

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.6.553>

JCCT 2022-11-68

교과기반 학습성취 평가 및 적응형 피드백 시스템 설계

Study on Course-Embedded Learning Achievement Evaluation and Adaptive Feedback

정현숙*, 김정민**

Hyun-Sook Chung*, Jung-Min Kim**

요약 고등교육기관의 역량 중심 교육과정 운영을 위해서는 교과목 수준에서 교과 학습목표(성취기준)의 성취수준을 다각도로 평가하여 학습자의 역량 함양 정도를 파악하는 교과기반 학습평가 방법에 대한 연구가 지속적으로 필요하다. 본 연구에서는 교과목 학습성과, 학습주제, 학습개념 기반의 학습평가 모델 및 성취수준에 따른 개인화된 학습 피드백 모델을 제안한다. 먼저 데이터 모델링 과정에서 교과목의 계층화된 학습성과, 학습주제 및 학습개념 그래프 및 학습성과-평가 매트릭스 모델을 정의하고 이를 기반으로 학습성과별, 학습주제별, 학습자별 등 다각도의 학습성취 수준을 측정하고 피드백하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 학습성취평가 모델의 유효성을 검증하기 위해 자바프로그래밍 교과목에 적용하여 실제 데이터를 기반으로 실험을 진행하였으며 그 결과 성취수준의 산출 및 학습 피드백이 가능함을 보였다.

주요어 : 교과기반 학습평가, 학습성과, 학습개념, 학습피드백

Abstract The research of course-embedded learning evaluation method, which can be used to measure the competency of learners by evaluation of learning outcomes, has been performed for competency-based education in the university. In this paper, we propose an learning evaluation and adaptive feedback model based on learning outcomes, learning subjects, learning concepts graph, and an evaluation matrix. Firstly, we define the layered learning outcomes, a graph of learning subjects and concepts, and two association matrix. Secondly, we define algorithms to calculate the level of learning achievement and the learning feedback to learners. We applied the proposed method to a specific course, “Java Programming”, to validate the effectiveness of our method. The experimental results show that our proposed method can be useful to measure the learning achievement of learners and provide adaptive feedbacks to them.

Key words : Course-Embedded Assessment, Learning Outcomes, Learning Concepts, Learning Feedback

1. 서론

초, 중등교육의 교육 설계도인 2015 개정 교육과정의 핵심 교육 방향은 역량 중심 교육으로서 기존 단편 지식 습득에서 벗어나 융합적 사고 함양을 기반으로 핵심

역량을 갖추는 것에 초점을 맞추고 있다. 이와 같은 결과로서 고등교육기관인 대학에도 역량 중심 교육과정 개편과 지속적 개선을 요구하고 있으며 각종 대학 기관 평가의 중요 지표로서 활용하고 있다[1,2]. 대학 주기 평가와 연계하여 대부분의 대학에서는

*정회원, 조선대학교 컴퓨터공학과 교수 (제1저자)

**정회원, 대전대학교 컴퓨터공학과 교수 (교신저자)

접수일: 2022년 10월 31일, 수정완료일: 2022년 11월 6일

게재확정일: 2022년 11월 9일

Received: October 31, 2022 / Revised: November 6, 2022

Accepted: November 9, 2022

**Corresponding Author: jmkim@daejin.ac.kr

Dept. of Computer Engineering, Daejin Univ, Korea

모든 학생들이 공통적으로 갖추어야 할 교양의 핵심역량과 각 전공별 전문인으로서 갖추어야 할 전공역량(전공능력)을 정의하였으며 이를 효과적으로 함양하기 위한 교과과정으로 개편 및 운영하고 있다. 역량기반 교육과정 운영의 체계화를 위해 계획-운영-평가-환류(PDCA)의 성과관리 프로세스를 정의하고 있으나 재학생 및 졸업생의 역량 함양 정도에 대한 평가 및 그 결과에 따른 교과과정 개편이 효과적으로 이루어지는 것은 아니다.

역량 평가의 한 가지 방법은 설문 방식으로서 각 전공에서 재학생의 역량 수준을 측정하기 위한 설문 문항들을 개발한 다음 학생들 스스로 자신의 역량을 5점 척도에 따라 점수화하도록 조사하고 그 결과를 통계 처리하여 각 역량별 함양 정도를 산출하는 것이다. 이 방법은 재학생의 역량 정도를 개괄적으로 파악해 볼 수 있으나 역량과 연관된 개별 교과목의 성과를 직접적으로 측정하기 어려우며 따라서 역량 측정 결과에 의한 교과목 개편 및 개선의 방향을 설정하는 것이 불가능하다는 것이다.

공학교육인증 프로그램에서는 이에 대한 대응법으로 교과기반 평가(Course-Embedded Evaluation, CEA)에 대해 지속적으로 연구하고 실제 수업에 구현하고자 하였으나 여전히 대학 수업의 평가는 기존의 고착화된 방법을 유지하고 있다[3,4]. 즉, 출석, 과제, 중간시험, 기말시험, 발표 등 평가 항목에 따라 점수를 매기고 절대/상대평가에 따라 A~F 학점을 부여하여 평가를 끝낸다. 여기에는 교과목 학습목표(성과) 성취도, 전공역량 성취도, 학습자의 학습주제별 성취도 등에 대한 평가가 없으며 상세한 학습 결과 피드백(learning feedback)도 존재하지 않고 단순히 성적에 따른 학점을 부여하는 것으로 그친다.

이전 연구[5]에 이어 본 논문에서는 교과기반 평가를 구현하기 위한 한 방법으로서 학습성과 성취도 및 학습주제 성취도를 산출하고 학습자에게 성취도와 관련된 상세 피드백을 제공하기 위한 시스템적 관점의 데이터 모델링과 알고리즘을 제안한다. 이전 연구와의 차이점은 학습 성취도 산출의 단순화를 위하여 평가 항목을 시험(중간고사, 기말고사, 수시 퀴즈 등)으로 제한한 것과 학습주제와 학습개념 모델링을 통한 성취도가 낮은 학습주제를 피드백하여 학습자 스스로 부족한 부분을 구체적으로 파악하고 재학습하도록 지원하는 것이다.

본 논문의 기여점은 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 교과목 학습성과기준 및 학습주제, 학습개념의 데이터 모델 설계, 둘째, 학습성과 및 학습주제별 성취도 산출을 위한 시험 문항과의 연관 데이터 모델 설계, 셋째, 성취도 산출 및 피드백 알고리즘 개발 등이다. 제안한 기법의 유효성을 평가하기 위해 자바프로그래밍 교과목(2022학년도 1학기 운영)에 적용하여 실험하였으며 그 결과 성취도 산출에 따른 교과목 수준에서의 전공역량 함양 정도 평가가 가능함을 확인하였다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 2장에서는 교과기반 평가와 관련한 기존 연구에 대해 소개하고 3장에서는 제안한 기법의 구체적 데이터 모델링을 설명한다. 4장에서는 성취도 산출을 위한 알고리즘을 소개하고 5장에서는 자바프로그래밍 교과목에의 적용 결과를 설명한다. 마지막으로 6장에서는 결론과 향후연구에 대해 소개한다.

II. 관련연구

1. 교과기반 학습성과 평가

교과목 수준에서 학습자의 학습성과를 평가하는 교과기반 학습성과 평가는 교육 프로그램 인증이 시행되는 공학, 간호학, 의학 등의 학문 분야에서 사용하고자 연구들이 진행되어 오고 있으나 현실적으로 실제 교과 과정에 적용되기는 교수자의 업무 증가 등으로 매우 어렵다. 현재 교과기반 학습성과 평가 연구의 흐름을 보면 공학교육에서의 CEA 적용, 간호학교육에서의 CEA, 역량기반 교양교육에서의 CEA 적용 방법 연구로 나누어 볼 수 있다.

성과중심 교과 평가 모형을 설계하는 연구[6]에서는 한국 공인원의 12가지 공학 프로그램 학습성과에 대한 학생들의 성취수준을 평가하는 방법으로 개별 교과목과 연계하는 방법을 제안한다. 또 다른 연구[3]에서는 프로그램 학습성과 관련된 교과목의 학습 모듈을 설계하고 이를 학습 성과와 연계하여 평가하고 성취 수준을 산출한다. 하나의 학습 모듈은 단위 학습주제, 학습목표, 학습내용, 학습활동 등으로 구성된다.

그러나 이들 연구의 결과는 교육공학 측면에서의 교수설계 이론 및 수업 설계 양식을 제안함으로써 CEA에 대한 이해를 고취하고 교과목에의 적용을 유도하고 있으나 이론적 고찰에 그치므로 직접적으로 활용 가능한 형태의 제안은 부족하다.

간호학 학문 분야에서도 교과 학습성과 평가를 위하여 교과기반 학습성과 평가 기법에 대한 연구를 수행하였으며 간호관리학 등 특정 교과목에서의 학습성과 평가 방법에 관하여 교수설계 이론 관점으로 접근하고 있거나[7,8] 또는 웹 기반 전산 시스템 구현 방안을 제안하는 연구[9]도 있다. 그러나 이 역시 이론적 측면에서 적용 가능성을 보이고 있으며 교수자가 자신의 수업에 실제 적용하기에는 어려움이 있다. 즉 교과기반 학습성과 평가 모델의 시스템을 통해 자동화된 처리와 지원이 없다면 교수자 스스로 문서를 작성하고 데이터를 정리해서 평가하는 것은 매우 어려운 것이라 볼 수 있다.

2. 학습 피드백

학습자에게 평가 결과로 하나의 점수가 아닌 성취 수준과 관련된 상세한 정보를 제공하여 자신의 성취 수준을 이해하고 부족한 학습 영역을 보완하도록 하는 것이 학습 피드백의 역할이다. 학습 피드백의 결과로서 개인화된 학습경로 추천 알고리즘을 제안하는 연구[10]를 보면 학습 개념 그래프를 생성하고 학습자의 평가 데이터를 통해 부족한 학습 개념들을 추출한 다음 그래프 상의 특정 경로를 생성하고 추천하는 기법을 제안하고 있다.

학습경로 추천 연구는 기본적으로 그래프 구조로 지식 모델을 생성하는 것을 기반으로 한다. 기존 연구들은 개념맵, 지식맵, 온톨로지, 토폴맵 등 여러 형식으로 그래프 구조를 표현하고 있다[11]. 학습경로는 그래프에서 학습개념들의 시퀀스로서 선수학습 관계에 따라 정의되며 학습자의 학습활동 평가 결과에 따라 성취가 낮은 개념(weak concepts)들을 파악하고 추천한다[12]. 본 연구에서는 교과목의 학습주제들을 먼저 정의하고 각 학습주제의 하위 학습개념들을 정의하며 이들 사이에 선수관계, 상하위관계, 포함관계 등 다양한 의미 관계를 정의하여 보다 계층화되고 구조화된 학습 그래프를 생성하고 이를 기반으로 학습 피드백을 생성한다.

III. 데이터 모델링

본 장에서는 교과목 기반 학습성취도 산출 및 적용형 피드백을 위한 데이터 모델링을 소개한다. 본 논문의 제안 기법을 구현하기 위해서 먼저 교과목의 핵심

구성요소 및 그들 사이의 의미 관계를 분석하고 정규화된 모델로 설계 및 정의하는 것이 필요하다. 그림 1과 같이 하나의 교과목(Course)은 학습성과(Learning Outcomes), 학습주제(Learning Subjects), 학습평가(Evaluation) 엔티티들로 구성되며 하나의 학습주제는 다수의 학습개념(Learning Concepts)들로 구성된다. 그리고 학습평가는 시험, 과제, 발표 등 여러 평가 요소들로 구성되지만 본 논문에서는 문제의 단순화를 위해 시험(Exam) 엔티티만 고려한다.

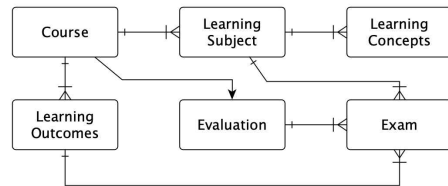


그림 1. 교과목 구성요소 엔티티 및 관계
 Figure 1. Entities and relationships of Course.

각 구성요소의 데이터 모델링에 따라 그림 2는 학습성과의 계층적 구조를 보이고 있다. 학습성과는 교과이수를 통해 학생들이 성취하여야 하는 학습 성취기준으로서 지식, 태도, 기술 등의 관점에서 “~을 할 수 있다”로 정의된다. 그림 2의 계층구조에서 프로그램 학습성과는 전공역량을 가리키고 교과 학습성과는 각 교과목에서의 학습성과를 가리킨다. 그리고 모듈 학습성과는 교과목의 개별 학습주제(모듈)에서의 학습성과를 가리킨다. 상위와 하위 계층 사이의 관계는 1:다의 관계로 하나의 상위 학습성과는 다수의 하위 학습성과와 연관성을 가진다.

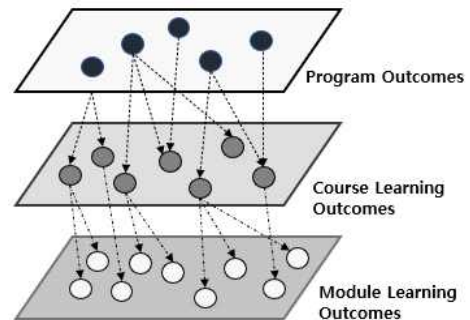


그림 2. 학습성과 계층구조
 Figure 2. A layered architecture of learning outcomes of a course

예를 들어, 컴퓨터공학 전공의 전공역량으로 “PLO₁. 웹디자인 및 웹서버 프로그래밍 구현역량”이 있을 때 웹프로그래밍 교과목의 “CLO₁.부트스트랩을 활용한 원 페이지 디자인을 구현할 수 있다”, “CLO₂.JSP 언어를 활용하여 데이터 관리 웹페이지를 구현할 수 있다” 등의 학습성과들과 연계된다. 그리고 하나의 교과 학습성과는 각 학습주제의 세부 모듈 학습성과들과 연계된다.

교과목의 학습내용은 학습주제 맵(learning subject map)과 학습개념 맵(learning concept map)으로 구조화된다. 학습주제 맵은 수업에서 다루어지는 주요 학습주제들과 그들 사이의 관계를 정의하는 그래프 구조이며 학습개념 맵은 각 학습주제의 핵심 개념들과 그들 사이의 관계를 정의하는 그래프 구조이다. 예를 들어 자바 프로그래밍 교과목의 학습주제 맵에서 노드들은 “자료형과 변수”, “연산자”, “제어문”, “클래스와 객체 정의”, “제네릭” 등으로 정의되고 노드들 사이의 간선(edge)는 선수관계, 연관관계 등으로 정의된다. 그림 3은 자바 언어의 데이터 타입 학습주제의 학습개념들로 구성된 개념맵을 보여주고 있다.

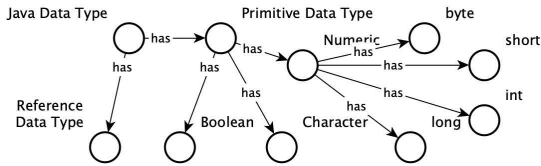


그림 3. 자바 데이터형 학습주제의 세부 개념맵
Figure 3. A concept map describing the data type subject of Java

학습주제 맵과 학습개념 맵은 그래프 모델로 구조화된다. 학습주제 맵의 그래프 $G_s = (N_s, E_s)$ 에서 노드 집합 N_s 는 학습주제들의 집합이고 E_s 는 학습주제들 사이의 관계 집합이다. $G_c(s_i) = (N_c, E_c)$ 는 학습주제 s_i 의 학습개념 맵 그래프로서 N_c 는 학습개념들의 집합이고 E_c 는 학습개념들 사이의 관계 집합이다. 학습주제 및 학습개념 사이의 관계 유형은 표 1에 설명되고 있다.

그림 4에서 보듯이 교과목 엔티티는 학습 성취도 평가를 위한 학습평가 엔티티를 가진다. 학습평가도구는 시험, 과제, 발표, 프로젝트 등 다양하지만 가장 보편적이고 학습내용의 이해를 평가하는 도구는 시험(중간시험, 기말시험, 수시퀴즈 등)이며 그림 4와 같이 구조화될 수 있다.

표 1. 학습주제 및 학습개념 사이의 관계
Table 1. Relationships of learning subjects and concepts

Relationship	Domain	Range	RDF Predicate
has	Subject	Subject	eea:has
	Subject	Concept	
	Concept	Concept	
partOf	Subject	Subject	eea:partOf
	Subject	Concept	
	Concept	Concept	
typeOf	Subject	Subject	rdf:type
	Concept	Concept	
subClassOf	Subject	Subject	rdfs:subClassOf
	Concept	Concept	
contains	Subject	Concept	ees:contains
prerequisite	Subject	Subject	ees:prerequisite
	Concept	Concept	

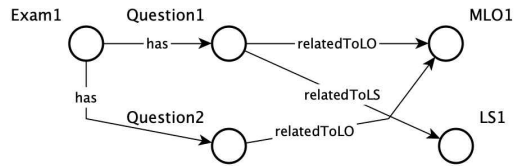


그림 4. 학습평가도구 시험과 학습성과 및 학습주제와 관계
Figure 4. Relationship and structure of Exam, Learning Outcomes, and Learning Concepts.

특정 시험 데이터를 정의하는 Exam₁ 노드는 여러 개의 문항(Question) 노드들과 has 관계를 가진다. 각 문항은 학습성과 및 학습주제, 학습개념들과 연관되는데 본 논문에서는 문제의 단순화를 위해 하나의 문항은 하나의 학습성과 및 하나의 학습주제와 연관된다.

이들 사이의 연관성은 매트릭스로 정의되는 데 예를 들어 아래 QLO 매트릭스는 5개의 문항과 3개의 학습성과 사이의 연관 매트릭스이고 QLS는 5개의 문항과 3개의 학습주제 사이의 연관 매트릭스이다. 즉 문항 1은 학습성과 1과 관련성이 있고 학습주제 1의 학습내용에 대한 문항인 것이다.

$$QLO = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad QLS = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

각 학생의 정답, 오답 결과를 저장한 응시 데이터와 매트릭스를 기반으로 학습성과별 및 학습주제별 학습성취도를 산출할 수 있고 학습성취 수준에 따라 각 학생에게 재학습이 요구되는 구체적 학습경로를 제시하는

적응형 피드백을 제공할 수 있다. 학습성취 산출 및 학습경로 생성에 관한 알고리즘은 4장에서 소개한다.

IV. 학습성취 평가 및 피드백

학습성취 평가 및 학습경로 피드백을 위한 프로세스는 그림 5에서 보듯이 학습 성취도 산출과 학습경로 생성의 두 단계 요소로 구성된다. 학습 성취도 산출 단계에서는 QLO , QLS 매트릭스 및 응답 레코드(AR, Answer Record) 데이터를 입력으로 받고 학습성과별 성취도와 학습주제별 성취도를 산출한다. 응답 레코드는 학생들의 각 문항 응답에 따른 정규화된 성적 데이터를 저장한 것으로 다음과 같이 정의된다.

$$AR(i) = \{s_{i1}, s_{i2}, s_{i3}, \dots, s_{in}\}, 0 \leq s \leq 1$$

학생 i 의 시험 문항 n 개의 응시 점수 집합을 정의하고 있다. 각 문항의 응시 점수는 취득점수를 배점점으로 나눈 값으로 0과 1 사이의 수치를 가진다. 교과목의 학습 성취도 산출은 응답 레코드의 학생 응답 데이터를 기반으로 계산된 각 문항의 정답률을 활용하여 학습성과별 성취 수준, 학습주제별 성취 수준, 학생별 성취 수준을 산출하게 된다.

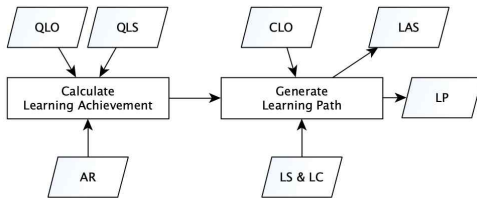


그림 5. 학습성취 평가 및 학습경로 피드백 프로세스
 Figure 5. Process to calculate learning achievement and generate learning paths

먼저 문항 정답률 집합 CR 은 문항 수만큼의 각 문항의 정답률(r_j)을 원소로 가진다. Q 는 문항 집합을 가리키고 m 은 문항의 수이다.

$$CR = \{r_1, r_2, r_3, \dots, r_m\}, m = |Q|$$

문항 정답률을 활용하여 학습성과별 성취 수준 계산을 위해서는 QLO 매트릭스에서 각 학습성과와 연계된

문항들을 추출하고 이 문항들의 정답률과 배점을 활용한 각 문항의 성취 점수를 계산한다. 예를 들어 학습성과 매트릭스에서 학습성과 i 의 셀 값이 1인 문항들을 추출하여 아래와 같이 k 개의 문항들로 구성된 집합을 구성한다.

$$QLO(i) = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_k\}$$

학습성과 i 의 성취도 $AL_o(i)$ 는 각 문항별 정답률(r_j)과 배점(as_j)을 곱한 값들의 총합을 동일 문항들의 배점 총합으로 나눈 값으로 산출된다. 즉 성취도는 0과 1 사이의 값으로 정규화되어 산출된다.

$$AL_o(i) = \frac{\sum_{j=1}^k r_j \times as_j}{\sum_{j=1}^k as_j}$$

이와 유사하게 학습주제별 성취도도 각 학습주제와 연관된 문항들의 정답률과 배점으로 계산된다. 학습주제 $AL_s(i)$ 역시 학습주제 i 와 연관된 m 개의 문항들의 정답률(r_j)과 배점(as_j)의 곱들의 합을 동일 문항들의 배점 총합으로 나눈 값을 산출된다.

$$QLS(i) = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_m\}$$

$$AL_s(i) = \frac{\sum_{j=1}^m r_j \times as_j}{\sum_{j=1}^m as_j}$$

학습성과별 및 학습주제별 성취도 산출을 통해 교수는 담당 교과목의 학습 성취수준을 객관적으로 판단할 수 있으며 저 수준의 특정 학습목표 및 학습주제와 관련하여 교수학습방법의 개선 등에 대해 고찰해 볼 수 있다. 그리고 학생들에게 보다 상세한 학습 피드백을 제공하기 위해서는 먼저 학생별 성취도를 산출하여 성취도가 낮은 학생들 및 그들의 성취가 낮은 학습주제를 파악하여야 하므로 다음과 같이 계산을 수행할 수 있다.

$$AL_l(i) = \frac{\sum_{j=1}^n s_j}{n}$$

학생 i 의 성취도 $AL_i(i)$ 는 응답 레코드(AR) 데이터에서 학생 i 의 모든 문항 점수의 합을 전체 문항 수로 나누어 산출될 수 있다. 학생 성취도도 0과 1 사이의 값으로 산출된다. 학생 i 의 학습주제 j 에 대한 성취도 산출은 응답 레코드에서 학습주제 j 와 연관된 문항들을 추출하고 이 문항들의 점수의 합을 문항들 수로 나누어 계산된다.

이러한 계산과정에 따라 산출된 학습목표, 학습주제 및 학습자별 학습 성취도를 분석하고 지난 학기 데이터와의 추이 분석을 통해 학습 성취도가 낮은 학습목표, 학습주제 등의 원인 및 개선 방향에 대한 고찰을 수행하고 이를 교과목 질 개선을 위한 CQI 보고서 작성에 반영할 수 있다. 특히 성취도가 평균보다 낮은 학생들 뿐만 아니라 평균 성취도는 높지만 특정 학습주제의 성취도가 낮은 학생들에게 적합한 피드백을 제공하여 학생들이 부족한 부분을 추가 학습할 수 있도록 지원할 수 있다.

V. 구현 및 평가

제안한 학습 성취도 산출 방법의 유효성 평가를 위해 프로토타입 시스템을 구현하였으며 2022학년도 1학기 자바프로그래밍 교과목에 적용하여 학생들의 학습 성취도를 산출하고 그 결과에 따라 피드백 후 학생들의 의견을 수렴하였다. 교과목의 수강생은 98명이고 교과 학습 성과는 6개 모듈 학습성과 21개 정의하였다. 학습주제는 16개이고 학습개념은 127개 정의하였으며 문항 수는 40개로 중간시험과 기말시험 각각 20개씩 출제하였다.

교과목 ID

 수정할 레코드를 선택해주세요.

교과목 ID	학습성과 ID	학습성과	유효성
JAVA01	CLO1	자바의 기본자료형의 종류를 나열하고 연산자와 제어문을 이용하여 구현할 수 있다.	true
JAVA01	CLO2	클래스와 객체의 관계를 설명하고 추상화, 캡슐화에 대해 설명할 수 있다.	true
JAVA01	CLO3	자바의 클래스 속성, 생성자, 메소드 등 정의구문을 작성할 수 있다	true
JAVA01	CLO4	클래스 상속 관계를 이해하고 인터페이스와 추상클래스를 정의하고 구현할 수 있다.	true
JAVA01	CLO5	자바 컬렉션 클래스와 제네릭 기법을 활용하여 구현할 수 있다.	true
JAVA01	CLO6	자바 프로젝트 수행을 통해 응용프로그램을 구현할 수 있다.	true

그림 6. 교과목 학습성과 등록 및 조회 페이지

Figure 6. A webpage for registering and retrieving the course learning outcomes

그림 6과 7은 각각 교과목 학습성과 정의 및 모듈 학습성과 정의 과정을 보여준다. 자바프로그래밍 교과목 수강 후 학습자들이 보아야 하는 주요 학습성과를 먼저 정의하고 각 교과목 학습성과의 세부 성과로서 모듈 학습성과를 정의한다. 그림 8은 시험 문항별 연관된 모듈 학습성과 및 정답률 산정을 위한 데이터 관리를 보여준다.

자바프로그래밍 교과목의 중간고사 및 기말고사를 통합한 응답 레코드 자료는 표 2와 같다. 중간 및 기말 시험의 n개의 문항에 대한 학생 m명의 응답을 평가하여 점수를 기입한 자료로서 각 문항에 대해 0~1 사이 값을 가진다. 표 3은 자바 학습주제 예시를 보여주고 있다. 여러 학습주제 중에 하나로써 “클래스 상속 및 다형성 정의”에 관한 세부주제 및 주요 개념들을 보여주고 있다.

표 2. 자바프로그래밍 교과목의 문항 응답 레코드
 Table 2. The answer record of exam questions

Student	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	...	Q _{n-1}	Q _n
S ₁	0.4	1	1	0	...	1	0
S ₂	0.8	0	1	0.8		1	1
S ₃	1	0.7	1	1		0.5	0
S ₄	0	0.3	0.7	1		0.5	1
...							
S _m	1	0	0	1		0.3	0.8

표 3. 학습주제 및 학습개념 예시

Table 3. A sample of learning subject and concept

학습주제	세부주제	학습개념
LS ₁₁ : 클래스 상속 및 다형성 정의	LS ₁₁₋₁ : 클래스 상속 관계 정의 및 생성자 호출	상속, 부모, 자식
	LS ₁₁₋₂ : 추상클래스 및 인터페이스 정의와 구현	추상클래스, 추상메소드, 인터페이스
	LS ₁₁₋₃ : 상속 관계에서의 객체 캐스팅과 다형성 구현	업/다운캐스팅 다형성



그림 7. 교과목 학습성과와 연관된 모듈 학습성과 등록 및 조회 페이지

Figure 7. A webpage for registering and retrieving the module learning outcomes of a certain course learning outcome



그림 8. 시험 문항별 연관된 모듈 학습성과 및 문항 정답률 관리 페이지

Figure 8. A webpage for managing the relationship between questions of exams and module learning concepts

응답 데이터를 기반으로 제안한 기법에 따라 학습목표별, 학습주제별, 학습자별 성취도를 산출하였으며 교과목 학습성과 성취수준을 평가하고 학습자의 학습주제별 성취수준에 따른 학습자 피드백을 생성한다. 그림 9는 교과목 학습성과 성취도를 보여주고 있다. 자바프로그래밍 교과목의 종합 성취도는 0.656이며 CLO₄, CLO₆의 학습성과에서 특히 낮은 성취도를 보이고 있다. 성취도가 낮은 원인을 파악하기 위해 학습성과와 연관된 학습주제들 보면 LS₁₀ ~ LS₁₆로서 특히 상속, 다형성, 제네릭, 쓰레드 등의 주제에서 낮은 성취도를 보였다.

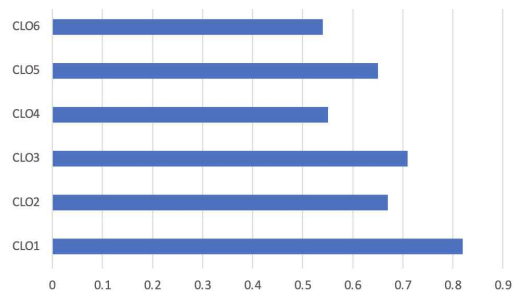


그림 9. 자바프로그래밍 교과목 학습성과의 성취수준

Figure 9. Learning achievements of learning outcomes of the Java Programming course

학습자별 성취도 산출에 따라 각 학생에게 제공되는 학습 피드백의 구성요소는 다음과 같다. 각 문항에 대해 학생이 취득한 점수 및 정답률을 제공하고 학습목표별, 학습주제별 성취도 및 종합 성취도를 제공한다. 표 4는 한 학생에게 제공된 피드백 데이터 예시를 보이고 있다.

피드백 = (문항점수, 문항정답률, 학습목표성취도, 학습주제 성취도, 성취도)

표 4. 피드백 자료

Table 4. Feedback data provided to a student

시험문항	1	2	3	4	5	..	19	20
점수	0	0.7	1	0.3	0	..	0.8	1
정답률	0.8	0.5	0.7	0.7	0.4	..	0.3	0.4
학습목표	LO1	LO2	LO3	LO4	LO5	LO6		
성취도	0.88	0.75	0.81	0.54	0.61	0.65		
학습주제	LS1	..	LS11	LS12	..	LS16		
성취도	0.92	..	0.57	0.63	..	0.55		

학습주제별 성취도를 통해 교수자에 의해 정한 기준(예. 교과 성취도)보다 낮은 성취도를 가지는 학습주제들을 파악하고 부족한 내용들을 재학습할 수 있다. 위 표 4의 예시에서 학습자는 낮은 성취도를 가지는 학습주제 11, 12, 16 등과 관련하여 해당 학습주제뿐만 아니라 선수관계, 연관관계, 부분-집합관계 등으로 연결된 연관 학습주제들도 파악하고 학습할 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 교과기반 학습평가 시스템 구현을 위한 데이터 모델과 평가 기법을 제안하였다. 학습성과 성취도 및 학습주제 성취도를 산출하고 이를 기반으로 학습자에게 학습 결과에 대한 상세한 피드백을 제공함으로써 학생들이 스스로 부족한 부분을 파악하고 재학습 및 보완학습을 하도록 지원할 수 있다. 제안한 기법의 유효성을 평가하기 위해 2022학년도 1학기에 개설한 교과목인 자바프로그래밍 과목에 적용하여 학습성과기준, 학습주제, 학습개념 및 시험문항-학습성과, 시험문항-학습주제 매트릭스를 정의하고 학생 응답 레코드 데이터 분석을 통해 학습성취도를 다각도로 산출하고 상세 피드백 데이터를 생성하였으며 이를 통해 제안한 기법이 실제 교과목에 적용 가능함을 확인하였다.

향후 연구에서는 현재 프로토타입 시스템을 기반으로 학습자별 대시보드 설계를 통해 성취도 추이, 피드백 데이터와 연계된 학습주제 및 학습개념들을 보이는 것과 함께 학습경로와 학습모듈을 자동 추천하는 알고리즘을 구현하고자 한다.

References

[1] J. B. Yoo, J. S. Won, & S. E. Chung, "The Influences of Accomplishment of Outcome-based Education in Nursing Students", *JCCT*, Vol. 5, No. 2, pp. 329-336, 2019.

[2] S. N. Son & I. Y. Kim, Kim, H. S. Song, J. S. Lee, & Y. J. Choi, "Competency-Based Education and Core Competencies in Higher Education", *Korean Journal of General Education*, Vol. 15, No. 1, pp. 11-30, 2021.

[3] A. Lakas & A. N. Belkacem, "A Framework for Course-embedded Assessment for Evaluating Learning Outcomes of a Network Programming Course". *2021 IEEE Global Engineering Education*

Conférence (EDUCON), pp. 989-995, Austria : Vienna, 2021.

- [4] H. K. Kim, "Development on the model of outcome-based course evaluation design for Course-Embedded Assessment", *Journal of Engineering Education Research*, Vol. 18, No. 6, pp. 24-31, 2015.
- [5] H. S. Chung & J. M. Kim, "Data modeling and algorithms design for implementing Competency-based Learning Outcomes Assessment System", *JCIT*, Vol. 11, No. 11, pp. 335-344, 2021.
- [6] A. Dewani, S. Bhatti & M. A. Memon, "Analysis of Outcome-based educational model in Engineering Education with preliminary Findings", *IJACT*, Vol. 10, No. 1, pp. 1~9, 2022.
- [7] Y. I. Han, "A Study of the Adaptability of CEA for Learning Outcomes Assessment of Nursing Management Courses", *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 16, No. 5, pp. 301-327, 2016.
- [8] S. M. Nam, "Development of a Program Outcomes Assessment System based on Course Embedded Assessment for Nursing Education", *Journal Korean Academic Society Nurse Education*, Vol. 23, No. 2, pp. 135-145, 2017.
- [9] S. J. Lee & C. Y. Jo, "Development and Implementation the Program Outcomes Assessment System based on Web-based Course Embedded Assessment(CEA)", *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol. 5, No. 1, pp. 67-75, 2019.
- [10] X. Diao, Q. Zeng, L. Li, H. Duan, H. Zhao & Z. Song, "Personalized Learning Path Recommendation Based on Weak Concept Learning", *Mobile Information Systems*, pp.1-17. 2022.
- [11] C. Bian, D. Wang, S. Liu, W. Lu & J. Dong, "Adaptive learning path recommendation based on graph theory and an improved immune algorithm", *KSII Transactions on Internet & Information Systems*, Vol. 13, No. 5, pp. 2277-2297, 2019.
- [12] C. L. Tang, J. Liao, H. C. Wang, C. Y. Sung & W. C. Lin, "Concept guide: supporting online video learning with concept map-based recommendation of learning path", In *Proceedings of the Web Conference 2021*, pp. 2757-2768, 2021.

※ 이 논문은 2021학년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.
This study was supported by research fund from Chosun University, 2021.