

# 인지재활 훈련 효율증진을 위한 인공지능 기술 연구

김홍중<sup>1</sup>, 류갑상<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>(주)지아이랩 대표, <sup>2</sup>동신대학교 컴퓨터공학과 교수

## A Study of Artificial intelligence technology to improve cognitive rehabilitation training efficiency

HongJoong, Kim<sup>1</sup>, Gab-Sang Ryu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>CEO, G-AILAB

<sup>2</sup>Professor fo Dongshin University

**요약** 고령화사회에 접어들며 노인 인구가 증가함과 동시에, 노인의 건강문제 또한 사회문제로 대두되었다. 2021년 기준 노인 인구 대비 치매상병자 및 경도인지장애환자 비율은 약 11%로 인지 재활 훈련의 중요성이 부각되고 있다. 인지재활 훈련은 요양병원 및 노인 복지소에서 적극 도입중인 치료의 하나로, 주로 구조화된 환경에서 특정 인지 영역을 훈련시키기 위해 표준화된 수행 과제를 부여하는 방식으로 진행되고 있다. 인지재활 훈련의 효율성을 증진시키기 위해서는 인지능력의 각 영역(지남력, 기억력, 주의집중력, 계산능력, 시지각능력, 언어능력, 실행능력)에 대한 분석과 그에 따른 환자 맞춤형 인지재활 훈련 방안의 제시가 필요하다. 본 연구에서는 인공지능 기술을 활용하여 7가지 인지 영역 훈련에 대해 범용적이고 객관적인 기준을 인지재활 평가 프로토콜 MMSE-DS 기반으로 설계하였으며, 사용자의 능력 분석을 통해 사용자 맞춤형 훈련 콘텐츠를 구현하여 인지 재활 훈련에 활용하는 방안을 제시하였다.

**주제어** : 인공지능, 인지재활, MDP

**Abstract** As society enters an aging population, the increase in the elderly population has raised concerns about health issues among the elderly, particularly dementia and mild cognitive impairment, which have become social issues. As of 2021, the ratio of dementia patients and individuals with mild cognitive impairment to the elderly population was approximately 11%, highlighting the importance of cognitive rehabilitation training. Cognitive rehabilitation training is actively being introduced as one of the treatments in nursing homes and elderly welfare centers, primarily conducted by assigning standardized performance tasks in a structured environment to train specific cognitive domains. To enhance the effectiveness of cognitive rehabilitation training, it is necessary to analyze each cognitive domain (such as attention, memory, language, executive function) and propose personalized cognitive rehabilitation training methods for individuals. In this study, we have proposed a method for utilizing artificial intelligence technology to establish universal and objective criteria for training in seven cognitive domains based MMSE-DS protocol. We have implemented user-customized training content based on an analysis of the user's abilities with the aim of utilizing it in cognitive rehabilitation training.

**Key Words** : AI, Cognitive Rehabilytation Training, MDP

\*교신저자 : 류갑상(gryu@dsu.ac.kr)

접수일 2023년 5월 6일 수정일 2023년 7월 4일 심사완료일 2023년 7월 7일

## 1. 서론

인지기능은 일상생활 능력과 밀접한 관계를 하고 있으며, 인지기능을 향상시켜 문제점을 최소화한다면 일상생활 수행 능력이 높아질 것이다[1]. 국내·외 비롯한 다양한 인지재활 시스템이 존재하고 있지만, 국내 보건소 등지에서 보급되는 인지재활 프로그램은 컴퓨터를 통해 일방적인 순서에 따라 훈련하는 방식이다[2]. 시스템을 통한 인지재활 프로그램의 치료 효과는 통계적으로 인지기능의 호전을 확인할 수 있다는 사실이 입증되었으며 [2][3] 현재 국내에서 가장 많이 활용되는 인지재활 프로그램 CoTras 또한 그 추세를 따르고 있다[4]. 그러나, 각 인지영역의 재활을 위한 콘텐츠는 독립적이지 않고 서로의 인지영역과 연관성을 지니고 있다. 따라서 영역간의 연관성과 환자의 분야별 인지능력 수준을 활용하여 효율적인 인지재활 프로토콜을 확립할 필요가 있다[5]. 특히 현재 대부분의 인지재활 훈련 프로그램들은 치료사의 훈련 설제로 이루어져 치료사 의존적이며 각기 다른 기준을 잣대로 훈련을 설계하고 있으므로 객관성이 떨어진다 [6]. 환자에 대한 인지재활 훈련은 최대한 범용적이고 객관적인 기준 설립이 필요하다.

본 논문에서는 사용자의 능력 분석을 기반으로 맞춤형 훈련 콘텐츠 제공 인공지능 기술 개발을 통해 환자의 인지재활 훈련 효율을 극대화하는 방법에 대해 제안하고 있다. 목표를 수행하기 위해 사용자의 인지영역을 지남력, 기억력, 주의집중력, 계산능력, 시지각능력, 언어능력, 실행능력 7가지로 분류하여 각 훈련 프로토콜과 인지영역간의 상관관계를 수치적으로 표현한다.

유익미한 훈련 제공 프로토콜을 설계하기 위해서는 환자의 인지능력에 대한 피드백이 필요하며, 이를 위해 환자의 인지능력에 대한 진단이 선행될 필요가 있다[7]. 이를 위해 맞춤형 훈련 추천 AI 시스템으로서 DKT(Deep Knowledge Tree)를 활용할 예정이다. 최종적으로, DKT를 기반으로 환자가 각 인지재활 콘텐츠의 정답을 맞출 확률을 도출하여 MDP(Markov Decision Process)를 도입해 환자에게 가장 효율적인 훈련을 설계하는 추천 AI 시스템을 제안하고자 한다.

## 2. 인지재활 시스템

### 2.1 인지재활시스템

인지재활시스템(Cognitive Rehabilitation System)은 인지기능이 손상되거나 저하된 개인들에게 인지 능력을 개선하고 장애를 극복하는 데 도움을 주는 시스템이다. 인지기능은 인간의 지적 활동과 정보 처리 능력을 포함하며, 주의력, 기억, 학습, 판단력, 문제 해결 능력 등이 이에 속한다. 뇌 손상, 노화, 질병, 사고 등으로 인해 인지기능이 감소되는 경우, 인지 재활 시스템을 활용하여 기능의 회복과 개선을 목표로 한다.

### 2.2 인지재활시스템 개발 현황

인지재활시스템은 뇌손상, 노화, 중풍, 인지장애, 자폐증, 주의력결핍과잉행동장애(ADHD) 등 다양한 장애와 상태에 적용될 수 있으며, 이를 통해 개인의 인지 능력을 개선하고 일상생활에서 더 나은 삶의 질을 도모할 수 있다. 연구와 기술의 발전으로 더욱 효과적이고 현실적인 인지재활시스템이 개발되고 있다. 특히, 인공지능 기술의 발전과 바이오센서 등의 활용으로 인지 재활시스템의 성능과 효과가 지속적으로 개선될 것으로 기대된다. [Table 1]은 인지재활시스템의 개발 현황을 정리한 것이다.

<Table 1> Development status of cognitive rehabilitation system

Development status	Explanation
Computer-based training	Various cognitive tasks are trained using computer programs, and are provided repeatedly and customized to suit individual abilities.
Virtual Reality (VR)	It provides training to perform cognitive tasks in a situation similar to the actual daily environment using virtual reality technology, and helps to arouse interest and improve daily application skills.
Bio-signal measurement and feedback	By measuring bio-signals such as brain waves, heart rate, and blood pressure, the user's cognitive ability status is identified and appropriate feedback is provided.
Application of game elements	Organize training into game elements and challenge elements. Increases user motivation and reduces boredom.
Custom training	We provide customized training considering individual cognitive abilities and needs. Focus on strengths and compensation for weaknesses.
Utilization of sensors and IoT technology	It monitors the user's condition through sensors and internet-connected devices and expands the system to apply to daily life.

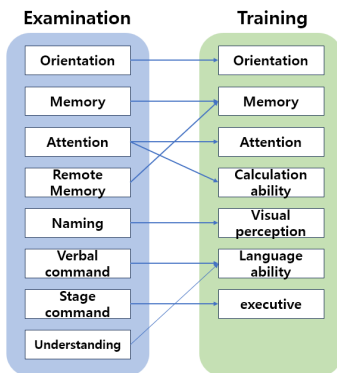
### 2.3 인지재활시스템 문제점

기존의 인지 재활시스템은 인간의 인지기능을 개선하고 장애를 극복하는 데 도움을 주는 중요한 도구이지만, 여전히 몇 가지 문제점이 존재한다. 주요 문제점은 다음

과 같다. 1)일반화 부족: 기존 시스템은 특정 인지 기능에 대한 개선을 목표로 하지만, 이러한 훈련은 다른 인지 과제로의 일반화가 부족하다. 즉, 한 기능을 개선하더라도 실제 일상생활에서의 다양한 상황에서 적용하기 어려운 문제가 있다. 2)맞춤형 접근 부재: 각 개인은 다른 인지 능력과 약점을 가지고 있기 때문에, 일반적인 접근 방식으로 모든 사용자에게 적용하기 어렵다. 기존 시스템은 개인의 인지 능력과 요구에 맞게 맞춤형으로 제공되지 않는다. 3)동기 부족: 인지 재활은 지속적인 훈련과 동기 부여가 필요하다. 그러나 기존의 시스템은 반복적이고 단조로운 연습으로 인해 사용자들이 동기를 잃을 수 있다. 4) 피드백의 한계: 인지 재활 시스템은 종종 사용자에게 피드백을 제공하는 기능이 제한적이다. 피드백이 충분히 정확하고 개인별로 적절하지 않으면 효과적인 개선을 이루기 어렵다. 5)현실적인 일상 환경에서의 부재: 대부분의 기존 시스템은 컴퓨터 또는 전문적인 장비를 사용하는 실내 환경에서 진행된다. 하지만 실제 인지 기능을 발전시키기 위해서는 일상적인 환경에서 훈련과 적용이 가능한 시스템이 필요하다. 6)최신 기술의 미적용: 일부 기존 시스템은 최신 기술과 연구 결과를 반영하지 못하여 성능과 효과면에서 제한이 있을 수 있다. 이러한 문제점들을 극복하고, 인지재활시스템을 보다 효과적이고 맞춤형으로 발전시키는 연구와 기술의 개발이 필요하다. 최근에는 인공지능과 가상현실 기술을 활용하여 인지 재활의 개선을 시도하는 연구들이 진행되고 있다.

### 3. 지능형 인지재활시스템 설계

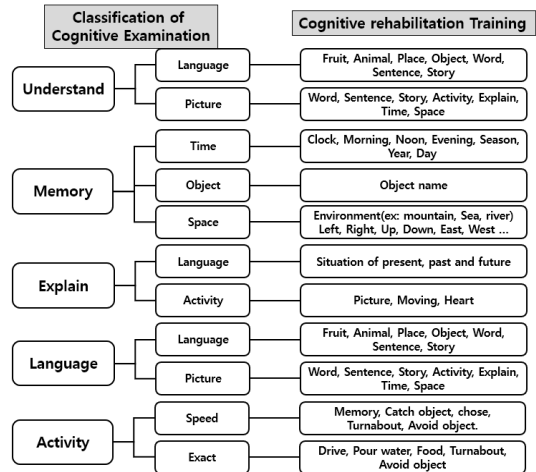
#### 3.1 인지재활 콘텐츠



[Fig. 1] Cognitive assessment-Training correlation

본 연구에서 제안하는 인지 재활콘텐츠는 MMSE-DS 프로토콜에 따라, 평가 8개 영역(지남력, 기억력, 주의집중력, 기억회상, 이름대기, 따라말하기, 명령실행) 과 이해 판단에 대한 훈련 영역(지남력, 기억력, 주의집중, 시각, 언어능력, 계산능력, 실행능력) 7가지 영역에 따른 콘텐츠를 제공한다.

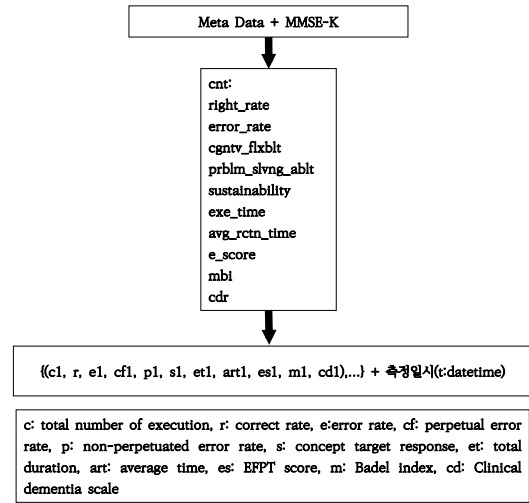
또한 치매 관련이나 경도 인지장애에 대한 인지 재활 훈련이 인지 평가에 영향을 미치는 요인은 인지 평가 항목에 대한 인지 재활 훈련에 대해서 [Fig 2] 와 같이 정리할 수 있다. 이해력은 언어와 그림으로 기억력은 시간, 물체 그리고 공간으로 표현력은 언어와 행동으로 언어력은 글자와 그림 그리고 활동력은 속도와 정확성으로 평가항목이 나뉘며 [Fig 2] 와 같이 각각의 평가항목에 따른 인지 재활 훈련을 구분하였다.



[Fig. 2] Classification of Cognitive Examination-Training

#### 3.2 인지재활 평가

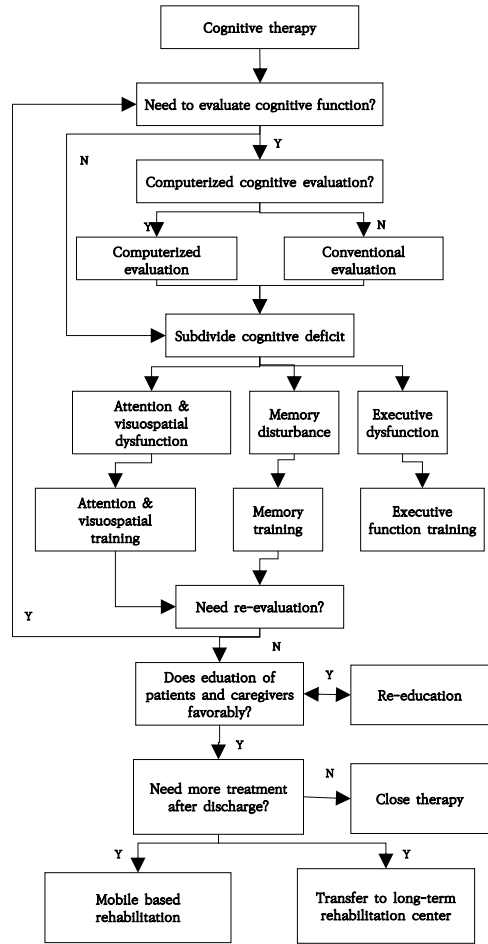
인지재활 평가는 한국형 간이정신상태평가(MMSE-K) [8]를 이용하여 평가하는데 본 연구에서는 한국형 간이정신상태평가에서 추후 시스템의 상용화를 위해 변형된 MMSE-DS[9]를 기반으로 선별 검사를 진행하였다. 이를 통해 인지기능 손상을 간단하고 신속하게 측정하고 선별하여 반영하였으며 평가에 대한 난이도 조절을 위해 사용자의 인지 데이터 분석 및 평가 결과 데이터는 [Fig 3] 과 같은 방법으로 측정 평가하였다.



[Fig. 3] User feedback and test level design

### 3.3 인지재활 훈련 난이도

각 콘텐츠는 독립적이지 않으며 7가지 영역에 연관성을 지니고 있다. 각 콘텐츠는 상, 중, 하로 세 가지의 난이도를 지니며 난이도를 세분화시킬수록 사용자에게 맞는 콘텐츠를 제공할 수 있다. 사용자 난이도 조절에 대한 콘텐츠 수행은 여러 개의 유사 콘텐츠 조합으로 가능하다. 난이도가 없는 콘텐츠와 난이도가 있는 콘텐츠가 존재하고, 난이도는 속도와 선택 문항 개수로 자동 조절되게 되어 있다. 레벨을 거듭할수록 정답률과 반응 속도에 비례하여 난이도가 조절되어 빠른 속도, 더 많은 이미지 고도화, 숫자와 연관된 콘텐츠 증가 등 다양한 7가지 인지영역에 대한 피드백이 이루어 진다. 인지훈련 운동의 경우 점수가 높을수록 상태가 좋은 것으로 간주한다. 최종적으로 훈련과정에서의 인지재활 훈련에 대한 지능형 난이도 조절 알고리즘은 다음 [Fig 4]와 같다. 사용자가 인지재활 훈련 프로그램에 진입 시, 사용자의 인지평가 이력을 확인한다. 사용자가 인지평가를 진행하지 않았다면 인지평가를 먼저 진행하고, 평가 데이터를 기반으로 하여 사용자의 인지능력 영역을 세분화하여 각 영역별 레벨을 측정한다. 측정된 결과에 따라 [Fig 1]에서 제시한 연관성을 기반으로 하여 사용자에게 가장 필요한 인지재활 콘텐츠를 추천한 후, 알맞은 콘텐츠를 제공한다. 해당 피드백 과정을 반복함으로써 사용자의 인지능력을 지속적으로 점검한 후, 병원 입원 등 의료 전문가의 도움이 필요하지 혹은 가벼운 인지재활만으로 개선이 가능한지 모니터링을 진행한다.



[Fig. 4] Cognitive rehabilitation training algorithm

### 3.4 훈련 효율 증진 AI 알고리즘

인지재활 훈련 효율을 극대화하기 위해 사용자 맞춤형 콘텐츠를 제작하고 MDP(Markov Decision Process) 강화학습을 도입하여 훈련 프로토콜을 수립하고 각 훈련 콘텐츠의 난이도를 Reward로, 환자가 콘텐츠를 풀 확률을 Probability로 하여 최적의 훈련 루트를 계산하여 훈련할 수 있게 설계하여 실험하였다.

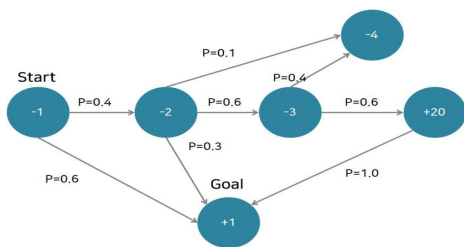
#### 3.4.1 Deep Knowledge Tracing(DKT)

DKT란 학습자의 학습 수준 및 변화 상태를 모델링하는 KT(Knowledge Tracing)에 인공지능 딥러닝 기법을 적용한 알고리즘으로, 기존 KT 알고리즘보다 높은 성능을 자랑한다[10]. KT는 학습자의 문제 풀이 이력 데이터를 활용하여 학습자의 지식 습득 상태를 모델링하는 알고리즘이다. 문제 풀이 이력 데이터란, 학습자가 여태

까지 푼 문제의 순서와 정답 여부를 기록한 데이터를 의미하며, KT를 해당 데이터를 기반으로 학습자가 앞으로의 다른 문제를 풀어낼 확률을 예측한다[11]. 또한 이후의 문제를 풀어낼 확률은 문제 풀이 순서에 따라 달라지는데, 이는 학습자가 지닌 학습 시계열 데이터로 정의할 수 있다. 이런 특성을 활용하여, KT에 RNN을 도입한 기술이 DKT라고 정의할 수 있다. 인지재활 콘텐츠를 클라우드 형태로 배포하여, 환자의 훈련 데이터를 대량 확보한 후 DKT 모델을 학습하는 방식을 활용하였다. 모델의 학습 결과를 반영해 각 환자들의 현재까지 훈련 풀이 이력을 기반으로 적합한 MDP 시스템의 설계가 가능하다[12].

### 3.4.2 Markov Decision Process(MDP)

MDP란 의사결정 과정을 확률과 그래프를 활용하여 모델링하는 최적화 문제 활용 알고리즘으로 가장 최고점 리워드를 획득하는 방안으로 효율적인 행동 순서를 도출할 수 있다[13][14]. 인지재활 훈련 콘텐츠의 효율성을 극대화하기 위해 강화학습을 도입하여 agent, environment, state, action 그리고 reward 다섯가지 요소로 구성하고, 에이전트가 환경의 상태(S)를 측정하여 최적의 행동(A)를 선택하고 다음 상태(S')로 이동했을 때의 보상(R)을 최대화시키는 학습 방법을 진행하였다. [그림 5]에서 MDP(Markov Decision Process) 학습을 보여주고 있다. 인지 재활 훈련 추천 AI 시스템에서, S는 환자의 문제 풀이 이력 데이터에 존재하는 각 문제들의 상태를 의



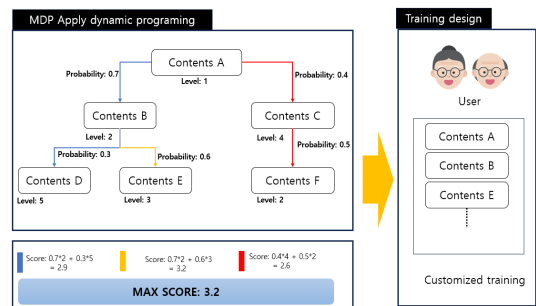
4-tuple :  $\langle S, P, R, \gamma \rangle$   
*S*: Set of States  
*P*:  $p(s'|s) = \Pr(S_{t+1} = s' | S_t = s)$   
*R*: Reward of State  
 $\gamma$ : Discount factor

[Fig. 5] A Study of MDP (Markov Decision Process)

미한다. P는 상태 S에서 S'로 이동할 확률을 의미하며, 인지재활 훈련에서 S문제를 풀었을 때 S' 문제를 풀 확률을 뜻한다. R은 각 State에 제시된 Reward를 의미하며 인지재활 훈련에서 각 문제의 Level을 상정한다.  $\gamma$ 는 현재 획득하는 reward와 미래의 reward간의 중요도를 조절하는 변수이다. 0~1 사이의 하이퍼 파라미터로, 문제 풀이에 따라 리워드가 누적되는 시스템에서, 숫자가 적을수록 당장 획득하는 리워드가 중요해지며, 숫자가 클수록 나중에 획득하는 리워드가 중요해진다. 즉, 각 Node에 Reward가 부여되었을 때, 가장 최적의 Reward를 얻을 수 있는 Action 과정을 도출할 수 있다.

### 3.4.3 인지재활 훈련에 MDP 적용

[Fig 6]은 효율적 인지재활 훈련을 위해 MDP를 인지재활 훈련 적용 예이다.



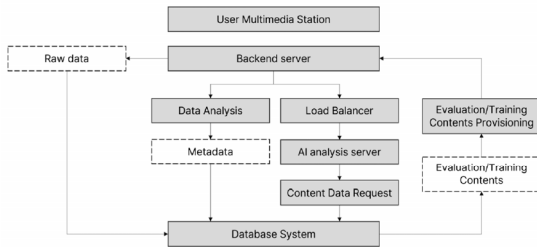
[Fig. 6] Apply MDP to Cognitive Rehabilitation

[Fig 6]에서 Reward를 레벨(난이도), P를 문제풀이 확률로 하여 MDP 동적계획법을 도하였다. Reward를 난이도로 설정하는 이유는 높은 난이도의 문제를 많이 풀수록 사용자의 인지능력이 개선된 것으로 판단할 수 있다. 따라서, 높은 난이도의 문제를 많이 풀 수 있는 루트로 최적화해야 한다. 사용자의 문제 풀이 확률(p)를 구하는 방법에 대한 방침이 필요하다. 본 연구에서는 사용자 문제 풀이 확률을 구함에 있어서 초기에는 로지스틱 회귀 모델을 도입을 제안한다. 필연적으로 발생하는 콜드 스타트의 문제로 딥러닝의 도입 이전에 원론적인 머신러닝 기법을 사용한다. 환자의 인지능력 정도와 훈련 콘텐츠의 인지영역간 연관성 및 난이도를 바탕으로 특징 맵(feature map)을 추출한 후, 로지스틱 회귀 모델을 도입하여 사용자 문제풀이 확률(p)을 계산한다.

## 4. 지능형 인지재활시스템 구현

### 4.1 시스템의 구성

본 시스템은 사용자 단말기를 통해 사용자의 정보를 받아들인 후, 해당 사용자의 정보를 기반으로 평가/훈련 콘텐츠를 호출하는 인공지능 API 서버 구축을 핵심으로 [Fig 7]과 같이 시스템을 구성한다.



[Fig. 7] System configuration

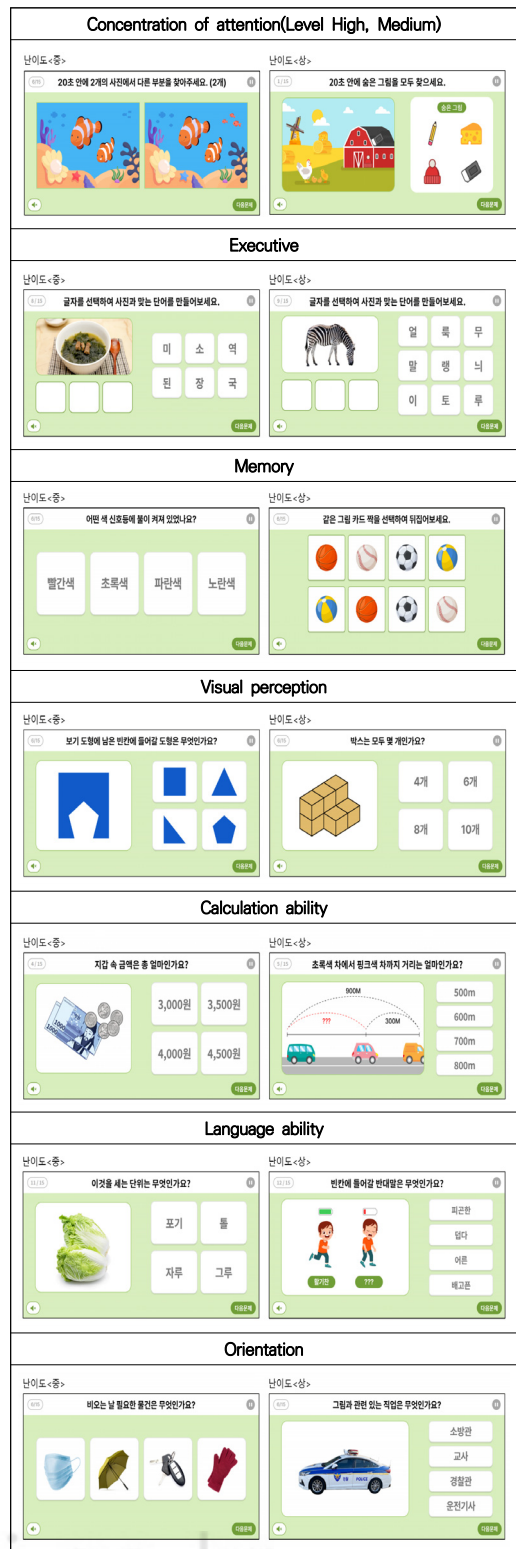
인공지능 API 개발시 NVIDIA GeForce RTX 3070 Ti를 활용하였으며, python 3.9.16버전에서 tensorflow 2.8.0를 [Table 2]와 같이 핵심으로 사용하였다.

<Table 2> System development environment

<b>Server environment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OS: Windows 10 Pro</li> <li>- CPU : AMD Ryzen 7 5800X 8-Core Processor 3.80 GHz</li> <li>- GPU : NVIDIA GeForce RTX 3070 Ti</li> <li>- RAM : 64GB</li> <li>- HDD : 500GB</li> </ul>
<b>Development environment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Python 3.9.16</li> <li>tensorflow 2.8.0</li> <li>scikit-learn 1.1.1</li> <li>numpy 1.24.3</li> </ul>

### 4.2 콘텐츠 제작

본 연구에서 사용된 콘텐츠는 클라우드 기반의 웹 플랫폼 배포를 목적으로 디자인되었으며, 선택, 짝맞추기, 게임(마우스 인식, 키보드 인식, 드래그 앤 드롭, 클릭) 총 여섯 종류의 콘텐츠를 제작하였다. 인지재활 훈련용 콘텐츠 7가지 영역(지남력, 기억력, 주의집중력, 계산능력, 시지각능력, 언어능력, 실행능력)의 난이도를 상, 중, 하로 구분하여 콘텐츠를 제작하였고 이를 [그림 8]에 정리하였다.



[Fig. 8] Example of Contents

### 4.3 실험 내용 및 결과

본 연구를 진행하기 위해서는 개발한 인지재활 콘텐츠에 맞춘 개발 데이터가 필요하다. 현 단계에서는 데이터를 확보하기 전 연구기술의 논의를 진행중에 있으며, 이로 인해 인공지능의 핵심 문제인 콜드 스타팅에 직면하고 있다. 따라서, AI-hub의 '수학분야 학습자 역량 측정 데이터'를 바탕으로 pre-trained 모델을 1차적으로 개발하였다[15]. 재활학과 교수, 간호학과 교수 등의 전문가 자문을 통해 임의의 생성 데이터를 만들어 테스트를 진행하였다.

그 결과 기존 전산화 인지재활의 단점인 폐쇄적이고 획일화된 전산화 훈련 시스템을, AI 기술을 도입하여 사용자가 훈련량과 훈련 난이도에 따라 맞춤형 훈련 콘텐츠 서비스를 제공할 수 있었으며 [표 3, 4]와 같은 예측 결과를 도출할 수 있었다.

〈Table 3〉 List of Cognitive rehabilitation training contents

Classification	Training/7 area cognitive	Level	Count	Rule of training	Result of training
01-1	Cognitive rehabilitation training Memory of in egg/Memory (Viewing time 3sec)	Mid	10	Random 5	1. executive time 2. executive number 3. rate of success:success Count/(success count +fail count)*100%
02-2	Cognitive rehabilitation training Memory of in egg/Memory (Viewing time 3sec)	High	10	Random 5	1. executive time 2. executive number 3. rate of success:success Count/(success count +fail count)*100%
02-1	Cognitive rehabilitation training Sigle digit calculation/Calculation	Mid	14	Random 7	1. executive time 2. executive number 3. rate:correct/7*100 %
02-2	Cognitive rehabilitation training Double digit calculation/Calculation	High	14	Random 7	1. executive time 2. executive number 3. rate:correct/7*100 %
03-1	Cognitive rehabilitation training Show sign and make the same/ Visual perception	Mid	6	Rnandom	1. executive time 2. executive number 3. rate:correct/5*100 %
03-2	Cognitive rehabilitation training Show sign and make the same/ Visual perception	High	6	Random 5	1. executive time 2. executive number 3. rate:correct/5*100 %
04-1	Cognitive rehabilitation training Catch / Attention	Mid	1	Catch 10	1. executive time 2. catch number(10) 3. rate:10/(in out count)*100%
04-2	Cognitive rehabilitation training Catch / Attention	High	1	Catch 10	1. executive time 2. catch number(10) 3. rate:10/(in out count)*100%
05-1	Cognitive rehabilitation training Listen to instructions, move block / Language	Mid	5	Random 5	1. executive time 2. catch number(10) 3. rate:correct/5*100 %

〈Table 4〉 Classification of areas according to evaluation results

Area classification according to evaluation results					
Code	Area	Test evaluation	Total test evaluation	Base Score	
				High	Medium
R1	Orientation	1 ~ 10	10	10 ~ 6	5 ~ 0
R2	Memory	11, 13	6	6 ~ 4	3 ~ 0
R3	Executive	18, 19	6	6 ~ 4	3 ~ 0
R4	Language	17, 20, 21	5	5 ~ 3	2 ~ 0
R5	Attention	12	5	5 ~ 3	2 ~ 0
R6	Visual perception	14, 15, 16	6	6 ~ 4	3 ~ 0
R7	Calculation ability	12	5	5 ~ 3	2 ~ 0

## 5. 결론

한국은 2025년 65세 이상 노인 인구 비중이 20.3%를 넘어서면서 초고령 사회로 진입을 앞둔 가운데 현재 치매와 경도인지장애 비율이 약 11%를 넘어서고 있어 사회적 준비가 필요하고 치매와 경도인지장애는 치료보다는 예방이 중요하고 꾸준한 관리가 중요하다. 현재 전산화 인지재활 훈련 시스템은 획일화되고, 폐쇄적이다. 일부 온라인 기반으로 서비스가 제공되고 있지만 효율적 서비스를 하기에는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 폐쇄적이고 획일화된 전산화 인지재활 시스템을 인공지능 기술을 활용하여 사용자 효율 증진을 강화하였다. 본 연구의 인공지능기반 전산화 인지재활평가·훈련시스템에서 인지장애 평가는 MMSE-DS 기반으로 8가지 영역으로 평가를 진행하였으며, 훈련은 7가지 영역으로 훈련 난이도를 상, 중, 하로 분류하여 콘텐츠를 제공하였다. 인지재활 훈련의 효율 증진을 위해 인공지능 기술로 딥러닝 기반 DKT와 강화학습 기반 MDP 기술을 적용하였다. 딥러닝 기반 DKT는 획일화된 전산화 인지재활 훈련을 개인 맞춤형으로 학습자의 학습 수준 및 문제 풀이 이력 데이터를 활용하여 학습자의 지식 습득 상태를 모델링하여 모델의 학습 결과를 반영하여 현재까지 환자들의 훈련 이력을 기반으로 개인 맞춤형 효율적 MDP 시스템 설계가 가능하게 하였으며 인지재활 훈련 콘텐츠 추천 서비스를 통해 효율성 평가를 실행했다. 특히 Agent, Environment, Sate, Action 그리고 Reward 다섯 가지 요소로 구성하고, 에이전트 환경의 상태(S)를 측정하여 최적의 행동(A)를 선택하고 다음 상태(S')로 이동했을 때 보상(R)을 최대화해 학습한 결과 각 Node에 Reword가 부여되었을 때 가정 최적의 Reword를 얻을 수 있는 Action 과정을

도출할 수 있어 개인 맞춤형 효율적 훈련 콘텐츠를 추천할 수 있었다. 본 연구를 진행하면서 실험실 기반의 정상인과 고령의 지인분들을 통해 테스트를 진행하여 실제 병원이나 요양병원 등 치매나 경도인지장애 환자를 대상으로 할 수 없는 한계점을 가지고 있다. 향후 실제 병원이나 임상 센터를 통해 IRB를 거쳐 필요한 실험 대상자를 식별하여 평가를 시행하여 본 시스템의 효율성 외에도 신뢰도 평가의 인지재활 훈련 실험을 진행하고 실험 참가자의 일반적인 특성으로 빈도분석을 실시하며 평균과 표준편차 기술통계를 확인하여 시스템 효율성과 안전성 검증을 확인해야 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] Seonghun Kim, Woojin Kim, Yeonju Jang and Hyeoncheol Kim, "Development of Explainable AI-Based Learning Support System," The Journal of Korean Association of Computer Education, Vol.24, No.1, pp.107-115, 2021.
- [2] Ye Won Song, A Young Song, Su Jin Kang, Ji Yeon Song, Hu Seon Choi and Byeong Jin Jeon, "The Effect of Computerized Cognition Program (RehaCom) on The Improvement of Cognitive Functions in patients with Schizophrenia," Korean Society of Cognitive Rehabilitation, Vol.4, No.1, pp65-79, 2015.
- [3] Park Heesu, Moon Jong-Hoon and Jeong Byoung Lock, "The Effect of Cog. Dr. on Working Memory in Older Adults with Mild Dementia," RESKO, Vol.13, No.2, pp109-117, 2019.
- [4] Kim, Minho, Jemin Park, and Najung Lee. "The effect of the computer-based cognitive rehabilitation program (CoTras) on the cognitive function and daily living activities of elderly stroke patients." Journal of the Korean Society of Integrative Medicine Vol.8, No.2, pp.121-130, 2020.
- [5] Lee, H. S., and J. L. Hyun. "The Effect of Tablet PC Cognitive Rehabilitation Training Games on the Improvement of Game Performance and Cognitive Ability of Non-Disabled and Intellectual Disability Children and Analysis of User Effectiveness." Journal of Intellectual Disabilities Vol.22, No.3, pp. 1-27, 2020.
- [6] Ahn, S. J., M. K. Lee, and H. Lee. "The effects of cognitive rehabilitation program developed by process-specific approach for chronic schizophrenics." Korean Journal of Clinical Psychology Vol.21, No.1, pp.13-28, 2022.
- [7] Almond, Russell G., et al. "Modeling diagnostic assessments with Bayesian networks." Journal of Educational Measurement Vol.44, No.4, pp.341-359, 2007.
- [8] Kwon, Young Chul. "Korean version of mini-mental state examination (MMSE-K)." J Korean Neurol Association, Vol.28, No.1, pp.123-135, 1989.
- [9] HAN, Ji-Won, et al. "A normative study of the Mini-Mental State Examination for Dementia Screening (MMSE-DS) and its short form (SMMSE-DS) in the Korean elderly." Journal of Korean Geriatric Psychiatry, Vol.14, No1, pp.27-37, 2010.
- [10] Piech, Chris, et al. "Deep knowledge tracing." Advances in neural information processing systems, Vol.28, No.1, pp.1-9, 2015.
- [11] Corbett, Albert T., and John R. Anderson. "Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge." User modeling and user-adapted interaction, Vol.4, No.1, pp.253-278, 1994.
- [12] Kim, S., et al. "Development of Explainable AI-Based Learning Support System." The Journal of Korean Association of Computer Education, Vol.24, No.1, pp.107-115, 2021.
- [13] Puterman, Martin L. "Markov decision processes." Handbooks in operations research and management science, Vol.2, No.1, pp.331-434, 1990.
- [14] Lim, Shiau Hong, Huan Xu, and Shie Mannor. "Reinforcement learning in robust markov decision processes." Advances in Neural Information Processing Systems, Vo.41, No4, pp.1325-1353, 2016.
- [15] <https://www.aihub.or.kr/aihubdata/data/view.do?currMenu=&topMenu=&aihubDataSe=realm&dataSetSn=133>

### 김 흥 중(HongJoong Kim) [정회원]



- 2011년 2월 ~ 2014년 3월 : (재)광주테크노파크 기술지원실장
- 2022년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 2021년 8월 ~ 현재 : ㈜지아이랩 대표

<관심분야>

사물인터넷, 정보통신, 인지재활

### 류 갑 상(Gab-Sang Ryu) [종신회원]



- 1985년 3월 ~ 1996년 2월 : 한국기계연구원, 선임연구원
- 1996년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2020년 1월 ~ 2022년 1월 : 한국소프트웨어품질안전포럼, 의장

<관심분야>

블록체인, SW품질, 정보보호