

# 프로그래밍 교육에서 메타인지 기반의 학습 내용 측정 항목 연구

## A Study of Measure data on learning contents of a Metacognition-based in Programming Education

김민수<sup>†</sup> · 안성진<sup>††</sup>

Min-Su Kim<sup>†</sup> · Seongjin Ahn<sup>††</sup>

### 요 약

소프트웨어에 대한 사회적 관심과 교육의 중요성이 높아지고 있는 가운데 사물인터넷이나 차량의 임베디드 시스템에 많이 사용되고 있는 C 프로그래밍 언어를 선정하여 C 언어를 배우는 학습자들을 대상으로 프로그래밍 교육 과정 중에 학습자별 다른 학습 내용 이해 수준 차이를 측정하는 항목에 대한 연구를 진행하였다. 이를 위해 2022개정 교육과정 중 프로그래밍 영역에서 다루는 8가지 성취기준과 C 언어가 가지는 특징을 이용하여 8개의 학습 요소와 1개의 공통 요소를 정의하고 각 학습 요소에 대하여 87개의 세부 측정 항목을 제안하였다. 이 측정 항목은 메타인지의 기능적 4단계를 이용하여, 각 단계에서 학습자에게 학습 내용 이해 여부를 측정할 수 있도록 구성하였다. 이를 검증하기 위해 전문가들과 이해관계자들을 대상으로 설문조사와 분석을 실시하였다. 그리고 학습자의 부담을 최소화할 수 있도록 온라인 설문이나 실습 활동, 학습 지원 화면 등을 이용하여 측정할 방법을 제안하였다. 향후 학습자별 맞춤 학습을 제공하는 시스템 설계, 개발하는 연구에 밑거름이 되어 학습자 간의 이해 차이를 줄일 수 있는 연구에 기여할 수 있기를 기대한다.

**주제어:** 프로그래밍 교육, 메타인지, 학습 내용 이해, 학습 내용 측정

### ABSTRACT

Social interest in software and the importance of education are increasing. C language was selected, which is widely used in the Internet of Things and embedded systems in vehicles. For learners learning C language, a study was conducted on items to measure the difference in the level of understanding of learning content for each learner in the process of programming education. To this end, 8 learning elements and 1 common element were defined using the characteristics of the C language and the 8 achievement standards dealt with in the programming area of the 2022 revised curriculum. And then 87 detailed measurement items were proposed for each learning element. Using the four functional stages of metacognition, measurement items were constructed to measure learners' understanding of learning content at each stage. To verify this, a survey and analysis were conducted targeting experts and stakeholders. In addition, to minimize the burden on learners, a method for measuring using online surveys, practice activities, and learning support screens was proposed. In the future, it is expected that this study will contribute to research that can reduce the gap in understanding between learners by laying the groundwork for system design and development research that provides customized learning for each learner.

**Keywords:** Programming Education, Metacognition, Understanding of Learning Contents, Measurement of Learning Content

### 1. 서론

소프트웨어 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 소프트웨어 교육에 대한 참여 기회나 멀티미디어 교육 자료, 온·오프라인 교육 환경 등 학습자가 교육을 접할

기회가 많이 생기고 있다. 이에 교육기관에서도 초·중고에서는 2022 개정 교육과정을 통해 SW, AI 교육을 강화하면서 모든 교과교육을 통한 디지털 기초소양 함양 기반을 마련하고 정보교육 과정과 연계하여 AI 등 신기술 분야 기초·심화 학습 내실화하는 교육을 강조하

<sup>†</sup>정 회 원: 성균관대학교 대학원 박사수료

<sup>††</sup>중신회원: 성균관대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)

고 있다[1].

이와 더불어 대학에서도 대학 교육을 SW 중심으로 혁신하여, SW 전문 인력을 양성하고 확산하는 소프트웨어 중심대학 사업을 진행하고 있다[2]. SW 교육이 강조되면서 프로젝트 기반 학습, 문제 해결 중심 학습 등 여러 가지 교수학습 방법 및 이를 활용한 교육에 대한 연구도 수행되고 있다.

이 연구에서는 컴퓨터 프로그래밍 교육에서 다루는 여러 언어 중 사물인터넷이나 차량의 임베디드 시스템에 2022년 현재에도 여전히 인기가 있게 사용되는 C언어라는 프로그래밍 언어를 대상으로 하였다[3]. C를 접하는 학습자들을 대상으로 프로그래밍 교육 과정에서 학습자가 행하는 프로그램 코딩 활동, 질문/답변 활동, 프로그램 실행 결과 등의 데이터를 수집하여 학습자별로 다른 학습 내용의 이해 수준에서 발생하는 차이를 줄이는 데 도움이 되고자 하였다.

먼저 2022 개정 교육과정 중 정보에서 알고리즘과 프로그래밍 영역 중학교는 9정03-05부터 07까지, 고등학교는 12정03-04부터 08까지 8개의 성취기준 내용에 의하면, 학습 요소를 이해하여 프로그램을 작성한다는 기준으로 되어 있다[1]. 이 기준은 학습 요소의 분류로 구성되어 있기 때문에 해당 학습 요소에서 세밀한 부분까지 내용 이해 여부를 확인하는 데 한계가 있다. 그래서 이 기준과 C언어가 가지고 있는 특징을 바탕으로 하여 측정 항목을 구성하면, 학습자가 학습 요소의 세밀한 부분까지 학습 내용의 부족한 부분을 확인할 수 있을 것으로 판단하였다.

또한 프로그래밍 교육 코딩 과정에서 발생한 오류를 기반으로 학습 처방을 하는 선행연구를 분석한 결과, 학습 중에는 도움이 될 수 있으나 학습자가 학습에 들어가기 전이나 학습 후에 학습 내용 이해 여부를 판단하는 데 어려움이 있다고 생각했다[5-11].

따라서 이 연구에서는 프로그래밍 교육에서 컴퓨터를 이용하는 점과 메타인지에 기반 한 학습 과정 전반에 걸쳐 학습자에게 얻을 수 있는 데이터를 이용하여 학습자의 학습 내용 이해 여부를 확인할 수 있도록 하고자 하였다. 이에, 학습 내용의 이해 여부를 확인할 수 있는 측정 항목이 필요하게 되어 연구를 시작하게 되었다.

이 연구의 연구 의제는 다음과 같다.

1) 프로그래밍 수업 전에 학습자의 학습 내용 이해 여부를 알 수 있는가?

2) 프로그래밍 수업 중 학습자의 학습 내용 이해 여부를 알 수 있는가?

3) 프로그래밍 수업 결과를 통해서 학습자의 학습 내용 이해 여부를 알 수 있는가?

## 2. 관련 연구

### 2.1 메타인지

인지(Cognition)의 사전적 의미는 어떤 사실을 인정하여 앎이라고 되어 있다. 메타인지(MetaCognition)는 ‘인지’에서 한 걸음 더 나아가 자신의 인지 과정에 대해 한 차원 높은 시각에서 관찰하고 발견하고 통제하는 정신작용이다. ‘인지에 대한 인지(Cognition about Cognition)’라고도 하고, ‘사고에 대한 사고(Thinking about Thinking)’라고 이야기한다[12, 16-18].

메타인지는 교육학, 심리학 분야에서 빈번히 사용되는 개념으로 학습과 관련된 많은 서비스나 기술들이 메타인지를 사용하여 발전해 왔다.

메타인지의 개념은 Flavell이 1971년에 암기 활동에 대한 지식을 의미하는 말로서 메타기억(metamemory)이라는 용어를 시작으로 발전해 왔다[15-18].

이러한 연구가 계기가 되어 암기 활동을 포함한 인지 현상 전반에 대한 지식을 일컫는 보다 포괄적인 의미의 메타인지라는 용어가 탄생하게 되었다.

학습의 관점에서는 학습자가 스스로의 인지과정을 이해하고 사고 및 문제 해결 과정을 계획, 수행, 평가, 수정 기능을 하는 것으로 알려져 있다[13-15].

### 2.2 메타인지의 영역과 구성 요소

Flavell(1979)은 메타인지를 메타인지적 지식과 메타인지적 경험으로 분류하고 다시 메타인지적 지식을 사람, 과제, 전략에 대한 지식으로 세분화하였다[15-20].

Brown(1987)은 메타인지를 인지에 대한 지식과 조절로 분류한다. 인지에 대한 지식은 Flavell의 메타인지적 지식과 유사하다[16-18].

Miller(1985)는 Flavell이 말한 메타인지적 지식의 구성요소인 사람, 과제, 전략 변인의 구체적인 구성요소들을 제시하였다[15, 16].

Schoenfeld(1987)는 자신의 사고 과정에 대한 지식, 제어와 자기조절, 신념과 직관이라는 세 가지 범주로 정리하였다. 사고 과정에 대한 평가 결과라는 의미에서 Flavell의 메타인지적 지식의 하위 범주인 자신에 대한 지식에 포함된다고 볼 수 있다. Flavell의 메타인지적 지식과 유사하지만 Schoenfeld는 특히 각자가 지니고 있

는 오개념에 초점을 맞추고 있다[16, 18].

Wellman(1985)은 메타인지를 개인이 소유하고 있는 일종의 정신 이론(theory of mind)으로 간주하면서 이를 정신세계의 존재성에 대한 지식, 정신적인 과정에 대한 지식, 인지 과정의 통합에 대한 지식, 변인에 대한 지식, 인지적 점검과 같은 서로 다른 그러나 부분적으로 공통점을 갖는 다섯 가지 유형의 지식이 내포되어 있는 것으로 보았다[16, 17].

Schneider(1985)는 메타기억을 변인과 감수성이라는 두 가지 하위 범주로 구분하였다[16, 17].

Brown(1987)은 메타인지를 지식뿐만 아니라 행동으로도 규정하고, 메타인지를 인지에 대한 지식과 조절이라는 두 개의 하위 범주로 분류하였다. Brown의 분류는 Flavell의 분류에서 메타인지적 경험이라는 애매모호한 영역을 제거하고, 그 대신 인지에 대한 조절이라는 문제 해결에 관한 행동 영역을 추가한 것이다[16-18].

Zimmerman과 Ponz(1986)는 메타인지적 자기 조절을 15개의 전략으로 나누고 각각을 정의하였다. 지식과 행동이라는 두 가지 서로 다른 측면으로 메타인지를 구분하는 것이 현재의 가장 보편화된 관점이다[16, 17].

Brown과 비슷한 관점에서 Nelson과 Narens(1994)는 메타인지의 체계를 제어와 점검이라는 두 가지의 독특한 관계로 설명하였다[16, 17].

Garofalo와 Lester(1985)는 메타인지적 기능의 구성요소를 모니터(monitring), 평가(evaluation), 제어(control)의 세 가지 요소로 구분하였다[16, 18].

이 밖에도 Schraw와 Graham(1997)은 메타인지적 기능의 구성요소를 계획(planning), 모니터(monitring), 평가(evaluation)로 보며, 노태희 외(1998)는 계획(planning), 점검(monitring), 조절(regulating)로 보고, Zimmerman(1986)은 메타인지적 기능의 구성요소 중 조절을 강조하여 메타인지의 기능적 측면을 자기조절(self-regulation)이라고 명명하고 자기 조절을 계획, 조직, 자기지시, 자기평가 활동을 포함하는 개념으로 설명하였다[16, 18].

김영채(1995)는 인지적 제어에 모니터와 제어의 개념을 포함시켰다. 고광병(2005)은 인지적 모니터링을 자신의 인지 활동을 의식적으로 관찰하고 검토하는 능력 그리고 인지 활동에 대한 평가, 통제 및 조절하는 등의 능력을 포함하는 광의의 능력으로 정의하였다[16, 18].

Nelson과 Narens(1994)은 제어와 모니터의 기능을 매우 명쾌하게 구분하였는데 이를 위하여 인지적 과정을 메타 수준(meta-level)과 객체 수준(objective-level)로 나누고 메타 수준과 객체 수준 사이에서의 정보 흐름의

방향에 의해 제어와 모니터를 구분하였다[16-18].

신혜은과 최경숙(2002)은 Nelson과 Narens(1994)의 모델 변형을 통해 메타인지적 지식과 조절의 관계를 나타내는 연구를 했고, 메타 수준의 변화가 수행의 변화를 일으키고, 수행의 변화가 메타지식 수준을 변화시키는 양방향의 관계가 있다고 정리했다[16, 18].

박인숙(2010)은 기존 연구들의 분석을 통해 메타인지의 구성요소를 메타인지적 지식과 조절로 보고 각각 하위요소를 사람, 과제, 전략과 계획, 점검, 평가로 보았다[16].

이은주(2010)는 기존의 연구들을 통해서 메타인지의 영역과 하위 구성 요소에 대한 관점이 매우 다양하며, 사용하는 용어와 의미도 통일되어 있지 않음을 확인하였다. 그래서 메타인지에 관한 연구를 정리하여 메타인지의 영역을 메타인지적 지식과 기능으로 구분하고, 메타인지적 지식은 인지 전략 사용의 효과성 및 중요성, 전략의 적절한 사용법과 사용 시기를 아는 것으로, 메타인지적 기능은 메타인지적 지식에 비추어 인지전략을 계획, 모니터, 조절, 평가하는 것으로 보았다[18].

이 연구에서는 여러 논문 및 학술자료를 살펴보고, 메타인지의 영역 중에서 개인에 심리 상태나 개인의 내적 상태에 대한 부분인 메타인지적 지식은 제외하였고, 메타인지적 기능 영역의 계획, 모니터, 조절, 평가 영역을 이용하여 프로그래밍 교육 시 학습자의 학습 내용 이해 여부를 확인할 수 있는 측정 항목을 파악하는 방안에 대하여 중점을 두고 진행하였다.

## 2.3 프로그래밍 교육에서 메타인지 관련 연구

오소희, 김응진, 김성식(2017) 메타인지 요소를 적용하여 엔트리 기반의 소프트웨어 교육 콘텐츠를 설계 개발하고 이를 활용한 수업이 학생들의 메타인지 향상에 긍정적 영향을 미치는 것을 확인하였다[21].

이성주, 전희정, 나재희(2013)는 온라인 학습 콘텐츠의 제시 유형과 제시 수준에서 메타인지가 학습에 끼치는 효과에 대한 연구를 하였고, 온라인 학습 과정에 대한 분석을 통하여 학습자의 메타인지가 콘텐츠의 결점이나 결핍을 보완하여 학습을 수행하게 하는 주요 요인임을 확인하였다[22].

기존 연구가 메타인지를 콘텐츠에 적용하여, 학습자의 메타인지를 향상시키거나 메타인지를 활용하여 콘텐츠의 결점이나 결핍을 보완하여 학습자의 학습 효과를 높이는 연구에 초점을 맞췄다면, 이 연구는 메타인지의 기능 영역 4단계를 이용하여 학습과정 전반에 걸

쳐 학습자의 학습 내용 이해 여부를 확인하는 측정 항목을 파악하는 부분에 초점을 맞춰 연구를 진행하였다.

### 3. 학습 내용 측정에 관한 연구

#### 3.1 연구절차

이 연구는 메타인지적 기능 영역 4단계를 이용하여 학습 과정 중에서 학습자의 학습 내용 이해 여부를 파악할 수 있는 측정 항목을 구성하였다.

학습자 내용 이해 여부 확인을 위한 측정 항목에 대한 연구를 위하여 2022 개정 교육과정 중 정보교육과 정보의 성취기준과 메타인지 기능 단계에서 질문 문항, 메타인지 관련 학술지 논문, 학위 논문 등을 바탕으로 측정 항목을 도출하였다. 이 과정을 통하여 정리한 학습 요소별 측정해야 할 문항들의 내용을 중심으로 11명의 전문가와 전문가 심층 면접을 3차에 걸쳐 진행하였다. FGI에서는 브레인스토밍으로 진행하였으며, 진행 도구는 마인드맵(Mind Map) 도구로 결과를 정리하였다.

FGI에 의하여 도출된 8개 학습 요소와 1개의 공통 요소에 대해 검증을 하기 위해 60명의 이해관계자를 대상으로 14일 동안 설문조사를 진행하였다. 설문조사 결과로 내용타당도 분석을 실시하였다.

#### 3.2 전문가 심층 면접

학습자의 학습 내용 이해 여부를 확인을 위한 측정 항목 도출을 위해 FGI를 진행하였다. 메타인지적 기능을 기반으로 학습 요소별 학습자 학습 내용 이해 여부 측정에 대한 취지 등을 심층 면접 참석자들에게 사전에 설명하고 인터뷰를 진행하였다. FGI에 참여한 전문가는 11명이며 10년 이상의 경험을 가지고 있는 컴퓨터 교육 또는 컴퓨터 학과 교수, 프로그래밍 교육 경험 있는 교사, 교육 경험이 있는 개발자 등 전문가를 교육자로 정하고, SW 개발 경험이 있는 12년 이상의 전문가들을 개발자로 정하였다. 전문가들로부터 3차에 걸쳐 의견을 수렴하고 각 학습 요소에서 측정해야 할 항목을 도출하였다. 전문가 심층 면접에 참여한 집단 현황은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Status of Participants

Occupation	Number of experts (%)	Programming-related career(Average years)
Educator	8 (82.0%)	15
Developer	3 (18.0%)	14
Total	11 (100%)	14.7

1차 FGI는 3시간 동안 브레인스토밍으로 진행하였으며, 브레인스토밍에 대한 정리는 마인드맵을 사용하였다. 1차 진행 과정에서는 프로그래밍 교육 중에서 발생할 수 있는 학습자의 학습 내용 이해 여부와 학습 요소에 대하여 논의하였으며, 각 학습 요소별로 관련된 세부 속성 그리고 해당 부분에 대한 학습자의 학습 내용 이해 여부 측정 방안을 논의하였다. 참여자들은 학습자의 학습 내용 이해 여부에 대하여 높은 관심이 있었으나 아직은 어떻게 측정하고 세분화시키고 체계화할지에 대한 생각은 적은 편이었다.

2차 FGI는 1차의 결과를 참여자에게 사전 배포한 후 2차에 참여할 수 있도록 하였다. 인터뷰에 참여하지 못한 인원에게는 전화나 이메일을 통하여 의견을 수렴하였다. 2차에서는 학습 요소와 학습 요소별 세부 측정 항목에 대한 이야기가 조금 더 구체화되었다. 추가로 학습 요소별로 측정해야 할 개별 항목들과 공통으로 측정해야 하는 항목들을 구체적으로 도출하였다. 그래서 학습 요소 8개와 공통 요소 1개에 대하여 세부 속성 항목을 도출, 정리하였다. 마찬가지로 2차의 결과를 마인드맵으로 정리하여 제공하였으며, 3차 인터뷰에서 추가 논의를 할 수 있도록 요청하였다.

3차 FGI에서는 학습 요소별 학습자에게 측정해야 할 세부 항목에 대한 최종안을 만들기 위한 최종 과정으로 정하고 진행하였다. 3차에서는 그동안 도출되었던 학습 요소, 세부 항목 등을 표로 정리하였다. 3차에 걸쳐 최종적으로 정리된 FGI 결과는 <Table 2>와 <Table 3>과 같다.

#### 3.3 학습자의 학습 내용 측정에 관한 연구 과정

##### 3.3.1 메타인지 기능 영역 적용

메타인지의 기능 영역 4단계를 이 연구에서는 다음과 같이 적용하였다.

계획 단계는 학습의 계획 또는 문제 해결 목표에 대하여 전반적으로 접근을 결정하는 행위가 이뤄져야 하는 단계이다. 학습자가 스스로 질문을 하며 아는 내용인지 모르는 내용인지를 확인하는 단계로 사용하였다.

모니터 단계에서는 본인의 인지 상태를 점검하고, 인지 활동의 진행 상태를 관찰하여, 계획을 실행하는 동안 성공할지 여부를 평가하면서, 사용하고 있는 인지 전략의 적절성에 대하여 검토하는 행위를 하는 단계이다. 학습자가 학습의 내용과 문제를 보면서 학습의 내용을 확인하고 문제에서 주어진 것과 구하려는 것의 관계를 파악하기도 하고, 학습을 수행하기 전 학습자가

스스로 질문을 하며 아는 내용인지 모르는 내용인지에 관해서 확인하는 단계로 사용하였다.

조절 단계에서는 과제의 진행 시 문제가 발생할 때나 현재 사용 중인 인지 전략이나 활동 방법을 수정하거나 하여 전환하는 행위를 하는 단계이다. 학습자가 학습 활동이나 문제를 해결하는 과정에서 발생하는 상황을 통해 학습 내용을 아는 내용인지 모르는 내용인지에 관해 확인하는 단계로 사용하였다.

평가 단계에서는 본인의 인지 활동에 대한 결과나 사용한 인지 전략에 대해 반성적 판단으로, 미래의 유사 상황에 적용할 수 있는 전략으로 만드는 데 도움을 주는 행위를 하는 단계이다. 학습자가 학습이나 문제 해결 과정을 통해서 학습의 내용을 이해하거나 학습을 통해 얻어낸 결과값을 통해서 학습된 내용을 이해했는지 확인하며, 다른 방법을 알게 되었을 때 기존의 학습 방법을 개선할 수 있는지 확인하여 학습이나 문제를 해결하는 과정을 돌아보고 확인하는 단계로 사용하였다.

각 단계에서 공통으로 나오는 특징은 학습자가 학습할 내용이나 문제에 대해 알고 있는지 모르고 있는지에 관해 확인하는 것이다.

이 연구에서는 계획이나 조절 단계는 각 학습 요소별로 확인해야 하는 항목이 달라야 하므로 각 학습 요소별 개별 항목으로 구성하였고, 모니터링과 평가 단계에서는 프로그래밍 학습 요소별 공통으로 학습자에게 질문이나 학습 행동을 통해 확인할 수 있도록 공통 항목으로 정의하였다.

### 3.3.2 학습 요소별 측정 항목 제안

앞선 FGI를 통해서 메타인지를 적용한 학습 요소별 학습 단계를 설정하여 학습자에게 측정해야 하는 세부 측정 항목을 <Table 3>과 같이 도출하였고, 학습 요소별 공통으로 측정해야 하는 항목은 <Table 4>로 분리하여 도출하였다[1, 23].

학습 요소별 각 학습 단계에서 학습자에게 질문 또는 학습 활동을 수행하고 결과를 확인함으로써 학습자가 학습 내용의 이해가 부족한 부분을 확인할 수 있도록 하는 측정 항목으로 구성하였다.

**Table 3.** Measure data by Learning factors of a Metacognition-based

Learning Factors	Metacognitive Function	Property
Variables and data	planning	Understanding Variable Concepts
		Understanding variable declarations

types		Understanding Variable Name Definitions
		Understanding Variable Data Type Definitions
		Understanding Variable Data Assignment
		Understanding Required Variables
	regulation	Variable declaration
		Declare variable names
		Allocate variable value
		Variable data type conversion
		Check for unused variables
	planning	Understanding Constant Concepts
		Understanding Constant Declarations
		Understanding how to use constants
regulation	constant declaration	
	Use constant	
Operator	planning	Understanding Operator Concepts
		Understanding how to use Operator
		Understanding Operator Priority
	regulation	Use Operator
		Change Operator Priority
Control statement	planning	Understanding Control Statement Concepts
		Understanding Control Statement Pattern
		Understanding how to use Control Statement
		Understanding how to write conditional expressions in control statements
	regulation	Use if statements
		Change if statements
		Use switch statements
		Change switch statements
	planning	Understanding the Loop Statements Concepts
		Understanding the Loop Statements Pattern
		Understanding finite loops statements
		Understanding infinite loops statements
		Understanding how to use loop statements
		Understanding the initial value of a loop
		Understanding loop condition
		Understanding loop increments
		Understanding how to stop a loop
		Understanding how to continue looping
	regulation	Use for statements
		Change for statements
		Use while statements
		Change for statements
Function	planning	Understanding Function Concepts
		Understanding how to use Function

		Understanding Function Declarations
		Understanding the return data type of a function
		Understanding how functions return values
		Understanding how to define parameters for functions
		Understanding function parameter usage
	regulation	Write a function
		Using function parameters
		return the result of a function
Array	planning	Understanding Array Concepts
		Understanding array declarations
		Understanding array usage
		Understanding array size settings
		Understanding Array Value Initialization
		Understanding the use of array indexes
	regulation	create an array
		assignment of array values
		call array value
Pointer	planning	Understanding the pointer concept
		Understanding pointer declarations
		Understanding pointer usage
	regulation	Understanding pointer initialization
		pointer creation
		pointer initialization
Structure type and Union	planning	pointer value assignment
		Pointer value call
	regulation	Understanding the concept of structures and unions
		Understanding struct declarations
		Understanding struct usage
		Understanding union declarations
		Understanding how to use unions
		create a struct
File input and output	planning	struct value assignment
		call struct value
	regulation	create union
		Assign a union value
		call union value
	regulation	Understanding file concepts
		Understanding file usage
		file creation
		file call
		change file

**Table 4.** Common Measure Data of a Metacognition-based

Learning Factors	Metacognitive Function	Property
common factors	monitoring	Check learning objectives
		Check learning contents
		Check pre-learning elements

	evaluation	Correct result values
		The correct order of execution
		Use required learning elements
		Understand learning contents
		Use learning contents
		Improve learning methods

### 3.3.3 학습 내용 이해 여부 측정 방법 제안

FGI를 통해 검증된 문항들을 바탕으로 학습자를 대상으로 프로그래밍 교육 과정에서 학습자가 행하는 프로그램 코딩 활동, 질문/답변 활동, 프로그램 실행 결과 등의 데이터를 통해 학습자의 학습 내용 이해 여부를 파악할 수 있을 것이다. 하지만 이러한 학습 내용 이해 여부를 측정하는 활동이 학습자의 학습 시간을 저해하는 요인이 될 수 있으므로, 이를 줄이기 위해 프로그래밍 교육이 컴퓨터를 사용하고 온라인 환경이라는 점을 이용하여 다음과 같이 단계별로 직접적 개입을 최소화하면서 학습자의 학습 내용 이해 여부를 확인할 방안을 제안하면 다음과 같다.

계획 단계에서는 학습 요소에 필요한 사전 지식이나 내용을 온라인 설문을 이용하여 측정한다.

모니터링 단계에서는 학습 지원 화면 UI에 학습에 필요한 관련 내용을 배치하여 학습자가 선택하는 정보를 이용하여 측정한다.

조절 단계에서는 온라인에서 프로그래밍 개발 환경을 제공하는 온라인 저지(Online Judge) 등에서 발생하는 메시지를 이용하여, 이용하여 측정한다.

마지막으로 평가 단계에서는 온라인 저지의 문제 풀이 결과를 이용하거나 온라인 설문을 이용하여 측정한다.

위와 같은 방법을 이용한다면, 기존 종이 설문으로써 얻을 수 있는 데이터를 온라인 설문이나, 학습 지원 화면, 온라인 저지의 코딩 데이터 등의 자료를 이용함으로써 학습자의 학습 내용 이해 여부 확인에 필요한 항목을 간소화할 수 있을 것이다.

## 4. 설문조사 분석 및 결과

### 4.1 설문조사 방법 및 대상

이 연구는 프로그래밍 교육과 관련한 다양한 자료들을 바탕으로 3차에 걸친 FGI를 통해 최종적으로 8개의 학습 요소에 세부 항목 86개, 공통 요소 1개의 세부 항목 9개를 도출하였다. 측정 도구의 척도는 리 커트 5점

척도로 구성하여 낮은 1점은 전혀 필요하지 않다는 것으로 5점은 매우 필요하다고 구성하였다.

설문조사 대상으로는 프로그래밍 교육 분야에서 종사하는 교수자 40명과 프로그래밍 개발 분야에서 종사하는 개발자 40명 총 80명을 선정하여 설문지를 배포하고 회수된 63부 중에서 응답이 부실한 3부를 제외한 60부를 분석하였다. 응답자들의 특성은 <Table 5>와 같다.

**Table 5.** Group Comparative Analysis(N=60)

Division	Group	N	Percent
Occupation	Educator	30	50.0
	Developer	30	50.0
Career	< 5 years	19	31.7
	5 < 10	15	25.0
	10 < 15	14	23.3
	15 < 20	5	8.3
	> 20	7	11.7
Education	Bachelor	30	50.0
	Master	26	43.3
	Doctor	4	6.7

## 4.2 설문결과

### 4.2.1 설문결과 분석

8개 학습 요소와 1개 공통 요소에 대한 전문가 설문을 진행한 결과 학습 요소별 기술 통계량 분석 결과 평균의 범위는 3.80~4.70, 신뢰도는 0.608~0.964, CVR의 범위는 0.27~1.00으로 산출되었다.

학습 요소별 측정 항목 86개 중에서 8개의 항목이 CVR 값이 0.59 이하를 받았는데 변수의 이름 정의, 필요 변수의 개수, 변수에 이름 지정, 변수의 데이터형 변경, 상수의 사용, 연산자의 우선순위 변경, 조건문 if 문의 switch 문 변경에 대해서는 전문가들이 공통으로 측정에 대한 필요성이 낮은 것으로 응답을 해주었다. 이는 앞서 변수에서 이름에 정의하는 하는 부분이 프로그램 교육을 하는 데는 크게 영향을 끼치지 않기 때문이라는 의견도 있었고, 조건문에 대한 변경 또한 자주 사용하는 부분이 아니기에 해당 항목을 측정하는 부분은 필요하지 않다는 의견이었다.

그리고 공통으로 측정해야 할 것 같은 항목 9개 중에서 모든 항목이 CVR 값 0.59 이상을 받아 측정이 필요하다는 의견이었다.

최종적으로 8개의 학습 요소 별 86개의 세부 속성 항목

중에서 78개의 세부 속성 항목이 0.59 이상의 값을 얻었고, 공통 측정 항목 9개 문항 중에서 9개 항목이 0.59이상의 값을 얻어 문항 타당도가 확보되었다.

각 학습 요소에 대한 신뢰도 분석은 <Table 6>과같이 산출되었다. 다른 변수들과 달리 ‘구조체와 공용체’, ‘연산자’의 경우 신뢰도가 각각 0.608, 0.779로 상대적으로 낮게 측정되었다.

**Table 6.** Descriptive Statistics and CVR(  $\alpha=.978$  )

Learning Factors	Property	M	SD	$\alpha$	CVR	O/X
Variables and data types	Understanding Variable Concepts	4.50	0.71	.928	0.82	O
	Understanding variable declarations	4.50	0.71		0.82	O
	Understanding Variable Name Definitions	3.90	0.99		0.45	X
	Understanding Variable Data Type Definitions	4.20	0.63		0.82	O
	Understanding Variable Data Assignment	4.30	0.48		1.00	O
	Understanding Required Variables	3.80	0.92		0.45	X
	Variable declaration	4.30	0.82		0.64	O
	Declare variable names	4.00	0.82		0.45	X
	Allocate variable value	4.40	0.70		0.82	O
	Variable data type conversion	3.90	0.74		0.45	X
	Check for unused variables	4.00	1.25		0.64	O
	Understanding Constant Concepts	4.30	0.67		0.82	O
	Understanding Constant Declarations	4.20	0.79		0.64	O
	Understanding how to use constants	4.20	0.79		0.64	O
	constant declaration	4.40	0.84		0.64	O
	Use constant	4.10	0.88		0.45	X
Operator	Understanding Operator Concepts	4.40	0.70	.779	0.82	O
	Understanding how to use Operator	4.20	0.63		0.82	O



	Understanding Operator Priority	4.50	0.71		0.82	O
	Use Operator	4.40	0.84		0.64	O
	Change Operator Priority	4.10	1.20		0.27	X
Control statement	Understanding Control Statement Concepts	4.50	0.53	.964	1.00	O
	Understanding Control Statement Pattern	4.20	0.63		0.82	O
	Understanding how to use Control Statement	4.40	0.70		0.82	O
	Understanding how to write conditional expressions in control statements	4.40	0.70		0.82	O
	Use if statements	4.60	0.52		1.00	O
	Change if statements	3.90	0.99		0.45	X
	Use switch statements	4.40	0.70		0.82	O
	Change switch statements	3.80	1.03		0.27	X
	Understanding the Loop Statements Concepts	4.70	0.48		1.00	O
	Understanding the Loop Statements Pattern	4.20	0.79		0.64	O
	Understanding finite loops statements	4.30	1.25		0.82	O
	Understanding infinite loops statements	4.20	1.23		0.82	O
	Understanding how to use loop statements	4.40	0.70		0.82	O
	Understanding the initial value of a loop	4.40	0.52		1.00	O
	Understanding loop condition	4.40	0.70		0.82	O
	Understanding loop increments	4.30	0.67		0.82	O
	Understanding how to stop a loop	4.30	0.82		0.64	O

	Understanding how to continue looping	4.10	0.99		0.64	O
	Use for statements	4.30	0.82		0.64	O
	Change for statements	4.10	0.74		0.64	O
	Use while statements	4.60	0.70		0.82	O
	Change for statements	4.10	0.74		0.64	O
Function	Understanding Function Concepts	4.50	0.53	.924	1.00	O
	Understanding how to use Function	4.30	0.67		0.82	O
	Understanding Function Declarations	4.50	0.53		1.00	O
	Understanding the return data type of a function	4.30	0.67		0.82	O
	Understanding how functions return values	4.40	0.70		0.82	O
	Understanding how to define parameters for functions	4.60	0.52		1.00	O
	Understanding function parameter usage	4.40	0.84		0.64	O
	Write a function	4.60	0.70		0.82	O
	Using function parameters	4.50	0.53		1.00	O
	return the result of a function	4.50	0.53		1.00	O
	Understanding Array Concepts	4.50	0.53	.892	1.00	O
	Understanding array declarations	4.50	0.53		1.00	O
	Understanding array usage	4.40	0.70		0.82	O
	Understanding array size settings	4.60	0.52		1.00	O
	Understanding Array Value Initialization	4.20	0.63		0.82	O
	Understanding the use of array indexes	4.30	0.67		0.82	O
	create an array	4.40	0.70		0.82	O
	assignment of array values	4.40	0.70		0.82	O



	call array value	4.40	0.70		0.82	O
Pointer	Understanding the pointer concept	4.40	0.70	.895	0.82	O
	Understanding pointer declarations	4.30	0.48		1.00	O
	Understanding pointer usage	4.30	0.67		0.82	O
	Understanding pointer initialization	4.20	0.63		0.82	O
	pointer creation	4.30	0.67		0.82	O
	pointer initialization	4.40	0.52		1.00	O
	pointer value assignment	4.40	0.52		1.00	O
	Pointer value call	4.30	0.48		1.00	O
Structure type and Union	Understanding the concept of structures and unions	4.50	0.53	.608	1.00	O
	Understanding struct declarations	4.50	0.53		1.00	O
	Understanding struct usage	4.30	0.67		0.82	O
	Understanding union declarations	4.30	0.48		1.00	O
	Understanding how to use unions	4.20	0.63		0.82	O
	create a struct	4.60	0.52		1.00	O
	struct value assignment	4.50	0.71		0.82	O
	call struct value	4.40	0.52		1.00	O
	create union	4.00	1.15		0.82	O
	Assign a union value	3.80	1.03		0.82	O
	call union value	4.00	1.15		0.82	O
File input and output	Understanding file concepts	4.60	0.52	.832	1.00	O
	Understanding file usage	4.40	0.70		0.82	O
	file creation	4.50	0.71		0.82	O
	file call	4.50	0.53		1.00	O
	change file	4.60	0.52		1.00	O
Common factors	Check learning objectives	4.40	0.70	.900	0.82	O
	Check learning contents	4.50	0.53		1.00	O
	Check pre-learning elements	4.60	0.70		0.82	O
	Correct result values	4.70	0.48		1.00	O

	The correct order of execution	4.50	0.71		0.82	O
	Use required learning elements	4.30	0.95		0.82	O
	Understand learning contents	4.60	0.70		0.82	O
	Use learning contents	4.70	0.48		1.00	O
	Improve learning methods	4.40	0.70		0.82	O

#### 4.2.2 교수자와 개발자 집단 비교 분석 설문 결과

이 연구에서 제한한 측정 항목이 교육을 중심으로 하는 교수자와 개발자 간의 인식 차이가 있을 수 있다고 판단하여, 해당 부분에 대한 차이를 확인하고자 두 집단을 대상으로 설문을 진행하였다. 독립 표본 t-test 분석을 실시한 결과는 <Table 7>과 같다.

**Table 7.** Group Comparative Analysis according to Occupation

Learning Factors	group	M	SD	<i>t</i>	<i>p</i>
Variables and data types	Educator	4.02	0.78	-1.001	.321
	Developer	4.22	0.75		
Operator	Educator	4.05	0.87	-1.508	.137
	Developer	4.35	0.65		
Control statement	Educator	4.10	0.81	-1.239	.220
	Developer	4.34	0.75		
Function	Educator	4.19	0.77	-1.938	.058
	Developer	4.53	0.55		
Array	Educator	4.15	0.79	-1.783	.080
	Developer	4.48	0.64		
Pointer	Educator	4.06	0.75	-.744	.460
	Developer	4.22	0.85		
Structure type and Union	Educator	4.05	0.77	.014	.989
	Developer	4.05	0.85		
File input and output	Educator	4.17	0.73	-.876	.385
	Developer	4.33	0.68		
Common factors	Educator	4.34	0.53	.821	.415
	Developer	4.22	0.58		

분석 결과 변수와 데이터 타입부터 파일 입출력까지 전반적으로 측정이 필요하다는 인식이 평균 4 이상으로 매우 높았으며, 두 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 존재하지는 않았다. 공통 측정 항목 또한 두 집단 간의 유의미한 차이는 발견할 수 없었다. 즉, 모든 항

목에서 교수와 개발자 집단이 공통으로 측정해야 한다고 인식하는 것으로 나타났다.

#### 4.2.3 학습 요소별 상관분석

마지막으로 이 연구의 목표를 달성하기 위하여 학습 요소 별로 어느 정도 상관관계를 가지고 있는지 살펴보았다. 상관계수가 통계적으로 유의한지 확인하였고 [24-26], 결과는 <Table 8>과 같다.

**Table 8.** Correlation analysis between variables

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
a	1								
b	.846**	1							
c	.941**	.852**	1						
d	.872**	.809**	.906**	1					
e	.869**	.754**	.879**	.943**	1				
f	.759**	.600**	.746**	.794**	.834**	1			
g	.760**	.598**	.742**	.758**	.784**	.926**	1		
h	.755**	.749**	.759**	.785**	.796**	.650**	.666**	1	
i	.613**	.515**	.648**	.688**	.691**	.604**	.578**	.659**	1

a) Variables and data types, b) Operator, c) Control statement, d) Function, e) Array, f) Pointer, g) Structure type and Union, h) File input and output, i) Common factors  
note. \*\* p<.01

상관분석 결과에서 a와 b의 상관이 0.846으로 높게 나타나는데, 이 의미는 변수와 데이터 타입과 연산자 자체의 상관이 높음을 의미하기보다는 변수와 데이터 타입, 연산자가 측정이 필요하다는 인식이 높음으로 보는 것이 적절하다. 그리고 나머지 다른 변수에 대해서도 전체적으로 상관이 높은 것으로 나왔다. 변수들이 상관이 높게 나온 것은 항목별로 측정에 대한 필요성이 높아서 그런 것으로 사료된다.

변수 간의 상관은 변수들 간에 어떠한 관계를 살피는데 선행된다. 본 절에서는 변수들 간의 상관이 높게 나타났다는데, 이 부분에 대해서는 추후 후속 연구를 통해 다중공선성이 존재하는지 여부를 면밀히 검토해 볼 필요가 있겠다.

#### 4.3 연구결과

이 연구에서는 학습자의 학습 내용 이해 여부를 파악하기 위한 측정 항목에 관한 연구를 하였고, 그 항목에 대해 전문가와 두 이해관계자 집단의 연구 결과를 검증함으로써 두 집단에서의 인식도 확인하였다.

추가로 각 학습 요소 간의 상관분석을 실시하여 상호 관련성이 있는지를 확인하는 연구를 하였다.

연구 결과에서 검증된 바와 같이 8개 학습 요소와 78개의 세부 속성에 대한 측정 항목과 9개의 공통 측정 항목에 대한 필요성이 확인됨에 따라 이 연구에서 제시한 <Table 6>에서 타당도가 낮은 항목을 제외하고 측정 항목의 정리는 유의미한 것으로 볼 수 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 프로그래밍 교육 과정 전반에 걸쳐서 학습자의 학습 내용 이해 여부 파악하는 활동에 중요성을 인식하여 연구를 진행하였다.

이를 위해 메타인지에 기반하여 학습 요소별로 학습자의 학습 내용 이해 여부를 확인하기 위한 측정 항목을 제시하였다. 8개의 학습 요소와 1개의 공통 요소를 정의하고 세부 측정항목 87개를 제안하여 전문가와 교수자, 개발자를 대상으로 설문조사와 설문 분석을 실시하였다. 이를 통해 학습자의 학습 내용 이해 여부를 확인할 수 있는 측정 항목이 될 수 있음을 확인하였다.

이 측정 항목을 통해 교육 과정 전반에서 학습자의 학습 내용 이해 여부를 측정한다면 학습 전, 중, 후 언제라도 학습자의 학습 내용 이해 부족 부분을 식별할 수 있을 것이다. 나아가 공통 학습이나 개별 학습 시간 중 교수가 부족한 상황에서도 학습자가 학습 내용 부족 부분을 직접 확인할 수 있게 함으로써, 이에 대한 추가 학습도 유도할 수 있을 것이다.

추가로 학습자가 학습 과정에서 측정에 대한 부담을 최소화할 수 있도록 온라인 설문이나 실습 활동, 학습 지원 화면을 이용하여 측정할 방법을 제안하였다.

향후 진행할 연구에서는 프로그래밍 교육 과정에서 발생한 학습 요소의 내용 이해 부족 부분을 식별한 데이터와 학습자 학습 내용 이해 여부 측정을 통해 식별된 데이터를 수집하고 분석하여 학습자별 개별화 학습 시스템의 설계나 개발을 통해 학습자 간의 학습 내용 이해 차이를 최소화할 수 있는 연구를 진행하고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] National Curriculum Information Center. (2022, Nov, 27). 2022 revised curriculum guide. National Curriculum Information Center. <http://www.ncic.go.kr/mobile revise.board.list.do?degreeCd=RVG01&boardNo=1008>

- [ 2 ] Association of Software-Centered University. (2022, Nov, 15). *SW-centered university main contents*. Association of Software-Centered University. <https://www.swuniv.kr/36>
- [ 3 ] TIOBE. (2022, November 17). *TIOBE Index for November 2022* TIOBE Website. <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>
- [ 4 ] Kim. S. (2019). A Study on the Design and Implementation of Web-based Elementary School Formative Assessment System. Master Thesis, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea.
- [ 5 ] Moon. W. (2006). Analysis of Error Types occurring on Elementary School Student's Programming Learning. *The Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 11(2), 319-327.
- [ 6 ] Jang. H., Choi. S., Jun. S., Yeom. Y., Lee. W. (2007). Programming Learning Supporting System based on Error Feedback for Novices. *The Journal of The Korean Association Of Computer Education*, 10(6), 1-10. DOI : 10.32431/KACE.2007.10.6.001
- [ 7 ] Nam. J., Yoo. I. (2011). Development of NXC Robot Programming Supporting System Based on Types of Programming Error. *The Journal of Korean Association of Information Education*, 15(3), 375-385.
- [ 8 ] Kim. J., Kim. Y. (2014). The Analysis of Relationship between Academic Achievement Level of Concept Learning and Error Type in Online Programming Course. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 17(5), 43-51. DOI : 10.32431/KACE.2014.17.5.005
- [ 9 ] Choe. H. (2016). Analysis on Types of Errors in Learning about Control Structures of Programming using Flowchart. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 19(1), 101-109. DOI : 10.32431/kace.2016.19.1.010
- [ 10 ] Moon. W. (2018). Analysis of error data generated by prospective teachers in programming learning. *The Journal of Korean Association Of Information Education*, 22(2), 205-212. DOI : 10.14352/jkaie.2018.22.2.205
- [ 11 ] Jung. H. (2021). Analyze Python programming error cases in an online learning environment. *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, 7(3), 247-253. DOI : 10.17703/JCCT.2021.7.3.247
- [ 12 ] Yang. H. (2007). An Analysis of Meta-cognition Types Revealed in the Process of Problem-based Learning. Master Thesis, Ewha Women's University, Seoul, Korea.
- [ 13 ] J. H. Flavell. (1971). First discussant's comments: What is memory development the development of?. *Human development*, 14(4), 272-278.
- [ 14 ] J. H. Flavell. (1976). Metacognitive aspects of problem solving, In L. B. Resnick (Ed.). *The nature of intelligence*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 231-236.
- [ 15 ] Kim. S., Kang. H. (2022). The Effects of Metacognitive Training in Math Problem Solving Using Smart Learning System. *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, 8(1), 441-452. DOI : <https://doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.1.441>
- [ 16 ] Kim. S. (1996). A Study on the Concept of Metacognition in Mathematics Education. Doctor Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.
- [ 17 ] Park. I. (2010). Development and Implementation of Science Programs Enhancing Creative Problem Solving Skills Applying Meta-cognition. Doctor Thesis, Ewha Women's University, Seoul, Korea.
- [ 18 ] Lee. E. (2010). A Study of Direct Teaching Strategy of Inquiry Skills Applying Meta-cognition. Doctor Thesis, Ewha Women's University, Seoul, Korea.
- [ 19 ] Lee. G., Choi. W. (2022). Elementary science gifted students' perceptions of inquiry classes in view of metacognitive function. *The Journal of Educational Development*. 41(3), 509-535. DOI : 10.34245/jed.41.3.509
- [ 20 ] Sperling, R. A., Howard, B. C., Miller, L. A., & Murphy, C. (2002). Measures of children's knowledge and regulation of cognition. *Contemporary educational psychology*, 27(1), 51-79. DOI : 10.1006/ceps.2001.1091
- [ 21 ] Oh. S., Kim. E., Kim. S. (2017). Development and Application of Educational Contents for Entry Programming to Improve Metacognition. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 20(5), 61-68. DOI : 10.32431/kace.2017.20.5.005
- [ 22 ] Lee. S., Jeon. H., Nah. J. (2013). The effect of contents presentation types, levels and metacognition on concept map in online learning. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 16(6), 71-81. DOI : 10.32431/kace.2013.16.6.007
- [ 23 ] Kim. M., Ahn. S. (2022). A Study on the Collection of Learning Data to Identify Learners' Level Differences in Programming Education. *The Korean Association Of Computer Education*. 25(2), 47-58. DOI : 10.32431/kace.2022.25.2.005

- [ 24 ] Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*, 28(4), 563-575.
- [ 25 ] Falk, R., Well. A. (1997). Many Faces of the Correlation Coefficient. *Journal of Statistics*

*Education*. 5(3). DOI : 10.1080/10691898.1997.11910597

- [ 26 ] Sung. T. (2019). Understanding and application of modern basic statistics. *Hakjisa*. DOI : 8999719243

### 김 민 수



2010년 인천대학교 컴퓨터공학과(학사)  
2012년 인천대학교 컴퓨터공학과(석사)

2017년 ~ 현재 성균관대학교 대학원 컴퓨터교육과(박사과정수료)  
관심분야: 인공지능, 인공지능윤리, 정보보안, 컴퓨터교육  
E-Mail: basic37@naver.com

### 안 성 진



1988년 성균관대학교 정보공학과(학사)  
1990년 성균관대학교 정보공학과(석사)  
1998년 성균관대학교 정보공학과(박사)  
1996년 정보통신기술사

1999년 ~현재 성균관대학교 컴퓨터교육과 교수  
관심분야: 네트워크 관리, 산업보안, SW/AI교육, AI윤리  
E-Mail: sjahn@skku.edu