등(2009)의 문장 기억폭 과제 패러다임에 맞게 수정한 과제로서 학령전기, 학령기 언어장애 아동과 일반 아동의 일화적 완충기의 덩이짓기 기능을 측정하는 과제로 다수의 연구에서 사용되었다(Baek & Yim, 2022; Kim & Yim, 2022; Lee et al., 2019; Song & Yim, 2020; Yim et al., 2021).

단어목록회상 과제는 문장 어순 또는 무순 어순의 어휘들을 듣고 회상하여 산출하는 과제이다. 문장 어순 조건의 어휘들은 문장과 유사하지만 조사가 없고 어휘를 일정한 톤으로 일정 간격을 두어 제시한다는 차이가 있다. 반면 무순 어순의 어휘들은 음운적 작업기억에 의존하여 수행해야 하며 문장 형태와 유사하지 않다.

본 과제가 덩이짓기 또는 일화적 완충기를 측정하는 과제로 사용되는 이유는 바로 문장 조건을 수행하기 위해서는 장기기억의 의미, 구문 지식을 활용하여 제시되는 어휘들을 하나의 덩이로 그룹화하는 과정을 포함하기 때문이다(Alloway et al., 2004; Boyle et al., 2013).

본 연구에서는 덩이짓기 기능을 필요로하는 문장 어순 조건만 분석에 사용하였으며, 3어절 문항 4개, 5어절 문항 6개, 7어절 문항 7개로 이루어진 총 13문항(총점 63점)을 실시하였다. 각 문항에서 아동이 제대로 회상한 어휘 당 1점을 부여하였고, 어휘 간 대치가 일어났을 때 1점을 감점하였다. 다만 아동이 조사를 삽입하거나 어미를 변화하였을 경우에는 감점이 없었다. 대상자들의 단어목록회상 과제 평균은 Table 2에 제시하였다.

**Table 2.** Descriptive statistics of task performances

	<i>N</i>	Minimum value	Maximum value	<i>M</i>	<i>SD</i>
REVT-r	57	5	76	51.58	15.05
REVT-e	57	19	96	58.18	15.95
NWR	57	29	59	48.66	6.11
WLR	57	11	62	39.52	12.54

Note. All values are raw scores.

REVT-r=Receptive and Expressive Vocabulary Test-receptive (Kim et al., 2009); REVT-e=Receptive and Expressive Vocabulary Test- expressive (Kim et al., 2009); NWR=nonword repetition (Yim & Han, 2019); WLR=word list recall (Chun & Yim, 2017).

4) 책임기를 통한 어휘 학습

본 연구에서는 아동의 어휘 학습 데이터를 측정하기 위해 Park 과 Yim(2019)에서 제시한 책임기를 활용한 어휘 중재를 실시하였다. 중재에 사용된 모든 자료와 절차는 선행 연구와 동일하게 실시하였다. 8권의 이야기책에서 60개의 중·고빈도 어휘를 60개 선정하여 어휘 목록을 생성하였고, 중재 시작 전 24개의 중재 어휘를 선정하기 위해 표현 및 수용어휘 사전검사를 실시하였다. 실시 방법은 REVT 검사와 동일한 방식으로 진행하였으며 그림을 하나씩 제시하고 아동이 그림에 해당하는 어휘를 산출할 수 있는지 평가하는 표현어휘 검사를 먼저 실시하였고, 그림을 네 개 제시하고 아동이 검사자가 들려주는 어휘를 듣고 해당 어휘를 선택하는 방식의 수용어휘 검사를 이어서 실시하였다. 이로써 중재 어휘는 60개의 어휘 목록 중 아동이 표현어휘 검사에서 오반응 한 어휘로 선정하였다. 중재에 사용된 책은 8권 중 4권이였으며 중재 어휘가 책 1권 당 6개씩 포함될 수 있도록 구성하였다. 아동 별 중재 어휘 및 이야기책은 다르게 구성되었으나 구조화 된 중재 절차 및 스크립트에 따라 모두 동일한 횟수로 노출되도록 하였다.

매 회기는 책임기 사전 활동, 책임기 활동, 책임기 사후 활동으로 구성되었으며 3개의 활동에서 어휘와 어휘가 사용되는 맥락, 활용되는 사례를 각각 제시하였다. 책임기 사전 활동에서 중재자는 아동에게 중재 어휘의 그림을 노트북으로 보여준 후 중재 어휘와 정의를 설명하였고, 책임기 본 활동에서는 아동에게 중재 어휘가 포함된 이야기책을 읽어주었다. 사후 활동에서 중재자는 이야기책에 등장한 중재 어휘의 또 다른 문맥 상황을 제시하여 어휘가 활

용되는 맥락을 제시하였다. 중재 어휘는 책임기 전, 중, 후 활동에서 각각 1번씩 노출되어 한 회기 당 3번 노출되고 총 4회기 동안 12번 노출되었다. 마지막 회기에서는 중재 어휘에 대한 사후평가를 실시하여 사전평가와 동일한 방식으로 수용 및 표현 어휘 학습량을 측정하였다. 사전검사와 사후검사는 약 3주간의 간격으로 실시되었다. 대상자들의 사전, 사후 어휘 평가 점수는 Table 3에 제시하였다.

**Table 3.** Vocabulary scores on pre-and post-book reading intervention

	Vocabulary score	<i>N</i>	Minimum value	Maximum value	<i>M</i>	<i>SD</i>
Pre	Receptive	57	0	0	0	0
	Expressive	57	0	0	0	0
Post	Receptive	57	1	24	14.16	6.28
	Expressive	57	0	19	4.12	4.82

3. 신뢰도

평가자 간 신뢰도는 실험에 참여하지 않은 1급 언어재활사 자격증을 소지한 언어병리학과 박사과정생 1인이 각 과제의 채점 기준에 따라 수집한 자료의 20%를 무작위로 선정하여 재검사를 실시하였고, 높은 검사자 내 신뢰도를 확보하였다( $r=.93$ ).

4. 연구 절차

모든 아동은 어린이집 내 조용하고 독립된 공간에서 연구자와 1:1로 실험에 참여하였다. 선별검사로 K-BIT-2(Moon, 2020)를 실시하였고, 사전검사로 REVT, NWR, WLR, 중재 어휘에 대한 사전 표현 및 수용어휘 평가를 실시하였다. 책임기를 통한 어휘 학습 중재는 2주간 주 2회씩 총 4회기 진행되었고, 회기 당 약 30분 소요되었다. 사후 검사로 중재 어휘에 대한 표현 및 수용어휘 평가를 실시하였다.

5. 자료 처리 및 결과 분석

본 연구에서는 SPSS 29의 다층 퍼셉트론(multilayer perceptron)을 활용한 신경망 분석을 실시하였다. 신경망 분석에 사용된 독립 변수는 REVT, NWR, WLR 원점수였으며, 공변량으로 월령을 입력하였다. 모든 점수는 분석 시 표준화 점수로 변환되었다. 도출된 모형의 분류 예측도를 살펴보기 위해 종속변수인 사후 수용, 사후 표현어휘 점수를 이분형 변수로 변환하였다. 따라서 중재 어휘 24개 중 50%인 12개 이상을 학습한 경우 높은 학습자 집단(1로 코딩)으로 분류하였고 11개 이하로 학습한 경우 낮은 학습자 집단(0으로 코딩) 분류하였다. 집단별 기술통계는 Table 4에 제시하였다.

신경망 분석을 통한 분류 예측모형을 개발할 때에는 모형을 학습시키기 위한 훈련용 데이터와 도출된 모형이 제대로 기능하는지 검증하기 위한 테스트용 데이터로 분류하여 최종 예측모형을 도출해낸다. 본 연구에서는 훈련용 데이터와 테스트용 데이터를 약 7:3 비율로 분류하도록 하였다. 이에 수용어휘 학습을 예측할 수

있는 신경망 모형을 훈련하기 위해 총 57개의 데이터 중 48개의 데이터(84.2%)가 훈련용 데이터로 무선 할당되었으며, 개발된 모형을 검증하기 위해 57개 중 모형 훈련용 데이터를 제외한 나머지 9개의 데이터(15.8%)가 테스트용으로 할당되었다. 표현어휘 학습 예측모형도 수용어휘 학습 예측모형과 마찬가지로 모형 훈련을 위해 57개의 데이터 중 44개의 데이터(77.2%)가 훈련용 데이터로 무선 할당되었으며, 개발된 모형 검증을 위해 나머지 13개의 데이터(22.8%)가 할당되었다.

**Table 4.** Group distribution based on post vocabulary score

Vocabulary group		n	%
Receptive	Low	21	36.8%
	High	36	63.2%
Expressive	Low	48	86.0%
	High	9	14.0%

예측모형 훈련 및 검증 절차는 다음과 같다. 우선 데이터가 Figure 1에 제시된 것과 같이 입력층, 은닉층, 출력층을 통과한다. 산출된 출력 결과를 기반으로 출력 오류를 계산한 뒤, 다시 역순으로 신경망을 통과하며 각 연결이 출력 오류와 어떻게 관련 되는지 측정한다. 출력 오류를 줄이기 위해 가중치를 경사하강법(gradient descent)에 따라 조정하며 데이터가 모형에 모두 포함될 때까지 위의 과정을 반복한다(Brownlee, 2020; Harris, 2013). 요약하면, 데이터는 각 층을 정순, 역순으로 지나며 출력 오류를 줄이기 위해 가중치 값을 조금씩 조정하는 방식으로 최종 예측모형을 도출한다. 본 연구에서는 은닉층의 활성화 함수로 쌍곡탄젠트, 출력층의 활성화 함수로는 소프트맥스를 사용하였다. 그리고 도출된 모형의 예측, 검증 정확도, 각 모형의 독립변수의 중요도를 산출하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 수용어휘 학습 예측 정확도 평가

본 연구에서 제안한 모형의 활용 가능성을 검증하기 위해 개발된 예측모형으로 판별분석을 실시한 결과 훈련 단계에서 민감도 89.5%, 특이도 93.1%로 나타나 예측 정확도는 91.7%였으며, 검증 단계에서 민감도 100%, 특이도 100%로 나타내어 최종 검증 정확도가 100%였다. 훈련 및 검증 단계에서의 예측 정확도는 Table 5에 제시하였다.

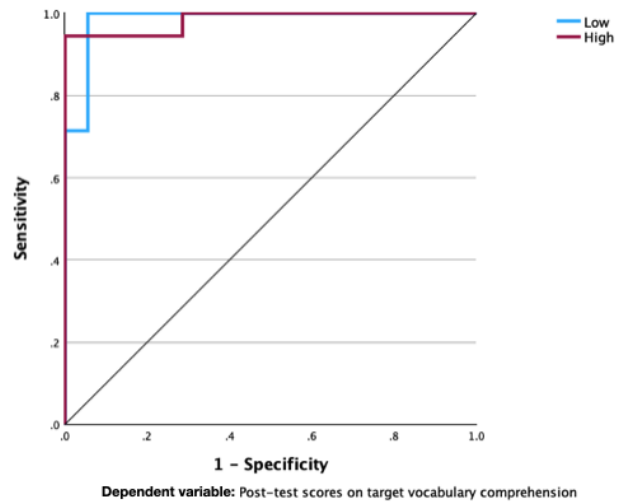
인공 신경망 다층 퍼셉트론 모형의 적합성과 검정력을 분석하기 위하여 ROC(receiver operating characteristics) 곡선 분석을 실시하였다. ROC 곡선 분석은 신경망 모형의 적합성을 판단할 수 있는 분석으로 y축에 민감도(sensitivity)를, x축에 특이도(specificity)를 기입하며 분석 결과는 AUC(area under curve)값으로 나타난다. 값에 따라 모형의 적합도를 판단하는데, AUC값이 .5~.6인 경우에 매우 우수하지 않음으로, .6~.7인 경우에 우수하지 않음, .7~.8인 경우에 보통, .8~.9인 경우에 우수함, .9 이상인 경우 매우 우수한 것으로 판단할 수 있다. 수용어휘 학습을 예측하는 모형의 적합도

는 '낮은 학습률', '높은 학습률' 모두 .984로 나타나 매우 우수하였다. ROC curve는 Figure 2에 제시하였다.

**Table 5.** Predicted classification accuracy on post vocabulary comprehension score

Sample	Observed	Predicted		
		Low	High	Percent correct
Training	Low	17	2	89.5%
	High	2	27	93.1%
	Overall percent	39.6%	60.4%	91.7%
Testing	Low	2	0	100%
	High	0	7	100%
	Overall percent	22.2%	77.8%	100%

Note. Low=low scoring group; High=high scoring group.



Note. Low=low scoring group; High=high scoring group.

**Figure 2.** The ROC curve for predicting classification accuracy of post vocabulary comprehension score

**Table 6.** The importance of independent variables for predicting post vocabulary comprehension score

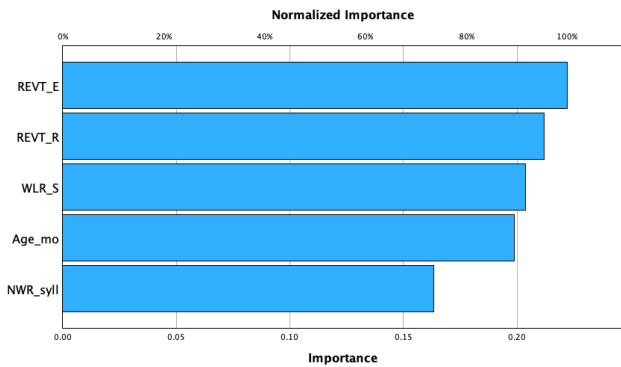
	Importance	Normalized importance
REVT-e	.222	100.0%
REVT-r	.212	85.5%
Word list recall	.204	91.7%
Age in month	.199	89.6%
Nonword repetition (syllable)	.163	73.6%

Note. REVT-e=Receptive-Expressive Vocabulary Test-expressive (Kim et al., 2009); REVT-r=Receptive-Expressive Vocabulary Test-receptive (Kim et al., 2009).

#### 2. 수용어휘 학습 예측모형의 변수중요도

도출된 수용어휘 학습 예측모형에서 독립변수들의 중요도 값을 산출한 결과는 Table 6과 Figure 3에 제시하였다. 수용어휘 학습

을 예측하는 데 중요한 영향력을 미치는 변수는 표현 어휘력, 수용 어휘력, 단어목록회상 점수, 공변량인 연령, 비단어 따라말하기 점수 순으로 나타났다. 음운루프 지표인 비단어 따라말하기 점수(약 16%)를 제외한 나머지 사전 어휘 지식 지표인 표현 및 수용 어휘 점수, 일화적 완충기 지표인 단어목록회상 점수, 공변량으로 입력한 월령은 모두 약 20% 이상의 중요도를 지니는 것으로 나타났다.



Note. REVT-e=Receptive-Expressive Vocabulary Test-expressive (Kim et al., 2009); REVT-r=Receptive-Expressive Vocabulary Test- receptive (Kim et al., 2009); WLR\_S=word list recall (Chun & Yim, 2017); Age\_mo=Age in month; NWR\_Syll=nonword repetition syllable scores (Yim & Han, 2019).

Figure 3. The normalized importance of independent variables for predicting post vocabulary comprehension score

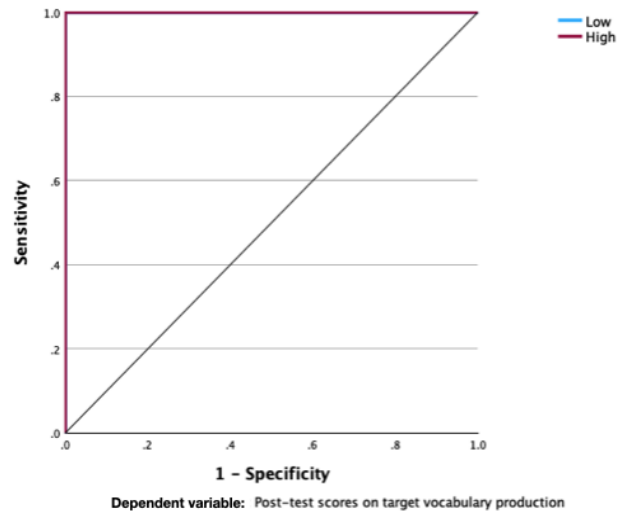
### 3. 표현어휘 학습 예측 결과

본 연구에서 도출된 표현어휘 학습 예측모형은 훈련 단계에서 민감도 100%, 특이도 100%, 검증 단계에서도 동일하게 민감도와 특이도가 100%로 나타나 예측 정확도 최종 검증 정확도 모두 100%로 산출되었다. 훈련 및 검증 단계에서의 예측 정확도는 Table 7에 제시하였다. 인공 신경망 다층 퍼셉트론 모형의 적합성과 검정력을 분석하기 위하여 AUC를 산출한 결과 표현어휘 학습을 예측하는 모형의 적합도는 '낮은 학습률', '높은 학습률' 모두 1로 나타나 매우 우수하였다. ROC curve는 Figure 4에 제시하였다.

Table 7. Predicted classification accuracy on post vocabulary production score

Sample	Observed	Predicted		
		Low	High	Percent correct
Training	Low	37	0	100.0%
	High	0	7	100.0%
	Overall percent	84.1%	15.9%	100.0%
Testing	Low	12	0	100.0%
	High	0	1	100.0%
	Overall percent	92.3%	7.7%	100.0%

Note. Low=low scoring group; High=high scoring group.



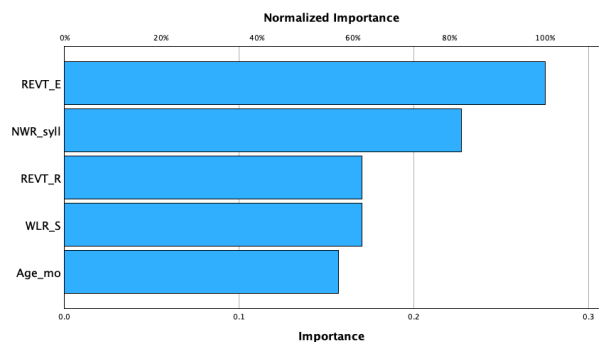
Note. Low=low scoring group; High=high scoring group.

Figure 4. The ROC curve for predicting post vocabulary production score

Table 8. The Importance of independent variables for predicting post vocabulary production score

	Importance	Normalized importance
REVT-e	.275	100.0%
Nonword repetition (syllable)	.227	82.6%
REVT-r	.170	61.8%
Word list recall	.170	61.8%
Age in month	.157	57.0%

Note. REVT-e=Receptive-Expressive Vocabulary Test-expressive (Kim et al., 2009); REVT-r=Receptive-Expressive Vocabulary Test-receptive (Kim et al., 2009).



Note. REVT-e=Receptive-Expressive Vocabulary Test-expressive (Kim et al., 2009); REVT-r=Receptive-Expressive Vocabulary Test-receptive (Kim et al., 2009); WLR\_S=word list recall (Chun & Yim, 2017); Age\_mo=Age in month; NWR\_Syll=nonword repetition syllable scores (Yim & Han, 2019).

Figure 5. The normalized importance of independent variables for predicting post vocabulary production score

#### 4. 표현어휘 학습 예측모형의 변수중요도

도출된 표현어휘 학습 예측모형에서 독립변수들의 중요도 값을 산출한 결과는 Table 8과 Figure 5에 제시하였다. 표현어휘 학습을 예측하는데 중요한 영향력을 미치는 변수는 표현 어휘력, 비단어 따라말하기 음절점수, 수용 어휘력, 단어목록회상 점수, 그리고 공변량인 연령 순으로 나타났다. 표현 어휘 점수는 본 예측모형을 통해 결과를 산출함에 있어 약 28%의 중요도를 지녔으며, 비단어 따라말하기 점수는 약 23%, 수용어휘 및 단어목록회상 점수는 약 17%, 마지막으로 연령은 약 16%의 중요도를 지니는 것으로 나타났다.

### IV. 논의 및 결론

본 연구에서는 어휘 학습과 밀접한 관련이 있는 작업기억의 음운루프, 일화적 완충기, 그리고 사전 어휘 지식을 바탕으로 아동의 어휘 학습 예측모형을 개발하기 위한 탐색적 연구를 실시하였다. 또한 어휘 학습 예측모형 별 음운루프, 일화적 완충기, 사전 어휘 지식 간 상대적 중요도를 알아보고자 하였다. 연구 결과에 대한 요약은 다음과 같다.

첫째, 수용어휘 학습 예측모형의 훈련 단계에서의 예측 정확도는 97.1%, 검증 단계의 정확도는 100%로 매우 높았다. 수용어휘 학습을 예측하는데 있어서 중요하게 고려되는 독립변수는 표현 어휘력, 수용 어휘력, 단어목록회상, 공변량으로 입력된 연령, 그리고 비단어 따라말하기 순으로 나타났다. 둘째, 표현어휘 학습 예측모형의 예측 정확도 및 검증 단계의 정확도는 모두 100%로 매우 높게 나타났다. 본 표현어휘 학습 예측모형에서의 중요한 독립변수는 수용어휘 학습 예측모형과 마찬가지로 표현 어휘력이 가장 높은 중요도를 지니는 것으로 나타났고, 비단어 따라말하기, 수용 어휘력, 단어목록회상 과제 점수, 공변량인 연령 순으로 나타났다.

위 결과에 대한 논의는 다음과 같다.

먼저 본 연구에서 도출한 신경망 기반의 어휘 학습 예측모형은 수용어휘 및 표현어휘 학습률이 높은 집단과 낮은 집단을 높은 정확도로 분류함으로써 신경망 모델이 아동의 행동 데이터를 분석하는 데에도 유용할 수 있다는 가능성을 확인하였다. 또한 수용어휘 및 표현어휘 학습 예측모형에 입력된 독립변수들은 모두 높은 중요도를 띠는 것으로 나타났는데, 이는 음운루프, 일화적 완충기, 사전 어휘 지식이 모두 어휘 학습과 밀접한 관련이 있다는 선행 연구와 일치하는 결과이다(Duff & Hulme, 2012; Gathercole, 2006; Gathercole et al., 1997; Wang et al., 2015).

수용어휘 학습 예측모형의 변수중요도를 세부적으로 살펴보면, 사전 어휘 지식을 대표하는 표현 및 수용어휘 점수가 매우 높은 중요도를 지니는 것으로 나타났다. 이는 사전 어휘 지식과 어휘 학습 간 관계를 연구한 다수의 선행 연구를 통해 유추할 수 있는 결과이다(James et al., 2017, Tse et al., 2007). 어휘 학습 예측에 있어서 사전 어휘 지식의 역할을 의미 연결망 개념을 들어서 설명할 수 있는데(Gwak et al., 2008), 어휘들이 서로 유기적으로 연결된 형태로 장기기억에 저장되며 어휘는 의미적 유사성을 바탕

으로 다양한 방식으로 확장된다는 개념이다. 따라서 사전 어휘 지식을 많이 보유한 아동은 의미 연결망을 활용하여 새로운 어휘의 의미를 수월하게 유추할 수 있으며(Kim & Yim, 2022) 새로운 어휘가 익숙한 범주에 속하는 경우 생소한 범주에 속하는 어휘보다 더 쉽게 학습되는 것(Borovsky et al., 2016)도 사전 어휘 지식이 어휘 학습에서 가교역할을 한다는 견해를 뒷받침 한다. 또한 사전 어휘 지식은 새로운 어휘를 정교화 하고 장기적으로 유지되는 과정을 가속화 하는데 기여하며(Borovsky et al., 2016; Perry et al., 2016; Tse et al., 2007), 새로운 어휘가 입력되었을 때 기존의 어휘 표상이 활성화 되어 어휘 학습이 촉진되는 효과도 있는 것으로 보고되었다(Hoover et al., 2010).

또한 사전 어휘 지식 다음으로 일화적 완충기의 용량을 측정하는 단어목록회상 점수가 수용어휘 학습 예측모형에서 중요한 독립변수로 도출되었다. 아동은 성공적인 어휘 학습을 위해 중재 어휘와 함께 제시되는 다양한 시각, 청각 정보를 통합하면서 언어 정보를 처리하는 과정을 통해 새로운 어휘의 의미 자질을 이해하고 학습한다고 가정하는데, 이러한 과정에서 일화적 완충기의 덩이짓기 능력이 기여한 결과로 해석된다. 즉, 유입되는 정보를 하나의 덩이로 인식하여 처리의 효율을 높이는 일화적 완충기가 새로운 어휘 표상을 장기기억에 저장하는 데 관여한 결과임을 유추해 볼 수 있다. 인지부하이론(cognitive load theory, Sweller et al., 2011)에 의하면 처리할 정보의 양이 처리해낼 수 있는 양보다 많아질 때 작업기억의 인지과부하(cognitive overload)가 발생하여 정보가 쉽게 소실된다고 하였다. 어떤 정보가 학습되기 위해서는 작업기억에서의 정보 처리가 선행되어야 하는데, 인지과부하로 인해 정보가 소실되면 학습에 부정적 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 결과는 정보처리의 효율성은 학습과 직결된 요인일 수 있으며, 작업기억의 정보처리 효율성이 높은 아동이 새로운 정보의 학습도 용이할 수 있음을 시사한다.

반면, 표현어휘 학습 예측모형에서는 사전 어휘 지식 다음으로 비단어 따라말하기 수행 점수가 두 번째로 높은 중요도를 가졌다. 이는 표현어휘 학습 과정에서 새로운 어휘의 음운 형태를 기억했다가 산출하는 과정과 비단어 따라말하기 과제에서 비단어의 음운 형태를 기억했다가 산출해야 하는 능력이 연결되어 있다는 선행 연구와 일치하는 결과로 해석된다(Gathercole, 2006). 표현어휘를 학습하기 위해서는 습득한 어휘 지식을 장기기억에서 인출하는 과정, 음운 정보를 다시 코딩하는 과정, 구어 산출을 계획하고 실행하는 과정이 요구된다. 따라서 어휘 산출 시 음운 정보에 다시 접근해야 하므로, 표현어휘가 학습되기 위해서는 음운 정보 처리 능력이 더 요구될 수 있음을 유추할 수 있다. 본 연구 결과는 독립변수와 어휘 학습 간 직접적인 인과 관계를 설명할 수 없으나, 어휘 학습 예측 시 각 독립변수의 중요도를 살펴볼 수 있다는 점에서 아동의 어휘 학습 메커니즘을 이해하는 데 도움이 될 것이다.

본 연구에는 다음과 같은 제한점이 있다. 신경망 모델은 통계적 수치를 제공하지 않기 때문에 통계적 모형 대비 결과 해석이 어렵다. 따라서 해석에 주의를 요한다. 후속 연구에서는 어휘 학습을 잘 예측하는 최적의 모형을 찾기 위해 회귀분석과 같은 통계적 모형을 기반으로 예측모형과 신경망 모델을 기반으로 한 예측모형을

비교할 필요가 있다. 또한 본 연구에서는 중재 어휘 간의 의미적, 음운적 유사성을 통제하지 않았다. 의미적으로 유사한 어휘들을 학습할 경우 학습률이 더 높다는 선행 연구에 따라(Kim & Yim, 2022; Mak & Twitchell, 2020; Storkel & Adlof, 2009) 중재 어휘의 음운, 의미가 아동의 어휘 학습 예측에 영향을 주는 요인인지 살펴볼 필요가 있다. 그리고 아동의 흥미정도와 관심도 또한 학습 동기를 유발하는 주요 요인이므로 아동 내적 요인과 더불어 외적 요인까지 모두 포함하는 어휘 학습 예측 모형의 예측 정확도를 살펴볼 필요가 있다. 마지막으로 본 연구는 대상 아동의 언어능력을 고려하지 않았다. 언어능력에 따라 어휘 학습 효과에 차이가 있을 것으로 예측됨에 따라, 언어장애 집단과 일반 집단의 어휘 학습 예측모형을 도출하고 각 모형의 독립변수 중요도를 비교하여 언어장애 아동의 특징을 검토할 필요가 있다.

## Reference

- Ahn, J. S., & Kim, Y. T. (2000). The effect of syntactic complexity on sentence repetition performance and intelligibility between specific language impairment and normal children. *Korean Journal of Speech Science*, 7(3), 249-262.
- Allen, R. J., Hitch, G. J., & Baddeley, A. D. (2018). Exploring the sentence advantage in working memory: Insights from serial recall and recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(12), 2571-2585. doi:10.1177/1747021817746929
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Willis, C., & Adams, A. M. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(2), 85-106. doi:10.1016/j.jecp.2003.10.002
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105(1), 158-173. doi:10.1037/0033-295X.105.1.158
- Baddeley, A. D., Hitch, G. J., & Allen, R. J. (2009). Working memory and binding in sentence recall. *Journal of Memory and Language*, 61(3), 438-456. doi:10.1016/j.jml.2009.05.004
- Baek, S. J., & Yim, D. (2022). An eye-tracking study on reading comprehension and reading processing in children with reading difficulties according to story type and processing load. *Communication Sciences & Disorders*, 27(3), 518-540. doi:10.12963/csd.22913
- Bernier, A., Calkins, S. D., & Bell, M. A. (2016). Longitudinal associations between the quality of mother-infant interactions and brain development across infancy. *Child Development*, 87(4), 1159-1174. doi:10.1111/cdev.12518
- Borovsky, A., Ellis, E. M., Evans, J. L., & Elman, J. L. (2016). Lexical leverage: Category knowledge boosts real-time novel word recognition in 2-year-olds. *Developmental Science*, 19(6), 918-932. doi:10.1111/desc.12343
- Boyle, W., Lindell, A. K., & Kidd, E. (2013). Investigating the role of verbal working memory in young children's sentence comprehension. *Language Learning*, 63(2), 211-242. doi:10.1111/lang.12003
- Brownlee, J. (2020). What is a gradient in machine learning? Retrieved October 14, 2021 from <https://machinelearningmastery.com/gradient-in-machine-learning/>
- Cain, K., & Oakhill, J. (2011). Matthew effects in young readers: Reading comprehension and reading experience aid vocabulary development. *Journal of Learning Disabilities*, 44(5), 431-443. doi:10.1177/0022219411410042
- Carey, S. (2010). Beyond fast mapping. *Language Learning and Development*, 6(3), 184-205. doi:10.1080/15475441.2010.484379
- Carey, S., & Bartlett, E. (1978). Acquiring a single new word. *Proceedings of the Stanford Child Language Conference*, 15, 17-29.
- Carpenter, M., Nagell, K., Tomasello, M., Butterworth, G., & Moore, C. (1998). Social cognition, joint attention, and communicative competence from 9 to 15 months of age. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 63(4), i+iii+v-vi+1-174. doi:10.2307/1166214
- Cho, Y., & Yim, D. (2020). A comparative study of chunking skills in bilingual children and monolingual children with and without specific language impairment. *Communication Sciences & Disorders*, 25(2), 242-257. doi:10.12963/csd.19680
- Chun, S., & Yim, D. (2017). A comparative study of chunking mechanism in children with and without language delay. *Communication Sciences & Disorders*, 22(2), 233-244. doi:10.12963/csd.17374
- Dickinson, D. K. (1984). First impressions: Children's knowledge of words gained from a single exposure. *Applied Psycholinguistics*, 5(4), 359-373. doi:10.1017/s0142716400005233
- Doucoure, B., Agbossou, K., & Cardenas, A. (2016). Time series prediction using artificial wavelet neural network and multi-resolution analysis: Application to wind speed data. *Renewable Energy*, 92, 202-211. doi:10.1016/j.renene.2016.02.003
- Duff, D., Tomblin, J. B., & Catts, H. (2015). The influence of reading on vocabulary growth: A case for a Matthew effect. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(3), 853-864. doi:10.1044/2015\_jslhr-l-13-0310
- Duff, F. J., & Hulme, C. (2012). The role of children's phonological and semantic knowledge in learning to read words. *Scientific Studies of Reading*, 16(6), 504-525. doi:10.1080/10888438.2011.598199
- Gathercole, S. E. (2006). Nonword repetition and word learning: The nature of the relationship. *Applied Psycholinguistics*, 27(4), 513-543. doi:10.1017/s0142716406060383
- Gathercole, S. E., & Adams, A. M. (1993). Phonological working memory in very young children. *Developmental Psychology*, 29(4), 770-778. doi:10.1037/0012-1649.29.4.770
- Gathercole, S. E., & Adams, A. M. (1994). Children's phonological working memory: Contributions of long-term knowledge and



- rehearsal. *Journal of Memory and Language*, 33(5), 672-688. doi:10.1006/jmla.1994.1032
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1989). Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, 28(2), 200-213. doi:10.1016/0749-596x(89)90044-2
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1993). Phonological working memory: A critical building block for reading development and vocabulary acquisition? *European Journal of Psychology of Education*, 8(3), 259-272. doi:10.1007/bf03174081
- Gathercole, S. E., Hitch, G. J., Service, E., & Martin, A. J. (1997). Phonological short-term memory and new word learning in children. *Developmental Psychology*, 33(6), 966-979. doi:10.1037/0012-1649.33.6.966
- Gathercole, S. E., Willis, C., & Baddeley, A. D. (1991). Differentiating phonological memory and awareness of rhyme: Reading and vocabulary development in children. *British Journal of Psychology*, 82(3), 387-406. doi:10.1111/j.2044-8295.1991.tb02407.x
- Gathercole, V. C. (1989). Contrast: A semantic constraint? *Journal of Child Language*, 16(3), 685-702. doi:10.1017/s0305000900010795
- Gentner, D. (2005). The development of relational category knowledge. In L. Gershkoff-Stowe & D. H. Rakison (Eds.), *Building object categories in developmental time* (pp. 245-275). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Gwak, H., Park, C., Lee, T., Kim, M., & Jin, Y. (2008). *Glossary of experimental psychology terms*. Seoul: Sigmappress.
- Han, J., Yim, D., & Seok, H. E. (2020). Item analysis for Korean-Working Memory Measures for Children (K-WMM-C). *Communication Sciences & Disorders*, 25(4), 809-829. doi:10.12963/csd.20720
- Harris, D. (2013). What does the hidden layer in a neural network compute? Retrieved October 14, 2021 from <https://stats.stackexchange.com/questions/63152/what-does-the-hidden-layer-in-a-neural-network-compute>
- Hoover, J. R., Storkel, H. L., & Hogan, T. P. (2010). A cross-sectional comparison of the effects of phonotactic probability and neighborhood density on word learning by preschool children. *Journal of Memory and Language*, 63(1), 100-116. doi:10.1016/j.jml.2010.02.003
- Horst, J. S., & Samuelson, L. K. (2008). Fast mapping but poor retention by 24-month-old infants. *Infancy*, 13(2), 128-157. doi:10.1080/15250000701795598
- Huntley, J., Bor, D., Hampshire, A., Owen, A., & Howard, R. (2011). Working memory task performance and chunking in early Alzheimer's disease. *The British Journal of Psychiatry*, 198(5), 398-403. doi:10.1192/bjp.bp.110.083857
- James, E., Gaskell, M. G., Weighall, A., & Henderson, L. (2017). Consolidation of vocabulary during sleep: The rich get richer? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 77, 1-13. doi:10.1016/j.neubiorev.2017.01.054
- Jefferies, E., Ralph, M. A. L., & Baddeley, A. D. (2004). Automatic and controlled processing in sentence recall: The role of long-term and working memory. *Journal of Memory and Language*, 51(4), 623-643. doi:10.1016/j.jml.2004.07.005
- Kang, H., Han, S., Choi, J., Lee, S., Kim, E., & Um, I. (2014). *Data mining for big data analysis*. Paju: Free Academy.
- Kim, J. (2018). Franchise business sales forecasting by comparison of neural network models. *Journal of Korean Marketing Association*, 33(3), 73-90. doi:10.15830/kmr.2018.33.3.73
- Kim, J. S., Relyea, J. E., Burkhauser, M. A., Scherer, E., & Rich, P. (2021). Improving elementary grade students' science and social studies vocabulary knowledge depth, reading comprehension, and argumentative writing: A conceptual replication. *Educational Psychology Review*, 33(4), 1935-1964. doi:10.1007/s10648-021-09609-6
- Kim, S., Chae, M., & Yim, D. (2022). The effect of home literacy environment on receptive and expressive vocabulary skills in preschool children. *Communication Sciences & Disorders*, 27(1), 14-26. doi:10.12963/csd.22874
- Kim, T. H., & Hong, H. K. (2004). A study on apartment price models using regression model and neural network model. *The Korea Spatial Planning Review*, 43, 183-200.
- Kim, Y. T., Hong, G. H., Kim, K. H., Jang, H. S., & Lee, J. Y. (2009). *Receptive & Expressive Vocabulary Test (REVT)*. Seoul: Seoul Community Rehabilitation Center.
- Kim, S. Y., & Yim, D. S. (2022). The Effect of Vocabulary Intervention Based on a Semantic Network on Vocabulary Learning in Children with Language Delay. *Communication Sciences & Disorders*, 27(4), 743-757. doi:10.12963/csd.22929
- Lee, G. G. (2012). *Factor analysis and prediction about the impact on youth depression using of artificial neural network model* (Doctoral dissertation). Mokpo National University, Jeonnam.
- Lee, H. J., Kim, Y. T., & Yim, D. (2013). Non-word repetition performance in Korean-English bilingual children. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 15(4), 375-382. doi:10.3109/17549507.2012.752866
- Lee, S., & Choi, W. S. (2013). A multi-industry bankruptcy prediction model using back-propagation neural network and multivariate discriminant analysis. *Expert Systems with Applications*, 40(8), 2941-2946. doi:10.1016/j.eswa.2012.12.009
- Lee, S. B., Lee, D. Y., Sim, H. S., & Yim, D. S. (2019). The potential usage of language skills for predicting recovery from persistent group in Korean speaking children who stutter. *Communication Sciences & Disorders*, 24(1), 141-153. doi:10.12963/csd.18554
- Mak, M. H. C., & Twitchell, H. (2020). Evidence for preferential attachment: Words that are more well connected in semantic networks are better at acquiring new links in paired-associate learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(5), 1059-1069. doi:10.3758/s13423-020-01773-0
- Markman, E. M., & Wachtel, G. F. (1988). Children's use of mutual exclusivity to constrain the meanings of words. *Cognitive Psychology*, 20(2), 121-157. doi:10.1016/0010-0285(88)90017-5
- Merriman, W. E., Bowman, L. L., & MacWhinney, B. (1989). The

- mutual exclusivity bias in children's word learning. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, i-129. doi:10.2307/1166130
- Montgomery, J. (2002). Understanding the language difficulties of children with specific language impairments: Does verbal working memory matter? *American Journal of Speech-Language Pathology*, 11(1), 77-91. doi:10.1044/1058-0360(2002/009)
- Moon, S. (2020). *Korean Kaufman Brief Intelligence Test, second edition* (KBIT2). Seoul: INPSYT.
- Nagy, W., & Townsend, D. (2012). Words as tools: Learning academic vocabulary as language acquisition. *Reading Research Quarterly*, 47(1), 91-108. doi:10.1002/rrq.011
- Park, S., & Yim, D. (2019). The effect of word exposure intensity during storybook reading on the vocabulary learning of children with specific language impairment. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 28(4), 123-136. doi:10.15724/jshd.2019.28.4.123
- Park, W. Y., Cha, J. H., & Kang, K. I. (2002). A neural network cost model for apartment housing projects in the initial stage. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 18(7), 155-162. uci:G704-B00167.2002.18.7.010
- Perry, L. K., Axelsson, E. L., & Horst, J. S. (2016). Learning what to remember: Vocabulary knowledge and children's memory for object names and features. *Infant and Child Development*, 25(4), 247-258. doi:10.1002/icd.1933
- Pigada, M., & Schmitt, N. (2006). Vocabulary acquisition from extensive reading: A case study. *Reading in a Foreign Language*, 18(1), 1-28.
- Priebe, S. J., Keenan, J. M., & Miller, A. C. (2012). How prior knowledge affects word identification and comprehension. *Reading and Writing*, 25(1), 131-149. doi:10.1007/s11145-010-9260-0
- Raby, K. L., Freedman, E., Yarger, H. A., Lind, T., & Dozier, M. (2019). Enhancing the language development of toddlers in foster care by promoting foster parents' sensitivity: Results from a randomized controlled trial. *Developmental Science*, 22(2), e12753. doi:10.1111/desc.12753
- Rice, M. L., Buhr, J. C., & Nemeth, M. (1990). Fast mapping word-learning abilities of language-delayed preschoolers. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55(1), 33-42. doi:10.1044/jshd.5501.33
- Rowe, M. L., Raudenbush, S. W., & Goldin-Meadow, S. (2012). The pace of vocabulary growth helps predict later vocabulary skill. *Child Development*, 83(2), 508-525. doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01710.x
- Smith, E. E., & Geva, A. (2000). Verbal working memory and its connections to language processing. In Y. Grodzinsky, L. P. Shapiro, & D. Swinney (Eds.), *Language and the brain* (pp. 123-141). San Diego: Academic Press. doi:10.1016/B978-012304260-6/50008-6
- Song, D., & Yim, D. (2020). Predicting story comprehension of preschool children with and without specific language impairment through eye movement and executive function. *Communication Sciences & Disorders*, 25(4), 775-796. doi:10.12963/csd.20704
- Storkel, H. L., & Adlof, S. M. (2009). The effect of semantic set size on word learning by preschool children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(2), 306-320. doi:10.1044/1092-4388(2009/07-0175)
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Intrinsic and extraneous cognitive load. In J. Sweller, P. Ayres & S. Kalyuga (Eds.), *Cognitive load theory* (pp. 57-69). New York: Springer.
- Tekmen, E. A. F., & Daloğlu, A. (2006). An investigation of incidental vocabulary acquisition in relation to learner proficiency level and word frequency. *Foreign Language Annals*, 39(2), 220-243. doi:10.1111/j.1944-9720.2006.tb02263.x
- Tse, D., Langston, R. F., Kakeyama, M., Bethus, I., Spooner, P. A., Wood, E. R., . . . Morris, R. G. M. (2007). Schemas and memory consolidation. *Science*, 316(5821), 76-82. doi:10.1126/science.1135935
- Tulving, E., & Patkau, J. E. (1962). Concurrent effects of contextual constraint and word frequency on immediate recall and learning of verbal material. *Canadian Journal of Psychology / Revue canadienne de psychologie*, 16(2), 83-95. doi:10.1037/h0083231
- Wang, S., Allen, R. J., Lee, J. R., & Hsieh, C.-E. (2015). Evaluating the developmental trajectory of the episodic buffer component of working memory and its relation to word recognition in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 133, 16-28. doi:10.1016/j.jecp.2015.01.002
- Webb, S., & Chang, A. C.-S. (2015). How does prior word knowledge affect vocabulary learning progress in an extensive reading program? *Studies in Second Language Acquisition*, 37(4), 651-675. doi:10.1017/s0272263114000606
- Yang, Y., Mun, J., & Yim, D. (2020). The implementation of inherent strategies on children with and without language delay: SNARC effect and chunking effect. *Communication Sciences & Disorders*, 25(1), 14-25. doi:10.12963/csd.19672
- Yim, D., & Han, J. (2019). Phonological loops, visuospatial sketchpad, episodic buffers, and inhibition: The relationship with grammar skills in children with a language delay. *Korean Journal of Special Education*, 54(2), 183-204. doi:10.15861/kjse.2019.54.2.183
- Yim, D., Shin, H., Lim, N., Jung, Y., Han, J., & Yang, Y. (2021). The relationship between KBPR and working memory in children with and without specific language disorder: Phonological loop and episodic buffer. *Communication Sciences & Disorders*, 26(2), 321-336. doi:10.12963/csd.20770
- Zahar, R., Cobb, T., & Spada, N. (2001). Acquiring vocabulary through reading: Effects of frequency and contextual richness. *The Canadian Modern Language Review*, 57(4), 541-572. doi:10.3138/cmlr.57.4.541

## 신경망을 이용한 어휘 학습 예측모형 탐색 연구

한지윤<sup>1</sup>, 임동선<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 이화여자대학교 일반대학원 언어병리학과 박사수료

<sup>2</sup> 이화여자대학교 일반대학원 언어병리학과 교수

**목적:** 본 연구에서는 학령전기 아동의 어휘 학습과 관련된 주요 요인들을 작업기억의 음운루프, 일화적 완충기, 사전 어휘 지식으로 조작적으로 정의하고, 이를 바탕으로 신경망 모델 기반의 수용 및 표현 어휘 학습 예측모형을 도출하기 위한 탐색적 연구를 실시하였다.

**방법:** 본 연구는 만 3~6세 어린이집에 재학 중인 학령전기 아동 57명을 대상으로 하였다. 신경망 모형 훈련을 위해 음운루프 측정을 위한 비단어 따라말하기 과제, 일화적 완충기 측정을 위한 단어목록회상 과제, 사전 어휘 지식 측정을 위한 수용·표현 어휘력 검사, 책읽기를 통한 어휘 학습 중재를 실시하였다. 수집한 자료를 바탕으로 신경망 모형을 훈련하였고 도출된 모형의 예측 정확도와 독립변수의 중요도를 분석하였다.

**결과:** 첫째, 수용어휘 학습 예측모형의 예측 정확도 97.1%, 검증 정확도 100%, 표현어휘 학습 예측모형의 예측 정확도는 100%, 검증 정확도는 모두 100%로 나타나 두 모형 모두 높은 정확도로 아동의 어휘 학습을 예측하였다. 둘째, 수용어휘 학습 예측모형은 표현 및 수용 어휘력, 단어목록회상, 공변량인 연령, 비단어 따라말하기 순으로 중요도를 산출하였으며, 표현어휘 학습 예측모형은 표현 어휘력, 비단어 따라말하기, 수용 어휘력, 단어목록회상, 공변량인 연령 순으로 중요도를 산출하였다.

**결론:** 본 연구는 어휘 학습 예측모형을 도출하기 위해 신경망 분석을 사용하여 본 학문에서의 적용 가능성을 탐색하였다. 연구 결과, 모형은 높은 예측 정확도를 산출하였으며, 아동의 음운루프, 일화적 완충기, 사전 어휘 지식은 모두 어휘 학습을 예측하는 중요한 변수인 것으로 나타났다.

**검색어:** 작업기억, 사전지식, 일화적 완충기, 신경망, 어휘 중재

**교신저자:** 임동선(이화여자대학교)

**전자메일:** sunyim@ewha.ac.kr

**게재신청일:** 2023. 12. 06

**수정제출일:** 2023. 12. 24

**게재확정일:** 2024. 01. 31

이 연구는 2020년도 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2020S1A5B5A17089731).

**ORCID**

한지윤

<https://orcid.org/0000-0002-7570-6679>

임동선

<https://orcid.org/0000-0001-8254-9504>

### 참고 문헌

- 강현철, 한상태, 최종후, 이성진, 김은석, 엄익현 (2014). 빅데이터 분석을 위한 데이터 마이닝 방법론. 파주: 자유아카데미.
- 곽호완, 박창호, 이태연, 김문수, 진영선 (2008). 실험심리학 용어사전. 서울: 시그마프레스.
- 김신영, 채미선, 임동선 (2022). 가정의 책읽기 환경이 학령전기 아동들의 수용 및 표현 어휘력에 미치는 영향. *Communication Sciences & Disorders*, 27(1), 14-26.
- 김영태, 홍경훈, 김경희, 장혜성, 이주연 (2009). 수용·표현 어휘력 검사. 서울: 서울장애인종합복지관.
- 김선영, 임동선 (2022). 의미 연결망에 기반한 어휘 중재가 단순언어장애 아동의 어휘 학습에 미치는 영향. *Communication Sciences & Disorders*, 27(4), 743-757.
- 김주영 (2018). 신경망(Neural Network) 모델들의 비교를 통한 가맹사업 매출예측분석. *마케팅연구*, 33(3), 73-90.
- 김태훈, 홍한국 (2004). 회귀모형과 신경망모형을 이용한 아파트 가격 모형에 관한 연구. *국토연구*, 43, 183-200.
- 문수백 (2020). *한국판 카우프만 간편지능검사2*. 서울: 인싸이트.
- 박수연, 임동선 (2019). 어휘 노출 강도에 따른 책읽기를 활용한 어휘 중재가 단순언어장애아동의 어휘 학습에 미치는 효과. *언어치료연구*, 28(4), 123-136.
- 박우열, 차정환, 강경인 (2002). 신경망이론을 이용한 공동주택 초기사업비 예측에 관한 연구. *대한건축학회 논문집 구조계*, 18(7), 155-162.
- 백수정, 임동선 (2022). 이야기 유형 및 처리부하 조건에 따른 초등학교 읽기 부진 아동의 읽기이해력 및 읽기 처리 과정에 대한 시선추적연구. *Communication Sciences & Disorders*, 27(3), 518-540.
- 송덕진, 임동선 (2020). 시선 추적 및 집행기능을 통한 단순언어장애 아동의 이야기 이해력 예측연구. *Communication Sciences & Disorders*, 25(4), 775-796.
- 안지숙, 김영태 (2000). 단순언어장애 아동과 정상 아동의 구문적 난이도에 따른 문장따라말하기: 수행력 및 명료도 비교. *음성과학*, 7(3), 249-262.
- 양윤희, 문주희, 임동선 (2020). 언어발달지연 아동과 일반아동의 언어에 대한 내재된 전략 사용: SNARC(Spatial-Numerical Association of Response Codes) 효과와 덩이짓기 효과 비교 분석연구. *Communication Sciences & Disorders*, 25(1), 14-25.
- 이경금 (2012). *인공신경망 모형을 이용한 청소년 우울에 미치는 요인 분석*

**및 영향 예측.** 목포대학교 대학원 박사학위 논문.

이수복, 이다연, 심현섭, 임동선 (2019). 말더듬 회복 여부에 따른 초기 말더듬 아동의 언어능력. **Communication Sciences & Disorders**, **24**(1), 141-153.

임동선, 신현지, 임나은, 정예영, 한지민, 양윤희 (2021). 단순언어장애 아동과 일반 아동의 KBPR(Korean Brief Parent Report)과 작업기억 능력 간의 관계: 음운루프, 일화적 완충기를 중심으로. **Communication Sciences & Disorders**, **26**(2), 321-336.

임동선, 한지윤 (2019). 언어발달지체 아동의 음운루프, 시·공간 잡기장, 일화적 완충기, 억제기능과 문법 능력 간의 관계. **특수교육학연구**,

**54**(2), 183-204.

조윤주, 임동선 (2020). 한국어-영어 이중언어 일반아동, 한국어 단일언어 일반아동 및 단순언어장애아동의 덩이짓기(chunking)능력 비교. **Communication Sciences & Disorders**, **25**(2), 242-257.

천소연, 임동선 (2017). 단어목록 회상을 통한 언어발달지체 아동과 일반 아동의 덩이짓기 능력 연구. **Communication Sciences & Disorders**, **22**(2), 233-244.

한지윤, 임동선, 석혜은 (2020). 아동용 작업기억 측정도구(K-WMM-C) 개발을 위한 문항분석. **Communication Sciences & Disorders**, **25**(4), 800-829.