

2022 개정 교육과정 기반 초등학생 맞춤형

AI 학습 로드맵 생성 시스템 설계

(Design of an AI-Driven Personalized Learning Roadmap Generation System for Elementary Students Based on the 2022 Revised National Curriculum)

이해인*

(Haein Lee)

요약

본 연구는 2022 개정 교육과정의 성취 기준을 기반으로, 초등학생의 개인별 학습 특성과 목표를 반영해 자동으로 학습 로드맵을 생성하는 인공지능 시스템을 설계하는 데 목적이 있다. 기존 학습 자료가 학생 간 차이를 충분히 반영하지 못하는 한계를 보완하기 위해, 학습자 특성 분석, 성취 기준 구조화, 학습 계획 생성, 문제 및 탐구 활동 구성, 정서적 피드백 제공을 하나의 흐름으로 통합한 구조를 제안하였다. 시스템은 학습자의 자신감, 학습 양식, 문제 해결 경향 등을 분석해 경향을 조정하고, 성취 기준에서 도출한 핵심 개념을 통해 학습-복습-재확인 구조를 자동 구성한다. 생성되는 문제와 탐구 활동은 목표 수준과 탐구 성향을 반영하며, 정서적 피드백은 학습 지속을 지원하도록 개인화된다. 연구는 성취 기준 중심의 개별화 학습 환경을 구현할 수 있는 가능성을 제시한다.

■ **중심어** : 초등교육 ; 2022 개정 교육과정 ; 성취 기준 ; 맞춤형 학습 ; 학습 로드맵

Abstract

This study aims to design an AI-driven system that automatically generates personalized learning roadmaps for elementary students based on the achievement standards of the 2022 Revised National Curriculum. To address the limitations of traditional learning materials that fail to accommodate diverse learner characteristics, the proposed system integrates learner-profile analysis, achievement-standard structuring, learning-plan generation, problem and inquiry-activity construction, and personalized feedback into a unified workflow. The system interprets learner attributes—such as confidence level, learning style, and problem-solving tendencies—to adjust task difficulty and sequencing. It also extracts core concepts embedded in achievement standards to construct structured learning - review - reinforcement cycles. The generated problems and inquiry activities reflect both target proficiency levels and the learner's inquiry disposition, while the personalized feedback component supports sustained engagement. This study demonstrates the potential of achievement-standard-driven individualized learning environments supported by AI-based automation.

■ **keywords** : Elementary Education ; 2022 Revised National Curriculum ; Achievement Standards ; Personalized Learning ; Learning Roadmap

I. 서론

1. 연구 배경

2022 개정 교육과정은 학생 개인의 특성을 반영하는 맞춤형 학습을 핵심 가치로 제시하고 있다[1]. 그러나 실제 학교 현장에서는 학습자의 성향·학습 자신감·문제 해결 방식·선호 학습 양식 등 다양한 개인차를 체계적으로 반영하여 학습

* 정회원, 충남도립대학교 컴퓨터공학과

로드맵을 설계하기 어렵다. 교사는 많은 학생을 동시에 지도해야 하므로 개별 맞춤형 계획을 지속적으로 제공하기에는 시간적·행정적 한계가 존재한다.

최근 생성형 인공지능 기술의 발달은 이러한 문제를 해결할 수 있는 새로운 가능성을 제시한다[2]. 특히 학습자의 행동적·정서적·인지적 특성을 반영하여 학습 계획, 문제, 탐구 활동 등을 자동으로 생성하는 기술은 교육 현장에서의 개별화 학습 실현을 크게 앞당길 수 있다. 이에 따라 초등학생을 대상으로 한 자동 학습 로드맵 생성 시스템 개발의 필요성이 대두되고 있다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 초등학생의 학습 특성과 교육과정 성취 기준을 기반으로 개인 맞춤형 학습 로드맵을 자동 생성하는 시스템을 설계·구현하고 그 적용 가능성을 검증하는 것이다.

이를 위해 학습자 정보를 구조적으로 해석하는 규칙 기반 처리, 성취 기준의 의미 분석, 생성형 모델과 규칙 기반 검증을 결합한 하이브리드 생성 구조를 설계하였다. 최종적으로는 학습 계획, 문제, 실생활 탐구, 정서적 피드백을 포함한 일관된 학습 로드맵을 생성하는 프로토타입 시스템 개발을 목표로 한다.

3. 연구 범위 및 논문의 구성

본 연구는 초등 교육과정의 성취 기준을 대상으로 하며, 학습자 정보 입력부터 로드맵 출력까지의 전체 시스템을 다룬다. 논문의 구성은 다음과 같다.

제2장에서는 이 연구가 기반하고 있는 기존 문헌과 기술적 배경을 검토한다.

제3장에서는 제안된 시스템의 전체 설계, 입력 해석 구조, 콘텐츠 생성 조건을 제시한다.

제4장에서는 설계된 구조가 실제 시스템으로 구현되는 과정을 설명한다.

제5장에서는 실제 성취 기준을 입력하여 생성된 결과를 사례 분석 형태로 제시한다.

제6장에서는 연구의 결론과 시사점을 제시한다.

II. 선행연구

1. 개별화 학습의 이론적 기반

개별화 학습은 학습자의 능력, 성향, 흥미, 학습 속도 등을 반영하여 최적화된 학습 경험을 제공하는 교육 방식으로, 2022 개정 교육과정에서도 핵심 원리로 강조되고 있다[1]. 초등학생은 인지 발달, 정서적 안정, 학습 동기 측면에서 개인차가 크게 나타나므로, 이러한 특성을 반영한 맞춤형 학습 지원이 필요하다.

특히 학습 자신감, 선호 학습 양식, 문제 해결 방식, 과제 수행 습관 등은 학습자가 어떤 방식으로 학습 내용을 받아들이고 유지하는지에 직접적인 영향을 미친다. 기존 연구에서는 이러한 개인차를 반영할 때 학습 참여도와 성취도가 향상된다고 보고하고 있으며, 이를 위해 기계적으로 동일한 과제를 제시하는 것이 아니라 학습자의 특성과 목표에 적합한 학습 흐름을 제시하는 것이 중요하다고 강조한다.

이러한 관점에서 본 연구의 시스템은 학습자 데이터를 단순 참고 요소로 사용하는 것이 아니라, 학습 과정 전반을 구성하는 핵심 변인으로서 적극적으로 반영한다는 특징이 있다.

2. 생성형 AI와 규칙 기반 처리의 교육적 활용

최근 생성형 인공지능 기술의 발전은 교육 분야에서 개별화 학습을 실현할 수 있는 새로운 도구로 주목받고 있다. 대규모 언어 모델(LLM)은 학습자의 수준과 맥락을 고려한 설명, 문제, 요약 등을 생성할 수 있어 교사 업무 경감과 학생 맞춤 지원에 활용되고 있다[2]. 그러나 모델이 생성

한 결과는 일관성을 유지하지 못하거나 교육적 제한을 벗어나는 경우가 있어 그대로 적용하기 어렵다는 한계도 존재한다[3].

이 문제를 해결하기 위해 규칙 기반 처리와 생성형 모델을 결합한 하이브리드 접근이 강조되고 있다. 규칙 기반 처리는 교육과정 구조, 금지 표현, 날짜 배치 규칙 등 모델이 반드시 따라야 할 기준을 제공하고, 생성형 모델은 학습자의 특성과 성취 기준에 맞춘 구체적인 콘텐츠를 생성하는 역할을 수행한다.

본 연구 또한 이러한 하이브리드 접근을 채택하여, 생성형 모델의 유연성과 규칙 기반 처리의 안정성을 결합한 구조를 설계·구현하였다.

3. 학습 로드맵 자동 생성 연구 동향

학습 로드맵을 자동으로 생성하려는 시도는 다양한 형태로 이루어져 왔다. 대표적으로 학습자의 수준이나 성취 데이터를 분석하여 추천 학습 경로를 제시하는 시스템, 문제 풀이 기록을 분석하여 다음 단계의 학습 과제를 추천하는 시스템 등이 보고되고 있다. 그러나 기존 연구는 중·고 등 학습자 또는 온라인 플랫폼 기반 구조에 편중되어 있으며, 초등학생처럼 정서적·행동적 요인이 중요한 학습자 특성을 충분히 반영하지 못하는 경우가 많다.

또한 대부분의 자동 생성 시스템은 학습 계획 또는 문제 생성 중 하나의 기능에 집중하는 경향이 있으며, 여러 콘텐츠(학습 계획 - 문제 - 탐구 - 피드백)를 하나의 흐름으로 통합적으로 제공하는 연구는 제한적이다.

본 연구는 학습자의 성향을 세밀하게 반영하고, 성취 기준을 중심으로 다양한 학습 콘텐츠를 일관된 구조로 자동 생성한다는 점에서 기존 연구와 차별성을 가진다. 특히 초등 학습자에게 필요한 정서적 피드백까지 포함하여 학습 경험 전체를 지원하는 통합형 모델을 제안한다는 점에서 의미가 있다.

III. 시스템 설계

본 장에서는 제안된 초등학생 맞춤형 학습 로드맵 생성 시스템의 설계 원리를 설명한다. 시스템은 학습자 정보와 교과 성취 기준을 구조적으로 해석하여 학습 계획, 문제, 실생활 탐구 활동, 정서적 피드백을 자동으로 생성하는 구조를 갖는다. 전체 설계는 규칙 기반 처리와 생성형 인공지능이 상호 보완적으로 작동하는 방식으로 통합되어 있으며, 입력 수집에서 결과 검증까지의 흐름은 그림. 1에 제시하였다.

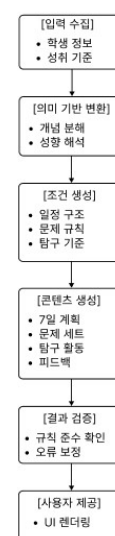


그림 1 학습 로드맵 자동 생성 시스템의 전체 구조

1. 입력 구조 및 의미 기반 해석

시스템의 입력은 학습자 정보와 성취 기준으로 구성된다. 학습자 정보는 학습 자신감, 선호 학습 방식, 학습 목표 유형, 과제 수행 습관, 문제 접근 방식, 탐구 성향, 학습 환경 선호 등으로 이루어져 있으며, 이는 단순 응답값이 아니라 교육적 의미로 재구조화된다. 예를 들어 학습 자신감이 낮은 경우에는 개념 분량을 세분화하고 복습 주기를 촘촘하게 조정하며, 탐구 성향이 높은 경우에는 일정 후반부에 탐구 관련 활동 비중이 증가하도록 설계된다.

이러한 변환은 규칙 기반 해석 절차를 통해 이

시스템의 주요 구현 화면과 단계별 출력 예시는 그림. 3에 제시하였다.



그림 3. 시스템 구현 화면 예시

1. 입력 데이터 처리와 의미 기반 변환

시스템은 웹 기반 인터페이스를 통해 학습자 정보와 성취 기준 정보를 수집하며, 이를 서버에서 구조화된 데이터 형태로 처리한다. 입력 단계에서는 단순히 값을 저장하는 것을 넘어, 각 항목이 교육적으로 어떤 의미를 갖는지를 분석하여 이후 생성 과정에서 활용할 수 있도록 정제한다.

학습자 정보는 학습 자신감, 문제 접근 방식, 선호 학습 양식과 같은 개인 특성이 이후 학습 계획의 난이도 조절, 복습 배치, 문제 구성 방식에 반영될 수 있도록 다층적으로 해석된다. 성취 기준 정보는 문장 그대로 사용되지 않고, 핵심 개념과 요구되는 능력 요소를 추출하는 절차를 거친다. 이 과정은 의미 단위를 분절하고, 개념 간 관계를 분석하여 최종적으로 학습 일정 구성의 기본 요소로 활용할 수 있는 형태로 재구성하는 것을 목표로 한다.

이러한 변환 과정은 생성 단계에서 혼란을 줄이고, 교육적 일관성을 유지하기 위한 핵심 기반을 제공한다.

2. 조건 생성 및 제어 구조 구현

의미 변환이 완료된 정보는 시스템이 콘텐츠를 생성할 때 따라야 할 제약 조건으로 변환된다. 여기에는 학습 일정의 기본 구조, 개념 간 순서, 복습 간격, 문제 유형 구성 방식, 탐구 활동의 단계 구성, 피드백 문제와 표현 방식 등이 포함된다.

조건 생성 모듈은 단순한 양식 제공 역할이 아니라, 생성 과정이 교육적 기준을 충족하도록 제어하는 장치로 기능한다. 예를 들어, 학습 - 복습 - 재복습의 순환 구조나 탐구 활동의 단계성, 문제의 난이도 분포 등은 모두 이 단계에서 정해진 규칙에 의해 결정된다. 주요 조건 항목은 표 3에 요약하였다.

표 3. 콘텐츠 생성 시 적용되는 조건 요소 요약

범주	조건 요소
학습 일정 구조	Day 1 시작, 간격 반복(복습/재복습), 종합 활동 Day 7
문항 구성 원칙	개념-세부-비교 유형 분배, 난이도 상향식 배열
탐구 활동 구조	준비-절차-정리-확장 단계 유지
피드백 표현	과장 금지, 성향 기반 조언, 문제 통일(~해요)
교육적 제약	금지 어휘, 문항 반복 금지, 성취 기준 요소 완전 포함

3. 콘텐츠 생성 모듈 구현

콘텐츠 생성 단계는 앞서 정의된 조건과 의미 변환된 정보를 기반으로 학습 계획, 문제, 탐구 활동, 정서적 피드백을 순차적으로 생성하는 구조를 가진다. 이 과정은 특정 머신러닝 기술명에 의존하도록 기술하지 않고, 자연어 기반 생성 엔진이 규칙 기반 조건을 함께 입력받아 결과물을 도출하는 방식으로 구현되었다.

생성된 초안은 곧바로 사용자에게 제공되지 않는다. 시스템 내부에는 생성 결과를 검토하는 검증 모듈이 포함되어 있으며, 이는 내용의 구조적 일관성, 교육적 타당성, 표현 규약 준수 여부를 평가한다. 검증 결과 조건에 부합하지 않는 경우 자동으로 수정되거나 재생성된다. 이러한 구조는 자연어 생성 기반 시스템의 불확실성을

보완하고, 안정적인 교육 콘텐츠로 제공될 수 있도록 보장하는 역할을 한다.

4. 결과 검증 및 사용자 제공 구조 구현

최종 확정된 콘텐츠는 웹 기반 인터페이스에서 학습자가 쉽게 활용할 수 있도록 시각적으로 재구성된다. 학습 일정은 날짜별 구조를 유지한 형태로 배열되며, 문제와 탐구 활동은 단위별로 정돈된 구조로 제시된다. 정서적 피드백은 학습자의 특성을 반영하면서도 교육적 균형을 유지하는 문체로 나타나도록 구현되어 있다.

검증 모듈은 단순 오류 검출을 넘어서, 생성된 콘텐츠가 교육적 수준과 표현 기준을 충족하는지 판단하는 품질 관리 장치로 기능한다. 이를 통해 실제 활용 가능한 학습 로드맵이 제공되도록 시스템 전체의 신뢰성을 확보하였다.

V. 시스템 적용 사례

본 장에서는 제안된 학습 로드맵 생성 시스템을 초등 과학의 한 성취 기준에 적용하여, 시스템이 산출하는 학습 계획·문항·탐구 활동·정서적 피드백이 교육과정 구조와 학습자의 특성을 어떻게 반영하는지 분석한다. 사례는 학습자 정보 입력, 성취 기준 선택, 학습 계획 생성, 문제 생성, 탐구 활동 구성, 정서적 피드백 제공의 절차로 이루어져 있으며, 이를 통해 시스템의 실제 적용 가능성을 검토하였다.

1. 사례 개요

사례 학습자는 초등학교 고학년을 기준으로 설정하였다. 학습 자신감은 보통 수준이며, 선호 학습 방식은 시각적·언어적 요소가 결합된 형태로 가정하였다. 문제 접근 방식은 스스로 해결하려는 경향이 강한 유형으로 설정하였다.

적용 대상 성취 기준은 과학 교과의 “물질이 물

에 용해되는 양을 비교한다”이며, 목표 성취 수준은 A수준(용해의 의미 이해, 용해량에 영향을 미치는 요인 설명)을 기준으로 분석하였다.

2. 7일 학습 계획 생성 결과

시스템은 성취 기준을 개념 단위로 분해하여 네 개의 학습 축을 도출하였다. 도출된 축은 용해와 용액의 기본 개념, 용질 종류에 따른 용해량 차이, 온도에 따른 용해량 변화, 두 변인을 종합한 비교로 구성되었다. 각 축은 학습자의 성향과 난이도를 고려하여 7일 일정에 배치되며, 활동 제목, 핵심 개념 설명, 소주제, 구체적인 활동이 함께 제시된다.

첫 번째 학습 축에서는 용해·용질·용매·용액의 관계를 도입하고, 용어 반복과 일상 사례 분석, 시각적 개념 정리 등 단계적 활동을 제공하였다. 두 번째 축에서는 용질의 종류에 따른 용해량 차이를 다루며, 생활 속 물질 분류부터 공정한 실험 조건 설계로 확장하도록 구성되었다. 세 번째 축에서는 온도와 용해량의 관계를 다양한 상황에 적용하도록 유도하였으며, 마지막 축에서는 앞선 두 변인을 동시에 고려하는 비교·종합 활동이 배치되었다.

전체 일정은 초기에 기초 개념을 학습하고, 중간 구간에서 반복과 적용 활동을 배치하며, 마지막에 통합 정리를 배치하는 구조를 갖는다. 일정의 구성은 에빙하우스의 간격 반복 원리를 반영하여, 개념이 시기적 분산을 통해 안정적으로 정착되도록 설계되었다[4].

3. 서술형 문제 및 실생활 탐구 과제 생성 결과

문항 생성 모듈은 성취 기준의 의미 요소를 기반으로 개념 중심의 서술형 문제를 자동으로 구성하였다. 실제 결과에서는 용해 개념 확인, 용질·용매 구분, 온도와 용해량의 관계 이해, 용해

한계 인식 등 핵심 내용을 점검하는 일곱 개의 문항이 생성되었다. 각 문항은 짧은 지문과 질문으로 구성되어 있으며, 학생이 상황을 해석하고 개념을 언어적으로 재구성할 수 있도록 설계되었다.

탐구 활동은 ‘무지개 설탕물 탐 쌓기’ 사례로 제시되었다. 활동은 서로 다른 농도의 용액을 층으로 쌓아 용액의 진하기와 밀도 차이를 시각적으로 확인하는 내용으로 구성된다. 절차, 탐구 정리, 확장 탐구가 함께 제시되어 있으며, 탐구 개념이 성취 기준의 요구와 직접적으로 연결되도록 설계되었다. 이는 개념 이해를 실험적 경험과 연계하여 학습의 전이를 강화하는 기능을 수행한다.

4. 정서적 피드백 생성 결과 및 논의

정서적 피드백은 학습자의 성향과 학습 목표를 반영하여 개인화된 형태로 제공되었다. 생성된 피드백은 학습 과정에서 기대되는 변화와 학습자의 강점을 구체적으로 제시하며, 과도한 감정적 표현 없이 학습 지속을 독려하는 어조로 구성되었다.

사례에서는 학습자가 스스로 문제를 해결하려는 경향을 강점으로 제시하고, 개념을 단계적으로 정리할 수 있도록 설계된 학습 계획이 자신감을 회복하는 과정에 도움이 된다는 점을 안내하였다. 또한 탐구 활동 과정에서 나타날 수 있는 호기심과 발견의 가능성을 강조함으로써 학습 동기를 자연스럽게 강화하도록 구성되었다.

5. 사례 분석 요약

적용 사례를 통해 제안된 시스템이 성취 기준을 구조적으로 해석하고, 학습자의 특성을 반영하여 학습 계획·문항·탐구 활동·피드백을 일관성 있게 생성할 수 있음을 확인하였다. 생성된 결과물은 교육과정의 개념 구조를 충실히 반영하였

으며, 학습자의 성향에 따라 일정 배치와 활동 난이도가 조절되는 특징을 보였다. 이러한 분석은 본 시스템이 실제 교육 현장에서 학습 설계 업무를 지원할 수 있는 가능성을 보여준다.

VI. 결론

본 연구는 2022 개정 교육과정의 성취 기준을 기반으로, 초등학생의 개인적 특성과 학습 맥락을 반영한 맞춤형 AI 학습 로드맵 생성 시스템을 설계하고 그 적용 가능성을 검증하였다. 교육과정 문서의 구조적 특징과 학생 정보의 의미적 속성을 결합하여, 학습 계획·문항·탐구 활동·정서적 피드백을 일관된 원리로 생성하는 방식을 제안하였으며, 실제 성취 기준을 대상으로 한 적용 사례 분석을 통해 그 실효성을 확인하였다.

시스템은 성취 기준을 개념 단위로 분해하고, 학습자의 성향과 목표 수준을 해석하여 학습 일정과 활동을 자동으로 구성하는 구조를 갖는다. 적용 사례 분석을 통해, 제안된 방식이 개념 도입 - 반복 - 적용 - 종합이라는 학습 과정을 안정적으로 구현하며, 학습자의 성향에 따라 일정 배치와 과제 유형을 유연하게 조정할 수 있음을 확인하였다. 또한 문항 생성과 탐구 활동이 성취 기준의 의미 요소를 반영하여 상호 보완적으로 작동하며, 정서적 피드백이 학습자의 동기과 지속성을 강화하는 역할을 수행함을 확인하였다. 이는 AI를 활용한 학습 지원 시스템이 단순 콘텐츠 제공을 넘어, 학습 경험 전체를 설계하는 도구로 확장될 수 있음을 시사한다.

그러나 본 연구는 개념적 설계와 적용 사례에 기반한 분석 수준에 머물렀으며, 실제 학생 데이터를 활용한 학습 효과 검증이나 교실 맥락에서의 상호작용 분석은 이루어지지 않았다. 또한 교과 확장성, 장기 학습 흐름의 조정, 교사 지원 기능 등 실사용 환경을 고려한 추가 설계가 필요하다. 생성 알고리즘의 교육적 안정성을 지속적으로 확보하기 위한 검증 체계 역시 향후 보완해야

할 과제이다.

향후 연구에서는 실제 학습자의 사용 데이터를 통해 시스템의 유효성과 교육적 영향을 실증적으로 분석할 필요가 있다. 더불어 다양한 교과와 성취 기준을 포괄하는 확장 연구, 교사·학생 인터페이스 개발, 생성 편향 및 오류 최소화를 위한 품질 관리 체계 고도화가 함께 이루어져야 한다. 이러한 후속 연구가 병행된다면, 본 연구에서 제안한 시스템은 초등 교육에서의 학습 지원 도구로서 실질적 활용 가능성을 더욱 높일 수 있을 것이다.

본 연구는 교육과정 기반 학습 설계에 생성형 AI를 적용하기 위한 구조적 접근을 제시하였다는 점에서 의의를 가진다. 제안된 시스템이 학교 현장에서 개별 학생의 학습 경험을 보다 정교하게 지원하는 도구로 발전하고, 교사의 수업·평가 설계를 돕는 실질적 자원이 되기를 기대한다.

REFERENCES

- [1] 교육부, 2022 개정 교육과정 총론 주요사항. 2021년
- [2] Kasneci, E., et al. (2023). "ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education". *Learning and Individual Differences*, vol. 103, 102274.
- [3] Ji, Z., et al. (2023). "Survey of hallucination in natural language generation". *ACM Computing Surveys*, vol. 55, no. 12, pp. 1-38.
- [4] Cepeda, N. J., et al. (2006). "Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative theory". *Psychological Bulletin*, vol. 132, no. 3, pp. 354 - 380.

저 자 소 개



이해인(정회원)

2006년 한밭대학교 산업경영학과 학사 졸업.

2013년 공주대학교 컴퓨터교육학과 석사 졸업.

2018년 공주대학교 컴퓨터교육학과 박사 수료.

<주관심분야 : 생상형 교육프로그램, 인공지능, AI, ICT, 빅데이터 등>