

## 역량기반 학습성과 평가 시스템 구현을 위한 데이터 모델링 및 알고리즘 설계

정현숙<sup>1</sup>, 김정민<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 컴퓨터공학과 교수, <sup>2</sup>대진대학교 컴퓨터공학과 교수

### Data modeling and algorithms design for implementing Competency-based Learning Outcomes Assessment System

Hyun-Sook Chung<sup>1</sup>, Jung-Min Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Professor, Department of Computer Engineering, Chosun University

<sup>2</sup>Professor, Department of Computer Engineering, Daejin University

**요약** 본 논문의 목적은 교과기반 학습성취평가 시스템 구현을 위한 교과 데이터 모델 및 학습 성취도 산출 알고리즘 개발이다. 현재 대학 교육의 방향인 역량기반 교육을 위해서는 교과기반 학습성취 평가가 필수적이지만 기존 연구들은 교육학적 관점에서 컴퓨터 시스템 관점의 해결책이 매우 부족하다. 본 논문에서는 코스맵 데이터 구조 분석을 통해 계층 구조의 학습성과 모델, 학습모듈 및 학습활동 모델, 학습성과와 학습활동 연계 매트릭스 모델 및 자동화된 성취도 산출 및 성취수준 평가를 위한 성취도 계산 알고리즘을 제안한다. 이를 통해 교과기반 학습성취 평가 시스템을 개발할 수 있으며 시스템 활용을 통해 학습자의 역량 성취를 효과적으로 평가할 수 있다. 제안된 모델과 알고리즘의 평가를 위해 실제 운영중인 자바프로그래밍 교과목에 적용하였으며 이를 통해 교과기반 학습성과 성취평가 시스템 구현의 핵심요소로 활용할 수 있음을 확인하였다. 향후 연구는 학습성과 성취도 산출을 기반으로 적응형 학습 피드백과 개인화된 학습 추천 알고리즘 개발 및 시스템 구현이다.

**주제어** : 역량기반 교육, 코스맵, 학습성과, 교과기반 평가, 학습 성취도 평가

**Abstract** The purpose of this paper is the development of course data models and learning achievement computation algorithms for enabling the course-embedded assessment(CEA), which is essential of competency-based education in higher education. The previous works related CEA have weakness in the development of the systematic solution for CEA computation. In this paper, we propose data models and algorithms to implement competency-based assessment system. Our data models are composed of a layered architecture of learning outcomes, learning modules and activities, and an associative matrix of learning outcomes and activities. The proposed methods can be applied to the development of the course-embedded assessment system as core modules. We evaluated the effectiveness of our proposed models through applying the models to a practical course, Java Programming. From the result of the experiments we found that our models can be used in the assessment system as a core module.

**Key Words** : Competency-based education, Course map, Learning outcomes, Course-based assessment, Achievement level assessment

\*This study was supported by research fund from Chosun University, 2017

\*Corresponding Author : Jung-Min Kim(jmkim@daejin.ac.kr)

Received October 4, 2021

Revised October 25, 2021

Accepted November 20, 2021

Published November 28, 2021

## 1. 서론

고등교육기관의 성과기반 교육프로그램 운영은 공학, 건축학, 간호학, 의학 등의 학문분야를 중심으로 전문인력 양성과 지속적인 교육의 질 관리 시스템 확립을 위해 2010년 이후로 지속적으로 시행되어 왔으며 공학 교육인증원 등 전문 인증기관을 통해 프로그램 운영 성과를 평가 및 인증하고 있다. 성과기반 교육과정은 교육프로그램의 학습목표를 달성 가능한 성과 중심으로 정의하고 교수학습활동을 통해 학생의 학습성과 달성 정도를 평가하여 졸업생의 역량을 인증하는 교육 패러다임이다[1].

최근 교육부 주관으로 시행된 3주기 대학 기본역량 진단평가에서 교양 및 전공 교육과정의 평가 주안점은 역량기반 교육과정 편성, 운영, 평가 및 환류의 지속성에 맞추어져 있다. 이는 건축학인증, 경영학인증, 간호학인증 등 일부 인증 학과뿐만 아니라 대학 전체 교육과정에서 역량 중심 교육과정의 정착과 확립을 요구하고 있다. 역량은 각 학문분야에서 요구하는 직무, 과업, 역할을 수행하는 데 필요한 지식, 기술, 태도를 포함하는 복합적, 종합적 능력으로 정의된다[2].

역량중심과 성과중심은 같은 맥락의 개념으로서 학생의 학습성과 성취도 평가를 통해 특정 역량을 일정 수준 이상 함양하는 것이 목적이다. 문제는 교육과정 운영을 통해 졸업시점에 학생이 요구 수준의 역량을 함양하고 있는지의 평가가 어렵다는 것이다. 이에 교과목 수준에서 교과 학습목표를 역량 수행 준거로 활용하여 학습목표 성취정도를 평가하는 교과기반 평가(course-embedded assessment, CEA) 모델의 적용이 중요한 과제로 인식되고 있으며 교양 및 전공 교육과정의 효과적인 적용 방법에 대한 연구가 진행되고 있다[3,4].

선행연구들은 공학 및 간호학 인증을 위한 프로그램 학습성과의 교과 기반 평가 모형을 제안하고 특정 교과목에 적용해 본 사례를 소개하고 있다. 이를 통해 CEA에 대한 이해, 교과기반 평가 준비, 평가 절차 등의 교수학습 평가 모형을 파악할 수 있지만 교수자들이 자신의 교과목에 CEA를 적용하기는 여전히 어렵다. 이는 정형화된 데이터 모델 즉, 교과목 프로파일 모델, 학습성과 모델, 학습성과-평가도구 연관 모델이 없고 학습성과 측정 도구가 없으며 CEA를 지원하는 소프트웨어 시스템이 지원되지 않기 때문이다.

교과기반 평가는 전적으로 교수자의 능력과 노력에

의존한다. 학습목표 설정, 학습모듈 설계, 수업 및 학습활동 지원, 평가 및 성취도 산출 등 전 과정의 세부 업무를 수행하여야 한다. 이러한 복잡한 과정을 효과적으로 수행하기 위해서는 잘 설계된 학습관리 시스템의 지원이 필수적이다.

학습성과 성취도 평가 시스템은 기본적으로 두 가지를 제공하여야 한다. 하나는 학습성과, 학습활동, 성취평가의 연계성을 기반으로 교과의 기본 구조를 정의하는 교과 설계 템플릿이고 다른 하나는 학생의 학습 결과를 입력했을 때 자동으로 성취도를 산출하고 시각적으로 결과를 보이는 성취도 산출 모듈이다.

따라서 본 논문의 목적은 코스맵(Course Map) 기반 교과 설계 템플릿을 정의하고 코스맵 데이터 모델 기반 학습성과 성취도 산출 알고리즘을 개발하는 것이다. 코스맵은 학습성과, 학습내용, 학습평가의 연계 중심으로 교과 구조를 설계하고 학습성과 중심의 성취도를 평가하는 교과 설계 기법으로 기존의 수업계획서와 달리 교과기반 학습성과 성취도를 중요하게 고려한다. 이에 따라 먼저 학습성과의 계층구조와 개념적 및 물리적 데이터 모델링을 수행한다. 또한 학습성과-학습내용, 학습성과-학습활동 연관 데이터 모델을 정의한다. 이를 기반으로 학습성과별 성취도, 학습자별 성취도 및 교과별 성취도 수준을 측정하는 알고리즘을 개발한다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 2장에서는 코스맵과 교과기반 평가 소개 및 연구동향에 대해 설명하고 3장에서는 코스맵 기반 교과 데이터 모델링 4장에서는 학습성과 성취도 산출 알고리즘을 설명한다. 5장에서는 제안한 모델의 효과를 보이기 위해 자바프로그램인 교과목에의 적용 과정을 설명하고 6장에 논문의 결론을 보인다.

## 2. 관련연구

### 2.1 교과기반 학습성과 평가

교과기반 학습성과 평가 방법은 주로 공학인증, 간호학인증 등 교육 프로그램 인증이 필요한 학문분야에서 중요한 평가기법으로 다루어져 왔으며 기존 연구들을 세 가지 측면, 즉 공학교육에서의 CEA 적용, 간호학교육에서의 CEA, 역량기반 교양교육에서의 CEA 적용 방법 연구로 나누어 교과 적용 방법 등을 살펴볼 수 있다. 공학교육에의 적용 연구들을 보면 한국공학교육인증원

이 제시한 12가지 공학 교육프로그램 학습성과를 개별 교과목과 연계하고 평가하기 위한 성과중심 교과목 평가설계 모형을 개발[5]하거나 프로그램 학습성과와 연관된 교과목들에서 통합하여 활용할 수 있도록 교수학습의 최소단위로 학습모듈을 설계하고 있다[6].

하나의 학습모듈은 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. 일례로 정보보호학 전공 프로그램, 전자공학 전공 프로그램, 건축공학 프로그램의 교과기반 학습 성과 평가 연구를 보면 프로그램 학습성과 평가를 위해 CEA를 각 전공 교과목에 적용하는 방법을 사례로서 제안하고 있다[7-9]. 이를 통해 교과기반 학습 성과 평가를 위한 교과 설계 방법을 파악할 수 있으나 CEA 지원 학습 관리 시스템 구현을 위한 구체적 데이터 모델의 제안은 부재하다.

공학 교육프로그램과 유사하게 간호학 학문 분야에서도 교과목 학습성과 평가를 위한 CEA 적용 방안에 대한 연구를 수행하였으며 간호관리학 등 특정 교과목에서의 학습성과 평가 방법에 관하여 교수설계 이론 관점으로 접근하고 있다[10,11]. 간호학 교과기반 학습성과 평가의 체계적 관리체계를 목적으로 웹 기반 전산 시스템 구현 방안을 제안하는 연구[4]도 있으나 프로그램 학습성과와 교과목 학습목표를 연계하고 성취값을 입력하는 기본적인 CRUD 기능만 가지며 학습활동 데이터를 활용한 학습성과 성취도를 자동 산출하는 기능은 부족하다.

기존 연구들 중 공학, 간호학 인증 분야의 일부 연구들과의 차이점 및 기여점에 대해 살펴보면 다음 Table 1과 같이 요약할 수 있다. 표에서 LO는 학습성과를 가리키고 LA는 학습 성취도를 가리킨다. C는 개념 수준의 설계를 의미하고 P는 물리 수준의 설계를 의미하며 학습성취도 산출 수식 및 분석 기법에 대해서는 제안 기법의 부재(x), 부분 제시(△), 제시(o)하는 것으로 표현하였다.

기존 연구의 교과목 성과 평가 모형은 학습성과기반 목표 설정, 평가 설계, 성과 분석의 3 단계로 구성되어 있으며 개념 수준에서 각 단계에서 수행할 업무를 기술하고 있다. 이를 통해 CEA 평가 과정에 대한 이해를 높일 수는 있으나 컴퓨터 시스템 구현에 직접적으로 적용

및 활용하기는 어렵다. 본 논문의 연구 결과는 물리 수준의 데이터 모델링 및 성취도 수치 계산 알고리즘을 제안하고 있으므로 이를 활용한 시스템 구현이 가능하다.

Table 1. Comparison between the previous works and our approach in terms of CEA computational modeling

Criteria	[1]	[3]	[4]	[5]	[6]	O
LO Model	C	C	C	C	C	P
Course Model	C	C	C	C	C	P
Evaluation Model	C	C	C	C	C	P
LA Scoring	x	x	△	x	x	o
LA Analyzing	x	x	x	x	x	o

### 2.2 코스맵 교과 설계

코스맵은 온/오프라인 교과의 구성요소들에 대한 개요(outline) 또는 시각적 오버뷰(visual overview)이다. 하나의 교과는 학습모듈(learning module)들로 구성되며 코스맵은 학습모듈 중심으로 교과의 구조화를 이룬다. 하나의 학습모듈은 그림 1과 같이 모듈 학습성과(module learning outcomes), 수업(instruction), 학습평가(assessments), 학습활동(activities) 등으로 구성되며 교과목 학습성과(course learning outcomes)와 연관된다[12,13].

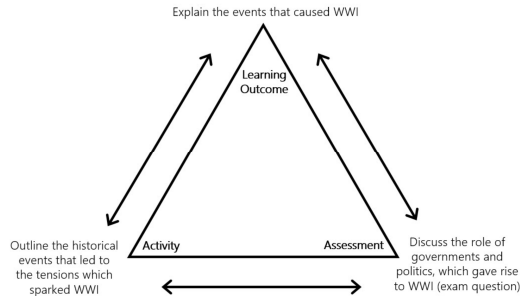


Fig. 1. The course map components: Learning Outcomes, Learning Activity, and Assessment[9]

코스맵은 학습자 관점에서 교과의 전체적인 구조를 파악하도록 하고 특정 요소에 도달하는 경로를 제공하기 때문에 코스맵 생성은 온라인 교과 개발에 필수적이다. 코스맵은 교과목 구성요소의 구조적 맵으로써 교과목 설계의 필수 도구이다. 교수자는 교과목의 학습내용과 학습 후 성취해야 할 학습성과에 대해 인지하고 있으며 학습성과를 이루기 위한 학습활동 및 평가도구의

관계를 이해하고 있다. 그러나 학습자는 교과목 수강 전에 이를 충분히 인식하고 파악하지 못하고 있으며 학습내용과 이를 통해 성취해야 할 학습성과를 연관 짓기도 어렵다. 코스맵은 학습자에게 교과목의 학습성과, 학습내용, 학습활동 및 평가에 대해 상호 연관성을 구조화하여 보여줌으로써 단계적 학습성취의 과정을 사전에 파악하도록 도운다.

코스맵은 교과목의 질 개선을 지속적으로 유도하는데 도움을 준다. 교과목 설계는 한번의 과정으로 완료되는 것이 아니며 지속적인 보완, 개선이 요구된다. 교과목 학습목표를 재설정하는 것은 교과목 개정 과정의 핵심 요소이며 코스맵은 교과목의 전체적인 조망을 제공하므로 학습목표, 학습성과, 학습내용, 평가 등의 연관성 분석으로 교과목 개선에 도움을 준다[14].

코스맵의 3 요소는 학습성과, 평가, 교수학습(학습활동)이다. 코스맵 생성은 백워드 디자인(역방향 설계) 기법을 따른다. 백워드 디자인은 용어 그대로 끝에서 시작하는 기법이다. 코스맵 설계의 끝은 교과목의 학습성과 즉, 교과 수업 종료 후 학습자가 보여야 할 성취기준을 말한다. 백워드 디자인은 교과목 학습성과를 도출하고 학습성과 중심으로 교과 구성요소들(학습내용, 학습활동, 평가 등)을 연관짓는 기법이다.

### 3. 데이터모델링

#### 3.1 학습성과 계층구조

학습성과 데이터 모델링을 위해서는 먼저 넓은 개념의 학습성과와 좁은 개념의 학습성과 사이의 계층구조를 파악하는 것이 필요하다. Fig. 2의 학습성과 계층구조를 보면 프로그램 학습성과, 교과 학습성과, 모듈 학습성과의 3 계층으로 구성됨을 알 수 있다.

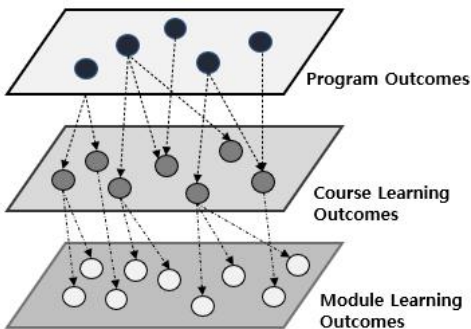


Fig. 2. The layered structure of learning outcomes

프로그램 학습성과는 전공 교육과정의 학습성과로서 전공 교육과정을 이수한 학생들이 보여야 할 넓은 개념의 성취기준과 성취수준을 정의한다. 교과 학습성과는 개별 교과목의 학습성과이며 특정 프로그램 학습성과와 연관되어 하위 상세 개념을 정의한다. 모듈 학습성과는 교과목 학습내용을 구성하는 개별 모듈의 학습성과로서 특정 교과 학습성과와 연계되어 있으며 모듈 학습 후 성취하여야 할 세부 학습성과를 정의한다.

학습성과 계층구조의 예는 Table 2에서 볼 수 있다. 컴퓨터공학 전공의 학습성과 P1을 성취하기 위해 자바 프로그래밍 교과목의 학습성과 C1을 정의하고 해당 학습성과를 이루기 위해 모듈 학습성과 M1-1을 성취해야 함을 보여주고 있다.

Table 2. An example of learning outcomes

Outcomes Type	Outcomes
Program	P1. Professional development
Course	C1. Create Java programs that include basic data types and flow constructs
Module	M1-1. Write a Java code for calculating arithmetic expressions

#### 3.2 코스맵 데이터 구조

코스맵 기반 교과목 프로파일 데이터베이스를 구축하기 위해서는 코스맵 데이터 구조 설계로서 클래스 모델링과 DB 모델링 과정이 수행되어야 한다. 코스맵은 3가지 구성요소로 구성된다. Fig. 3은 코스맵 모델을 구성하는 클래스들과 이들 사이의 관계를 보여주고 있다.

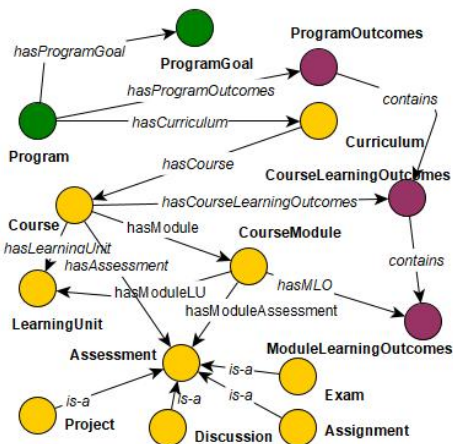


Fig. 3. Components and relationships of the course map

Fig. 3의 코스맵 클래스 개념도에서 핵심 클래스는 *Course* 클래스이다. 코스맵 구성요소인 학습성과, 학습 모듈 및 평가를 정의하는 *CourseLearningOutcomes*, *CourseModule*, *Assessment* 클래스들과 *has* 관계로 연결된다. 각 학습모듈은 모듈 학습성과, 학습내용, 학습 활동 및 평가 등으로 구성됨으로 *CourseModule* 클래스는 *ModuleLearningOutcomes*, *LearningUnit*, *Assessment* 클래스와 연관 관계를 가지도록 정의된다. Fig. 2의 학습성과 계층구조에 따라 *CourseLearningOutcomes* 클래스와 *ModuleLearningOutcomes* 클래스 사이에 연관 관계 *contains*로 연결된다.

Fig. 4는 학습성과 클래스 다이어그램으로 개념 수준의 클래스 모델을 보여주고 있다. 학습성과를 정의하는 3개 클래스의 속성 중 *outcomeType* 속성은 학습 성과 유형으로서 일반적으로 지식, 기술, 태도의 3가지 유형으로 분류된다. 프로그램 학습성과는 포괄적 개념과 그 하위의 상세한 개념의 계층관계를 구성할 수 있도록 *level* 속성과 *parentLevel* 속성을 가진다.

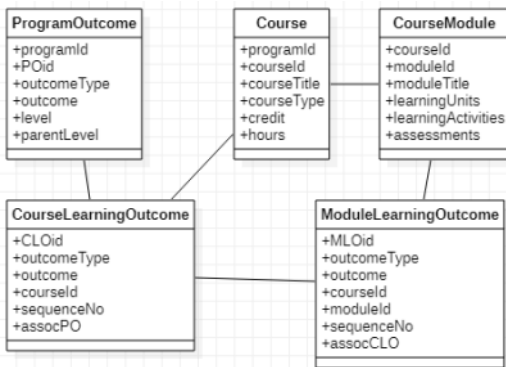


Fig. 4. Class diagram for representing the simplified class structure of course learning outcomes

*assocPO* 속성과 *assocCLO* 속성은 각각 상위 수준의 학습성과와의 연결을 위한 속성으로서 상위수준 학습성과의 식별자 리스트를 가진다. Fig. 5는 학습 모듈 클래스 다이어그램으로서 학습모듈과 학습평가 클래스 및 모듈학습성과-평가 매트릭스 클래스를 정의하고 있다. *MLO\_AssessMatrix* 클래스는 개별 모듈 학습성과가 시험 문항, 과제 문제, 발표, 프로젝트 세부 문제 등의 평가도구와 어느 정도의 연관성을 가지는지 정의한다. 이 매트릭스 클래스의 인스턴스 데이터는 교과 학습성과 성취도, 학습자 학습성과 성취도를 산출하

기 위해 중요하게 사용된다. 학습성과 성취도 산출 모델은 4장에서 상세하게 설명하고 있다.

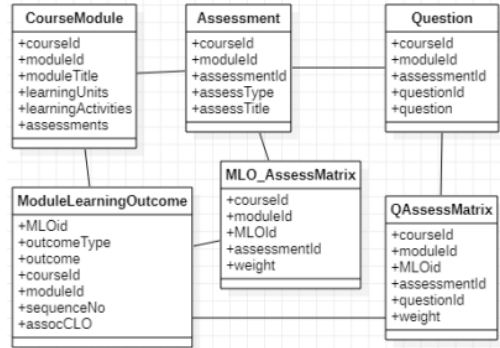


Fig. 5. Class diagram for representing the simplified class structure of course module components

#### 4. 학습성과 성취평가 모델 설계

##### 4.1 학습성과-평가 매트릭스

학습성과 성취평가를 위해서는 학습성과와 시험, 과제 등의 평가도구와의 사이에 연관 정도를 기술하는 매트릭스를 정의하여야 한다. Table 2는 학습성과와 시험 문항 사이의 연관 정도를 보이는 매트릭스이다. Table 3에서  $m_1 \sim m_n$ 은 모듈 학습성과를 가리키며  $q_1 \sim q_x$ 는 퀴즈, 중간고사, 기말고사 등의 모든 시험의 문항들을 나열한 것을 가리킨다. 모듈 학습성과와 연관된 문항의 셀에는 1, 그렇지 않은 셀에는 0을 연관값으로 기입한다.

Table 3. A matrix for relating module learning outcomes to all questions of exams

Q	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>3</sub>	...	q <sub>x-1</sub>	q <sub>x</sub>
MLO						
m <sub>1</sub>	1	1	0	...	0	1
m <sub>2</sub>	0	0	1	...	1	1
...	...	...	...	...	...	...
m <sub>n</sub>	1	0	0	...	1	0

Table 4. A matrix for relating module learning outcomes to all problems of assignments

A	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	...	a <sub>y-1</sub>	a <sub>y</sub>
MLO						
m <sub>1</sub>	0.8	0.3	0	...	0	0.1
m <sub>2</sub>	0	0	0.7	...	0.5	0.9
...	...	...	...	...	...	...
m <sub>n</sub>	0.2	0	0	...	0.3	0

Table 4는 학습성과와 과제 사이의 연관 정도를 보이는 매트릭스이며  $a_1 \sim a_y$ 는 모든 과제의 세부 문제들의 리스트를 가리킨다. 모듈 학습성과와 세부 과제 문제 사이의 연관 정도는 [0~1] 값으로 설정된다. 즉 하나의 세부 과제 문제에는 하나 이상의 학습성과가 연관될 수 있고 연관 정도의 합이 1이 될 수 있도록 0과 1 사이의 값으로 설정된다.

평가도구는 시험, 과제, 토론, 발표, 프로젝트 등 여러 가지일 수 있다. 시험, 과제 외에 다른 평가도구에 대해서도 Table 2 또는 Table 3에서 정의하는 매트릭스와 같은 구조로 연관 관계를 설정할 수 있다. 이때 학습성과와 평가도구 사이의 연관 정도를 [0.1] 또는 [0~1]로 구분하여 연관이 있고(1), 없고(0)로 정의하거나 0에서 1사이의 값으로 정의할 수 있다.

#### 4.2 학습성과 성취평가 알고리즘

학습성과 성취도 평가 모듈을 설계하기 위해 평가 알고리즘을 정의하였다. 먼저 학습성과, 학습자, 시험, 과제 등의 데이터 집합을 다음과 같이 정의한다.

$$CLO = \{o_1, o_2, o_3, \dots, o_n\} \quad (1)$$

$$MLO = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_m\} \quad (2)$$

수식 (1)의 CLO 집합은 학습성과 데이터 집합으로서  $o_1, o_2$  등은 교과 학습성과를 가리키고 수식 (2)의 MLO 집합은 모듈 학습성과 데이터 집합으로서 각 원소는 개별 모듈 학습성과를 가리킨다.

$$S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_k\} \quad (3)$$

수식 (3)은 학습자 집합으로서 교과를 수강하는 학습자들을 원소로 가진다. 수식 (4)와 수식 (5)는 평가도구 중 시험과 과제 데이터 집합을 정의한다. 본 학습성과 성취도 평가 알고리즘에서는 대표적 평가도구인 시험과 과제 데이터만 고려하고 있으나 토론, 발표, 프로젝트 등 추가 평가도구들도 동일한 연산으로 적용할 수 있다.

$$Q = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_x\} \quad (4)$$

$$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_y\} \quad (5)$$

이들 데이터 집합을 기반으로 학습성과-평가 매트릭스를 정의할 수 있다. 수식 (6)은 학습성과와 시험문항

을 연관쌍으로 하는 데이터 집합을 정의하는 것이고 수식 (7)은 학습성과와 세부과제를 연관쌍으로 하는 데이터 집합을 정의하는 것이다.

$$MQ = \{(m, q, w) \mid m \in MLO, q \in Q, w = 0 \text{ or } 1\} \quad (6)$$

$$MA = \{(m, a, w) \mid m \in MLO, a \in A, 0 \leq w \leq 1\} \quad (7)$$

특정 교과의 학습성과 성취도를 산출하기 위해서는 학습성과별 성취도와 학습자별 성취도를 계산하여야 한다. 교과 학습성과 성취도는 미리 정한 임계값(예 0.8) 이상의 성취도를 가지는 학습성과 수의 비율로 산정된다. 즉 모든 학습성과가 임계값 이상의 성취도를 가지는 경우 교과 학습성과 성취도는 1이다. 여기서 문제는 특정 학습성과의 성취도를 산출하는 방법이다. 수식 (8)은 하나의 학습성과  $m_i$ 의 성취도를 산출하는 수식으로서 시험 및 과제 평가도구에 대하여 시험 성취도(LQ)와 과제 성취도(LA)의 평균값으로 한다. 시험 성취도는 시험 문항들의 정답률 합계를 가리키고 과제 성취도는 모든 학생들의 과제 점수 합계를 가리킨다.

$$LO_{score}(m_i) = \text{avg}(LQ_{score}(m_i), LA_{score}(m_i)) \quad (8)$$

수식 (8)의  $LQ_{score}(m_i)$ 는 학습성과  $m_i$ 와 연관된 시험문항, 즉 MQ 매트릭스에서  $m_i$ 와 쌍을 이루는 모든  $q_j$ 의 정답률의 합이다.  $LA_{score}(m_i)$ 는 학습성과  $m_i$ 와 연관된 모든 세부 과제의 학습자 점수의 합이다. 즉 MA 매트릭스에서  $m_i$ 와 쌍을 이루는 모든  $a_j$ 에 대해 k 명의 학습자들에게 부여된 과제 점수의 합을 집계한 값이다. 수식 (9)는  $LA_{score}(m_i)$ 를 산출하는 수식으로서  $ascore$ 는 각 학생의 과제 점수이고  $weight$ 는 MA 매트릭스에 정의된 과제 가중치이다.

$$LA_{score}(m_i) = \sum_{p=1}^k \sum_{q=1}^y (ascore(s_p, a_q) * weight(m_i, a_q)) \quad (9)$$

$LQ_{score}$  및  $LA_{score}$  성취도는 0과 1 사이의 값으로 정규화가 필요하다. 학습성과와 연관된 문항 수 및 과제 수에 따라 산출된 성취도 값의 범위가 다양해지기 때문

이다. 정규화 방법은 산출된 성취도를 최대값으로 나누는 것이다.  $LQ_{score}$ 의 최대값은 모든 문항의 만점 정답률의 합이고  $LA_{score}$ 의 최대값은 모든 학생의 모든 과제의 만점 합계 값이다.

학습자별 성취도는 각 학습자의 성취도를 가리키는 것으로 학습자가 성취한 전체 학습성과에 대해 임계값 이상 성취도를 가지는 학습성과의 비율로 산출된다.

$$\text{학생 } e \text{ 성취도} = \frac{\text{임계값 이상 성취도 학습성과 수}}{\text{전체 학습성과 수}}$$

학습자의 특정 학습성과 성취도는 해당 학습성과와 연관된 시험문항들의 점수 및 과제 점수의 합으로 산출되는 데 각각 수식 (10)과 (11)에 의해 산출된다. 학생  $s_i$ 의 학습성과  $m_j$ 의 시험 성취도는 수식 (10)과 같이 산출되는데  $score_Q$  함수는 학생  $s_i$ 가 학습성과  $m_j$ 와 연관된 문항의 점수를 산출하며  $SCORE_Q$  함수는 학습성과  $m_j$ 와 연관된 문항의 배점을 산출한다.

$$SLO_{score}(s_i, m_j) = \frac{\sum_{p=1}^x score_Q(s_i, m_j, q_p)}{\sum_{p=1}^x SCORE_Q(m_j, q_p)} \quad (10)$$

이와 유사하게 수식 (11)은 학생  $s_i$ 의 학습성과  $m_j$ 의 과제 성취도를 산출하는 수식이다.  $score_A$  함수는 학생  $s_i$ 가 학습성과  $m_j$ 와 연관된 과제의 점수를 산출하며  $SCORE_A$  함수는 학습성과  $m_j$ 와 연관된 과제의 배점을 산출한다.

$$SLA_{score}(s_i, m_j) = \frac{\sum_{q=1}^y score_A(s_i, m_j, a_q)}{\sum_{q=1}^y SCORE_A(m_j, a_q)} \quad (11)$$

이러한 학습성과 성취도 산출 결과를 기반으로 임계값 이상 성취도를 가지는 학습성과 수 또는 일정 수준 이상의 성취도를 가지는 학생 수 등 다양한 기준으로 교과 학습성과 성취 수준을 평가해 볼 수 있다.

## 5. 학습성과 성취평가 모델 평가

### 5.1 코스맵 데이터 생성

코스맵 기반 학습성취 평가 시스템 구축을 위해 3장과 4장에서 제안된 데이터 모델 및 성취 평가 알고리즘의 정당성과 성능을 평가하기 위해 먼저 실제 교과목의 코스맵 데이터를 정의한다. 본 장에서는 대부분의 컴퓨

터공학전공 개설 교과목인 ‘자바프로그래밍’ 과목을 코스맵 구조에 따라 구조화한다.

**Table 5. A list of course learning outcomes of Java Programming**

CLO	Course Learning Outcomes
CLO <sub>1</sub>	Write Java programs with the understanding of basic data types and operators
CLO <sub>2</sub>	Write Java programs using control statements
CLO <sub>3</sub>	Declare and implement Java classes with the understanding design principles and encapsulation
CLO <sub>4</sub>	Write Java programs using class inheritance and polymorphism techniques
CLO <sub>5</sub>	Write Java generic programs through definition of generic classes
CLO <sub>6</sub>	Write and run Java applications with the file I/O functionalities
CLO <sub>7</sub>	Write Java GUI applications using Swing libs

Table 5는 자바프로그래밍 교과의 정의 가능한 학습성과를 보여준다. Table 6은 15주 학습모듈의 모듈 학습성과 사례로서 교과 학습성과와 모듈 학습성과의 연계성을 보여주고 있다.

**Table 6. A partial list of module learning outcomes of Java Programming**

CLO	MLO	Module Learning Outcomes
CLO <sub>1</sub>	MLO <sub>11</sub>	Describe primitive data types of Java
	MLO <sub>12</sub>	Describe types of operators of Java
	MLO <sub>13</sub>	Write and run Java programs using multiple operators of different types
CLO <sub>4</sub>	MLO <sub>41</sub>	Identify and define the inheritance relationship between classes
	MLO <sub>42</sub>	Define up-casting and down-casting between super class and sub classes
	MLO <sub>43</sub>	Write Java programs using Collections
	MLO <sub>44</sub>	Implement polymorphism in Java

**Table 7. An example of questions and assignments**

Type	No	Description
Quiz	Q <sub>1</sub>	Explain the primitive data types in Java
	Q <sub>5</sub>	Write a while-loop code to compute n!
	Q <sub>11</sub>	Define a class for describing Dictionary
	Q <sub>16</sub>	Write a code for implementing objects of super and sub classes
Assignment	A <sub>1</sub>	Write a salary computation program
	A <sub>3</sub>	Write a money diary manager program with definition of necessary classes
	A <sub>5</sub>	Write a english dictionary program with definition of class inheritance

자바프로그래밍 교과목의 시험 및 과제의 예시는

Table 7과 같이 정의할 수 있다. 시험문제는 자바의 기초 데이터 타입, 연산자에 대한 이해부터 클래스 정의, 상속 정의 등의 객체지향 개념과 관련 코드 작성까지 폭 넓게 포함한다. 과제는 연산자, 배열 등의 연습을 위한 급여계산 프로그램, 데이터 클래스와 관리자 클래스로 나누어 정의하는 현금기록장 관리 프로그램, 상속관계 및 다형성 등을 정의하는 영어사전 프로그램 구현 등이다.

Table 8. An example matrix, which represents the associations of MLOs and evaluation problems

A MLO	Q1	Q5	Q11	Q16	A1	A3	A5
MLO <sub>11</sub>	1	0	0	0	0	0	0
MLO <sub>12</sub>	1	0	0	0	0	0	0
MLO <sub>13</sub>	0	1	0	0	0.8	0	0
MLO <sub>41</sub>	0	0	1	1	0	0.2	0.4
MLO <sub>42</sub>	0	0	0	1	0	0	0.2
MLO <sub>43</sub>	0	0	1	1	0	0	0.2
MLO <sub>44</sub>	0	0	0	1	0	0	0.2

시험, 과제 등의 평가도구와 학습성과의 연계는 Table 8과 같이 정의할 수 있는데 Table 6과 Table 7에 나타난 학습성과 및 평가도구 사이의 연관 정도를 사례로 보인다.

### 5.2 학습성취 평가

코스맵 기반 학습성취 평가를 실험하기 위해 본 논문에서는 2020학년도 1학기에 개설되었던 “자바프로그래밍” 교과와 수강생(75명)들을 대상으로 성취도를 산출하고 그 의미를 분석하였다. 4.2절에 제시한 알고리즘에 따라 학습자별 학습성취도 및 학습성과별 학습성취도를 산출하고 교과목의 종합적 학습성취도를 산출하였다.

교과에서 수행한 학습성과 및 시험, 과제 등의 학습활동 수는 Table 9와 같이 요약할 수 있다. 모듈 학습성과와 연계된 중간, 기말고사의 문항 수, 과제의 세부 문항 수, 기말프로젝트의 세부 문항 수 등을 보이고 있다.

Table 9. A partial list of module learning outcomes of Java Programming

LO	MLO	Exam		Assignment			Project
		Mid	Final	1	2	3	
7	22	20	20	2	4	4	3

수강생의 학습활동 평가를 통해 학습자별 학습성과 성취도를 산출한 결과 Fig. 6과 같이 요약된다. 성취도는 [0..1] 범위의 값으로 산출되므로 y축 상의 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 기준으로 각 점수 구간의 성취도를 가지는 학생 수를 x축에 표시한다. 그래프를 통해 [0.4-0.6] 구간의 성취도를 가지는 학생 수가 가장 많음을 알 수 있다. 임계값 0.8 이상의 성취도를 가지는 학생 수는 11명으로 15%의 비중을 보인다.

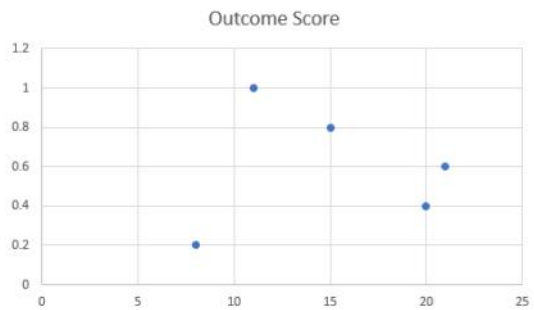


Fig. 6. A scattered graph for representing the number of students according to their achievement scores of learning outcomes

Fig. 7은 모듈 학습성과 M1~M22의 성취도 분포를 보이는 그래프로서 M1~M8 학습성과의 성취도는 높은 반면 M13~M19 학습성과는 클래스 상속과 다형성, 인터페이스, 스레드 등의 상위 수준 개념과 관련된 것으로 낮은 성취도를 보인다. 임계값 0.8 이상의 학습성과 수는 7개로 32%의 비중을 가진다.

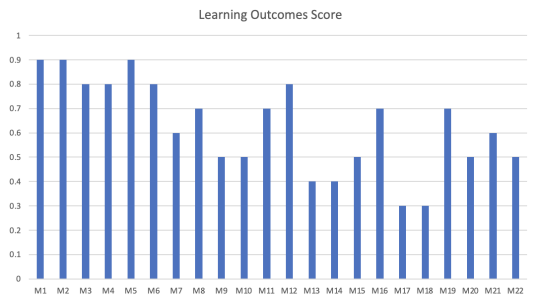


Fig. 7. A graph for representing achievement scores of module learning outcomes

학습자별 학습성과 성취도와 모듈 학습성과 성취도의 성취수준 정도를 볼 때 교과 수업개선 분석을 통해 더 많은 학생들이 높은 성취를 가지도록 교과 개선이 요



구된다. 본 논문에서 제시하는 방법에 따라 학습성과 성취도를 상세하게 산출하고 분석하는 경우 효과적인 수업의 질적 개선을 유도하는 데이터로 활용할 수 있다.

## 6. 결론 및 향후연구

역량기반 교육의 정의, 적용 방법, 효과 등에 대한 여러 이견들이 있지만 기본적으로 고등교육기관에의 역량 기반 교육과정 개발 및 운영에 대한 요구는 지속적으로 강화되고 있다. 기존 전통적인 교육 방식에서 탈피하여 역량기반 성과 중심 교육을 수행하기 위해서는 대학 학사행정 시스템의 고도화를 통한 교과기반 학습성과 성취평가를 지원할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 학습성과 성취평가 시스템 구축을 위한 방안으로 코스맵 기반 학습성과 및 성취도 평가 데이터 모델을 설계하고 성취도 산출 알고리즘을 개발하였다. 또한 실제 운영 교과에서의 적용을 통해 제안한 모델의 퀄리티를 평가하였다. 제안한 데이터 모델을 이용하여 학습성과, 학습활동 데이터 저장소를 구축하고 알고리즘을 구현하여 입력된 학습활동 데이터를 기반으로 자동으로 성취도를 산출하는 서비스를 구현할 수 있다.

현재 구현 중인 학습성과 성취도 평가 시스템은 성취도 평가뿐만 아니라 성취도에 기반한 학습 피드백과 학습자의 학습성취의 높고 낮음에 따라 개인화된 학습 지원 서비스를 포함한다. 따라서 향후 연구내용은 학습성취도 향상을 위한 적용형 피드백과 개인화된 학습모듈 추천 서비스의 구현이다.

## REFERENCES

[1] S. H. Kang. (2020). On the Competency-based Operation and Improvement Plan of Liberal Arts Courses. *Korean Journal of General Education*, 14(3), 123-135.

[2] S. N. Son & I. Y. Kim, Kim, H. S. Song, J. S. Lee, & Y. J. Choi. (2021). Competency-Based Education and Core Competencies in Higher Education. *Korean Journal of General Education*, 15(1), 11-30.

[3] H. K. Kim. (2015). Development on the model of outcome-based course evaluation design for Course-Embedded Assessment. *Journal of Engineering Education Research*, 18(6), 24-31.

[4] S. J. Lee & C. Y. Jo. (2019). Development and

Implementation the Program Outcomes Assessment System based on Web-based Course Embedded Assessment(CEA). *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, 5(1), 67-75.

[5] S. H. Kang. (2020). A Study on Learning Modules for Course Embedded Assessment of Soft Skills Program Outcomes. *Journal of Engineering Education Research*, 23(6), 40-50.

[6] A. Lakas & A. N. Belkacem. (2021, April). A Framework for Course-embedded Assessment for Evaluating Learning Outcomes of a Network Programming Course. *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. (pp.989-995), Austria : Vienna.

[7] W. N. Jeong. (2018). A Study on Course-Embedded Assessment for Program Outcomes of Information Security Program for Engineering Education Accreditation. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 19(7), 183-191.

[8] J. H. Park & J. Y. (2019). Ahn. Development of Course-Embedded Assessment in Electronic Engineering Education Program. *Journal of Engineering Education Research*, 22(4), 43-49.

[9] S. S. Park. (2020). Framework for Course-Embedded Outcomes Assessment: A Case Study of Architecture & Building Engineering Program at KSNU. *Journal of Engineering Education Research*, 23(1), 47-58.

[10] Y. I. Han. (2016). A Study of the Adaptability of CEA for Learning Outcomes Assessment of Nursing Management Courses. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 16(5), 301-327.

[11] S. M. Nam. (2017). Development of a Program Outcomes Assessment System based on Course Embedded Assessment for Nursing Education. *Journal Korean Academic Society Nurse Education*, 23(2), 135-145.

[12] A. Shaw. (2019). *Course Mapping*. Wiley Education Services (Online). <https://ctl.wiley.com/course-mapping-2/>

[13] B. Hartley. (2021). *The Online Course Mapping Guide*. Digital Learning at UC San Diego (Online). <https://www.coursemapguide.com/>

[14] S. Arafeh. (2015). Curriculum mapping in higher education: a case study and proposed content scope and sequence mapping tool. *Journal of Further and Higher Education*, 40(5), 1-27.

정 현 숙(Hyun-Sook Chung)

[정회원]



- 1993년 2월 : 대구가톨릭대학교 물리학과(이학사)
- 1995년 2월 : 대구가톨릭대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 연세대학교 컴퓨터공학부(공학박사)

- 2006년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 모바일컴퓨팅, 이러닝, 학습분석, 추천시스템
- E-Mail : hsch@chosun.ac.kr

김 정 민(Jung-Min Kim)

[정회원]



- 1992년 2월 : 홍익대학교 전자계산학과(이학사)
- 1994년 2월 : 홍익대학교 전자계산학과(이학석사)
- 2007년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부(공학박사)

- 2008년 4월 ~ 현재 : 대진대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 시맨틱웹, 온톨로지, 정보공학, 정보검색
- E-Mail : jmkim@daejin.ac.kr