

# AI 자동 채점 - 기술적 실현 가능성 및 계획

☼ 1열 시작 전

## 1. 모듈 흐름

학생이 답안 이미지 업로드 → 인식 → 문제 유형 및 풀이내용 분석 → 정오답 판정

- **이미지 전처리 모듈 - AI 이미지인식의 정확도를 향상시키기 위한 단계**

- 밝기 조정, 대비 조절, 기울기 보정 수행
- OpenCV의 *Perspective Transform*을 활용해 촬영 각도 수정
- 이미지 크기 정규화(예: 224×224 픽셀, RGB 범위 0~1)
- AI가 인식 가능한 텐서 형식으로 변환

- **텍스트 인식 모듈 (OCR)**

- PaddleOCR 또는 EasyOCR을 사용해 글자 및 수식 인식
- 수식 영역은 LaTeX-OCR로 정밀 인식
- 결과를 JSON 구조로 저장

- **문제 유형 및 학습 내용 분류 모듈**

- NLP 기반 문장 분류 모델(KoBERT, KLUE-RoBERTa 등) 활용
- 문제 유형(객관식·단답형·서술형) 자동 분류
- 학습 단원 자동 식별

- **수학적 연산 모듈**

- SymPy → 수식 동치성 판정 및 계산 오류 탐지
- 논리 추론이 필요한 서술형은 GPT-4o, InternVL 등 LLM 활용
- LLM을 통해 논리 오류 검증 및 오답 원인 요약

- **채점 및 결과 생성 모듈**

- 정답키 기반 객관식 채점 + SymPy 연산 결과 결합
- AI의 확신 정도를 \*\*신뢰도(Confidence Score)\*\*로 수치화(0~100%)
- 최종 평가 결과 산출

#### • 누적 통계 데이터 모듈

- AI 채점 결과와 교사 검증 데이터를 함께 저장
- 일치율(Consistency Rate) 지속 계산 및 통계화
- 누적 데이터 기반 모델 재학습 진행 → 기여 포인트 제공으로 구독료 부담 인하?
- 시간이 지남에 따라 AI 채점 정확도와 신뢰도 향상

## 2. 기술적 핵심 구조와 각각에 사용되는 핵심 알고리즘

모듈	사용 기술 / 알고리즘	주요 역할
이미지 전처리	OpenCV (perspective transform, thresholding)	사진의 밝기, 기울기, 대비 보정
텍스트 인식(OCR)	PaddleOCR / EasyOCR / LaTeX-OCR	글자 및 수식 인식, 텍스트 변환
문제 유형 분류	KoBERT / KLUE-RoBERTa (문장 분류)	객관식/단답형/서술형 구분 및 학습 단위 분류
수학 연산 검증	SymPy (symbolic reasoning)	수식의 동치성 판단 및 계산 오류 탐지
의미 분석 / 유사도 계산	Sentence Embedding + Cosine Similarity	문제와 해설의 의미적 유사도 분석
오답 유형 분류	LightGBM / SVM / Rule-based Classifier	개념오류, 계산오류, 단위누락 등 오류 유형 분류
LLM 보조 추론	GPT-4o / InternVL (멀티모달 LLM)	서술형 논리 오류 판단, 자연어 해설 생성
신뢰도 계산	확률 가중합 (OCR·Matching·LLM 결과 통합)	AI 판단 확신도(%) 산출
리포트 생성	pandas + ReportLab / WeasyPrint	채점 결과를 시각화하여 PDF 리포트로 출력
데이터 관리	PostgreSQL + MLflow	교사 검증 데이터 저장 및 재학습 관리

## 3. 실현 가능성



한국 교육평가연구소의 2024년 학술 연구에서 국어, 영어, 과학, 사회 등의 과목에서 **인공지능의 자동채점 기술은 이미 상용화 수준임**을 확인했다. 이 기능의 핵심 난제는 수학 문제에서 나타나는 **기호·수식·논리의 복합성**이다.

이에 본 시스템은 완전한 자동화 대신, 규칙 기반 채점과 AI 보조 추론을 결합한 **하이브리드 구조**로 접근한다.

- **수식 검증 단계 (즉시 구현 가능)** : 웹 입력형 과제에서 객관식·단답형 자동채점 및 SymPy 기반 수식 검증
- **NLP 기반 인식 단계 (4주 내 PoC 가능)** : OpenCV를 이용한 OMR 기반 객관식 사진 채점 및 NLP 문제 분류기 적용
- **논리 판단 단계 (고도화 단계)** : 멀티모달 LLM을 이용한 서술형 논리 판단과 자연어 피드백 생성

해당 기술들은 모두 오픈소스 라이브러리와 공개 API를 활용할 수 있어, 초기 개발비 부담이 낮고 실제 구현 가능성이 높다.

## 4. 신뢰 확보

AI의 채점 결과를 단순한 정오 판단이 아니라, **\*\*신뢰도(Confidence Score)\*\***로 함께 표시

### 정확도 데이터 축적 방법

- 각 모듈에서 산출된 확률값을 종합
- "이 답변이 정답일 확률"을 0~100% 사이의 수치로 표현

▼ 예

OCR 인식 신뢰도 0.9, 수식 검증 신뢰도 0.95, LLM 추론 신뢰도 0.8인 경우

$0.4 \times 0.9 + 0.3 \times 0.95 + 0.3 \times 0.8 = 0.875$ , 즉 87.5%의 신뢰도를 산출한다.

- 교사가 이후 **결과를 검토·승인**하면 시스템은 실제 일치율(Accuracy)과 비교
- AI의 예측 정확도를 주기적으로 재산출

이를 **\*\*AI-교사 일치율(Consistency Rate)\*\***로 관리하며, 일정 데이터가 축적되면 모델을 재학습시켜 AI의 채점 능력이 점진적으로 향상된다.

이와 같은 확률 기반 신뢰도 표현과 교사 검증 통계의 결합은 AI 판단의 불확실성을 투명하게 관리하고, 교육 서비스로서의 윤리성과 신뢰성을 확보할 수 있는 방법이다.

## 5. 용어 및 사용 기술, 알고리즘 설명 및 정리

- **OpenCV (Open Source Computer Vision Library)**

이미지 전처리를 위한 오픈소스 라이브러리.

밝기·대비 조정, 기울기 보정, 윤곽선 검출 등 다양한 영상 처리 기능을 제공하며, AI가 이미지를 보다 정확히 인식하도록 도와준다.

- **Perspective Transform (투시 변환)**

사진을 정면에서 찍은 것처럼 보정하는 기법.

시험지나 답안지의 촬영 각도를 자동으로 교정해

OCR 인식률을 향상시킨다.

- **OCR (Optical Character Recognition)**

이미지 속 글자를 인식해 텍스트로 변환하는 기술.

PaddleOCR과 EasyOCR은 한글, 영어, 수학식 등 다양한 문자 구조를 높은 정확도로 인식할 수 있다.

- **LaTeX-OCR**

수학 기호나 방정식 같은 복잡한 수식을

LaTeX 형태의 텍스트로 변환해주는 OCR 모델.

일반 글자 인식보다 수학 문제 채점에 적합하다.

- **NLP (Natural Language Processing)**

사람의 언어를 이해하고 분류하는 인공지능 기술.

문제 문장을 분석해 과목, 단원, 문제 유형을 자동 분류하는 데 활용된다.

- **KoBERT / KLUE-RoBERTa**

한국어 문장을 이해하고 분류하는 데 특화된 딥러닝 언어 모델.

문제 텍스트를 입력받아 “객관식/단답형/서술형”과 같은 유형을 자동으로 식별한다.

- **SymPy (Symbolic Python)**

파이썬 기반의 수학 기호 연산 엔진.

두 수식이 같은 의미인지(동치성)를 검증하고

계산 과정에서의 실수나 단위 오류를 탐지한다.

---

- **Sentence Embedding (문장 임베딩)**

문장이나 단어를 숫자 벡터 형태로 표현하는 기술.

의미적으로 비슷한 문장은 벡터 공간에서 가까운 위치를 갖게 되어

문제와 해설의 의미적 유사도를 계산할 수 있다.

---

- **Cosine Similarity (코사인 유사도)**

두 벡터가 얼마나 유사한 방향을 갖는지를 측정하는 수학적 지표.

임베딩된 문장 간의 의미적 유사도를 계산해

문제 유형 분류나 정답 판단의 근거로 활용된다.

---

- **LightGBM / SVM (Support Vector Machine)**

분류 및 예측 모델로, 오답 유형(개념오류, 계산오류 등)을 자동으로 구분하는 데 사용된다.

LightGBM은 빠르고 효율적인 결정트리 기반 알고리즘이며,

SVM은 데이터 간 경계를 수학적으로 찾아내는 고전적 분류기이다.

---

- **LLM (Large Language Model)**

대규모 텍스트 데이터를 학습하여 문맥을 이해하고 문장을 생성하는 AI 모델.

GPT-4o, InternVL 등의 모델을 사용해 서술형 논리 판단과 해설 문장을 자동으로 생성한다.

---

- **Confidence Score (신뢰도)**

AI가 자신이 내린 판단에 대해 얼마나 확신하는지를 0~100%로 표현한 수치.

OCR 인식률, 수식 검증 정확도, LLM 추론 결과를 종합하여 계산된다.

---

- **Consistency Rate (일치율)**

AI 채점 결과와 교사 검토 결과가 동일한 비율을 의미한다.

AI의 채점 신뢰도를 객관적으로 평가하고 개선 추세를 모니터링하는 지표이다.

---

- **Hybrid AI Structure (하이브리드 인공지능 구조)**

규칙 기반 채점, 수식 연산, 언어 모델 추론을 결합한 통합형 인공지능 시스템.

완전 자동화 대신, 교사 검증과 데이터 피드백을 통해

정확도와 신뢰도를 지속적으로 개선한다.

---

- **MLflow / PostgreSQL**

AI 모델의 학습 결과와 버전을 관리하고,

교사 검증 데이터를 안정적으로 저장·조회하기 위한 백엔드 기술 스택이다.

---

이 기술 조합을 통해 시스템은 단순한 채점 자동화를 넘어,

정확도·투명성·지속적 개선이 가능한 **데이터 기반 학습 평가 구조**를 실현한다.