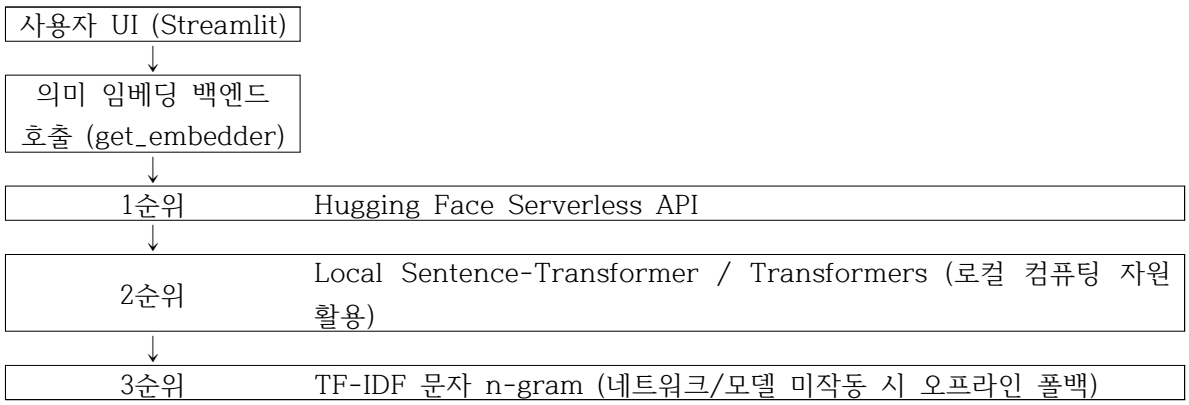
## 붙임 1 프로그램 설명서

### ❑ 프로그램 개발 현황 (제목 변경 가능)

○ 사용 기술 (휴먼명조 15)

- 개발언어 및 개발도구: Python 3.10+
- 웹 프레임워크: Streamlit
- 데이터베이스: SQLite 3
- 형태소 분석 및 NLP 라이브러리: KoNLPy (Okt), Scikit-learn, Sentence-Transformers, PyTorch
- 개발 환경 (IDE): PyCharm / VS Code
- 버전 관리 및 배포: Git, GitHub Repository, Streamlit Community Cloud
- 프로그램 구성 및 아키텍처




1. 사용자 인터페이스 (Frontend / App Layer)

- Streamlit 기반 반응형 웹 UI 구성 (채점 관리, DB 설정, 환경 및 모니터링 탭)
- @st.cache_resource 데코레이터 적용을 통한 임베딩 모델 및 DB 연결 객체 캐싱 관리

2. 텍스트 분석 및 데이터 처리 (NLP Layer)

- 형태소 분석: KoNLPy(Okt)를 활용하여 한국어 답안의 정제 및 형태소 단위 분석
- 의미 유사도 계산: ko-sroberta-multitask 모델을 통한 모범 답안과 학생 답안 간 코사인 유사도(Cosine Similarity) 측정

3. 데이터 저장소

- SQLite 기반 단일 파일 데이터베이스(grading_data.db)에 학생별 제출 답안, 채점 점수, 가명화 처리 이력 저장

## - 실행환경 및 실행방법

1. 사용자 인터페이스 클라우드 실행 환경 (Streamlit Community Cloud)

- 배포 URL:[https://grading-app-lsj.streamlit.app/](https://grading-app-lsj.streamlit.app/)

## - 입력·출력 파일 형식

| 구분 | 파일 데이터 양식 | 상세 설명 |
|---|---|---|
| 입력 | 자연어 | 학생 명단, 모범 답안, 학생 제출 주관식 답안 데이터 |
| 출력 | CSV / XLSX(나이스 업로드용) | 채점 결과 리포트 (유사도 점수, 최종 배점, 가명화 여부 포함) 다운로드 |

## - 주요 오류 발생 시 조치 방법

| 발생 오류 | 원인 | 조치 방법 |
|---|---|---|
| HTTP 403 Permission Error | Hugging Face Access Token 권한 부족 또는 유효기간 만료 | Hugging Face Token 설정에서 Read 권한으로 새 토큰 재발급 후 Streamlit Secrets의 HF_TOKEN 값 업데이트 |
| OSError / NameResolutionError | 외부 API 네트워크 접속 불량 또는 URL 동결 | 내부 예외 처리 로직에 의해 자동으로 3순위 TF-IDF 오프라인 폴백 모드로 전환되어 서비스 연속성 유지 |

## - 향후 수정이 필요한 주요 설정값

1. Hugging Face API 토큰 및 엔드포인트 URL

- Secrets Key: st.secrets["HF_TOKEN"]
- API Router URL: [https://router.huggingface.co/hf-inference/models/jhgan/ko-sroberta-multitask/pipeline/feature-extraction](https://router.huggingface.co/hf-inference/models/jhgan/ko-sroberta-multitask/pipeline/feature-extraction)

## - 프로그램에서 사용하는 외부 시스템 또는 기능

1. Hugging Face Serverless Inference API:

- 무거운 ML 모델을 클라우드 앱 서버 RAM에 직접 올리지 않고 API 요청 방식으로 처리하여 서버 안정성 확보

## - 외부 라이브러리 · 모듈 및 라이선스 :

| 라이브러리 / 모듈명 | 용도 및 기능 | 라이선스 |
|---|---|---|
| Streamlit | 대화형 웹 인터페이스 구축 | Apache License 2.0 |
| Sentence-Transformers | 문장 단위 벡터 임베딩 추출 | Apache License 2.0 |
| KoNLPy (Okt) | 한국어 형태소 분석 및 토큰화 | GNU GPL v3 |
| Scikit-Learn | TF-IDF 코사인 유사도 계산 및 벡터 처리 | BSD 3-Clause |
| PyTorch | 딥러닝 텐서 연산 프레임워크 | BSD-style License |
| jhgan/ko-sroberta-multitask | 한국어 문장 의미 분석 프리트레인 모델 | Apache License 2.0 |

- 개인정보 관리 및 보안 처리

1. 학생 성명 가명화 기능: DB 저장 및 채점 리포트 출력 시 개인정보 보호를 위해 학생명을 학생01, 학생02 형태의 식별 코드로 무작위 가명화 변환 가능
2. 데이터 이력 삭제 기능: 시스템 점검 및 평가 종료 후 DB 이력을 일괄 초기화할 수 있는 안전 관리 기능 수록.

## ○ 프로그램 간단 설명서

- 본 프로그램은 웹 기반(Streamlit)으로 구축되어 웹 클라우드 즉시 접속을 통해 별도의 설치 과정 없이 웹 브라우저에서 바로 심사하실 수 있습니다.

1. 프로그램 개요
   - 프로그램명: AI 기반 하이브리드 주관식 자동 채점 시스템
   - 주요 용도: 한국어 주관식 및 서술형 답안을 모범 답안과 비교하여 AI 기반 의미 유사도(ko-sroberta) 및 형태소 분석(KoNLPy)을 통해 자동 채점하는 교육용 평가 도구
   - 핵심 특징:
     ① 하이브리드 백엔드: 클라우드 서버 자원 한계를 극복하기 위한 3단계 폴백 구조 (1순위: Hugging Face API →2순위: 로컬 Transformer → 3순위: TF-IDF)
     ② 개인정보 보호: 평가 대상 학생 성명 무작위 가명화(학생01, 학생02) 기능 탑재
     ③ 웹 기반 반응형 UI: 별도 프로그램 설치 없이 즉시 채점 및 리포트 출력
2. 설치 및 실행 방법:
   - 웹 클라우드 즉시 접속
     ① 인터넷이 연결된 PC/모바일 웹 브라우저(Chrome, Edge 등)를 열어줍니다.
     ② 아래 배포 URL에 접속합니다.
       - 웹 배포 주소: [https://grading-app-lsj.streamlit.app/](https://grading-app-lsj.streamlit.app/)
     ③ 접속 즉시 서버리스 클라우드 환경에서 모든 채점 기능을 바로 시험해 보실 수 있습니다.

## 3. 주요 기능 설명

| 구분 | 주요 기능 | 세부 설명 |
|---|---|---|
| ① AI 의미 채점 | 대화형 웹 인터페이스 구축 | 단순 키워드 일치가 아닌 문장의 맥락과 의미를 파악하여 모범 답안과의 코사인 유사도 점수 산출 |
| ② 형태소 분석 | 문장 단위 벡터 임베딩 추출 | 한국어 명사, 형용사, 동사를 추출하여 주요 핵심 키워드 포함 여부 검증 |
| ③ 가명화 및 보안 | 한국어 형태소 분석 및 토큰화 | DB 저장 및 리포트 생성 시 개인정보 보호를 위해 학생01, 학생02 형식으로 가명 변환 |
| ④ 데이터 출력 | Excel / CSV 변환 | 학생 명단 및 제출 답안 일괄 업로드, 채점 결과 표 및 다운로드 기능 제공 |
| ⑤ 시스템 모니터링 | 상태 점검 및 리셋 | 백엔드 모델 동작 상태, DB 이력 관리, 캐시 초기화 및 시스템 재로드 지원 |

## 4. 심사위원 평가 매뉴얼 (사용 순서)

- 1단계: 시스템 동작 상태 확인

① 상단 메뉴 중 [④ 환경 및 모니터링] 탭으로 이동합니다.

② 의미 벡터 백엔드 항목에 초록색 상자로 ko-sroberta (Hugging Face API) 가 정상 가동 중인지 확인합니다.

- 2단계: 문제 출제, 모범 답안 및 채점 기준 설정

① [① 채점 기준 및 답안 설정] 탭으로 이동합니다.

② 문제를 출제하고, 채점할 문제의 모범 답안과 배점, 유사도 반영 비율을 입력합니다. (기본 샘플 데이터 활용 기본 기능 습득 가능)

- 3단계: 답안 제출 및 자동 채점 실행

① [② 주관식 자동 채점] 탭으로 이동합니다

② 학생 입력창을 배포하고 화면에 나타난 QR 코드로 접속합니다. 입력창에 직접 테스트 답안을 작성합니다.

③ 자동 채점 실행 버튼을 클릭하면 AI 알고리즘이 실시간으로 유사도를 계산하여 점수를 산출합니다.

- 4단계:결과 검토 및 데이터 다운로드

① [③ 채점 리포트 및 개인정보 관리] 탭으로 이동합니다.

② 산출된 학생별 채점 결과 점수와 상세 유사도 그래프를 검토합니다.

③ 필요 시 이름 가명화 버튼을 눌러 비식별화 처리를 적용한 후, 채점 결과 Excel 다운로드를 받아 결과물을 검증합니다.

⑦ ❑ 현행 업무 및 개선 내용

○ 현행 업무 방식

- **2022 개정 교육과정의 서·논술형 평가 확대 요구**: 2022 개정 교육과정이 지향하는 '깊이 있는 학습'과 '비판적·창의적 사고력 함양'을 위해 학교 현장에서 서·논술형 및 수행평가의 비중이 대폭 확대되고 있음.
- **키워드 중심 채점의 한계**: 기존 서술형 자동 채점 방식은 특정 단어의 포함 여부를 확인하는 '키워드 매칭'에 의존하고 있어 채점 타당도가 저하되는 문제점이 있음.
- **부정어 및 유의어 인식 오류**: 기존 규칙기반 AI 채점기는 학생 답안에 포함된 부정어(예: '~가 아니다', '~할 수 없다')를 정답 키워드로 오인하거나, 동의어·유의어로 작성된 정답을 키워드 미일치로 간주하여 오채점이 발생하는 한계가 존재함.
- **수동 채점으로 인한 과도한 교원 업무 부담**: 학생 한 명 한 명의 서술형 답안을 교사가 직접 읽고 개별 채점하는 기존 방식은 기존 선다형/단답형 대비 수십 배 이상의 시간과 피로도를 요함.
- **채점 공정성 및 일관성 유지의 한계**: 대규모 학급/학년 단위 채점 시 채점자의 주관이나 장시간 채점에 따른 피로도에 의해 동일한 기준 적용 시 미세한 편차가 발생할 위험 존재.
- **학습 피드백 제공 지연**: 채점 소요 시간이 길어짐에 따라 평가 후 학생에게 신속한 진단 및 맞춤형 피드백(Feedback)을 제공하기까지 시차가 발생하여 즉각적인 학습 보완이 어려움.
- **개인정보 보호 부담**: 채점 및 성적 관리 과정에서 학생 성명이 그대로 노출되어 평가 편향 우려 및 데이터 보관 시 보안 관리의 어려움 발생.

○ 업무자동화 프로그램을 이용하여 개선된 방식 (휴먼명조 15)

1. 상세 내용

- **2022 개정 교육과정 맞춤형 AI 채점 도입**: 단순 키워드 매칭을 넘어 모범 답안과 학생 답안 간의 맥락 및 의미 유사도(ko-sroberta)를 AI가 자동 분석하여 서·논술형 정답을 정밀 산출.
- **의미 거리 측정 알고리즘 도입**: 단순 단어 일치 여부를 넘어, 모범 답안과 학생 답안 간의 문맥적 유사도를 분석하는 '의미 거리 측정' 방식을 적용
- **문맥 기반 평가를 통한 채점 타당도 제고**: 부정어로 인한 의미 반전과 다채로운 유의어 표현을 정확히 감지·평가함으로써 키워드 채점의 한계를 극복하고 서술형 평가의 타당도를 대폭 향상.

- **형태소 분석 기반의 2중 검증**: KoNLPy(Okt) 형태소 분석기를 결합하여 문장 내 핵심 개념어(명사, 형용사 등) 포함 여부를 동시 검증함으로써 채점 정확도 극대화.
- **클라우드 기반 하이브리드 채점 인프라 구축**: 3단계 백엔드 자동 전환 구조(Hugging Face API → 로컬 Transformer → TF-IDF)를 적용하여 서버 용량 제한(OOM) 없이 24시간 안정적인 자동 채점 환경 유지.
- **일괄 데이터 입출력 및 자동 리포팅**: Excel/CSV 파일 업로드를 통해 수십~수백 명의 답안을 단 몇 초 만에 채점하고, 유사도 분포 및 정답률 분석 리포트를 자동으로 생성.
- **개인정보 자동 가명화 보안 관리**: DB 저장 및 채점 결과 출력 시 학생 성명을 학생01, 학생02 형태의 식별 코드로 무작위 가명 처리하여 공정 평가 및 개인정보 보호 강화

2. 기대 효과 (프로그램 사용 후 효과 및 편리성)

- **교원 업무 경감 및 교육 질 향상**: 서・논술형 채점에 소요되던 시간을 80% 이상 단축하여, 교사가 채점 부담에서 벗어나 수업 연구 및 개별 학생 맞춤형 지도에 집중할 수 있는 환경 조성.
- **채점 공정성 및 신뢰성 제고**: 표면적 단어가 아닌 문장의 본질적 의미를 평가하여 교원・학생 모두가 납득할 수 있는 채점 결과를 제공합니다.
- **평가 객관성 및 신뢰도 확보**: AI 알고리즘에 기반한 일관된 채점 기준 적용으로 교사 간/문항 간 평가 편차를 최소화하고 공정성 제고.
- **신속한 맞춤형 진단 피드백**: 채점 즉시 유사도 점수와 정답 요소 분석 결과가 산출되므로 평가 직후 학생별 약점을 진단하고 실시간 환류 교육 가능.
- **2022 개정 교육과정 평가 혁신의 현장 안착**: 채점 과중으로 인해 서・논술형 평가 도입을 주저하던 현장 교사들에게 실질적인 업무 자동화 도구를 제공함으로써 신교육과정의 성취기준 평가제 안정적 정착 기여.