

## 초등교육과정에서 자료구조 교육을 위한 내용 선정의 적합성 조사 분석

문성윤<sup>1</sup> · 신수범<sup>2\*</sup>

### Analysis on Fitness of Contents Selected for Data Structure Education in Elementary School Curriculum

Seong-Yun Mun<sup>1</sup> · Soo-Bum Shin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, Department of Computer Education, Korea Natl. University of Edu, Chungju, 28173 Korea

<sup>2\*</sup>Professor, Department of Computer Education, Gong-Ju Natl. University of Edu, Gongju, 32553 Korea

#### 요 약

컴퓨터과학의 핵심적인 기초가 되는 자료구조 교육을 도입하기 위해 국내의 컴퓨터과학 교육과정을 비교·분석하였다. 그 결과 초등학교 소프트웨어 교육에 포함된 자료구조 관련 내용이 미국과 영국에 비해 범위와 수준이 미흡한 것으로 분석되었다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 자료구조 교육 요소를 선정하고 전문가들을 대상으로 내용의 중요도와 교육 시기의 적절성에 대한 델파이 설문 조사를 하였다. 그 결과 연구자가 제시한 자료구조의 교육 요소에서 '문자 정보', 선형구조의 '배열', '스택', '큐', 비선형구조의 '트리'에 대해 중요하다고 응답하였으나 교육 요소별 교육 시기는 전문가마다 의견이 달랐다. 일부 전문가들을 대상으로 조사한 결과를 분석의 근거로 삼았다는 점에서 결과를 일반화 하는데 한계가 있지만 자료구조 도입을 위한 초등학교 소프트웨어 교육과정개선의 중요한 정보를 제공한다는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

#### ABSTRACT

This study conducted a comparative analysis on domestic and foreign computer science curriculum, in order to introduce the data structure education as a core foundation of computer science. The findings show that the scope and level of data structure contents included in elementary school software education are poorer than those in U.S.A and England. To resolve such a problem, it selected some data structure education factors and a Delphi survey about the importance of contents and the fitness of education periods were administered to experts. Although they responded that 'text information', 'array', 'stack' and 'queue' for linear structures, and 'tree' for non-linear structures are important, their opinions were different in education periods by its factors. The generalization of the findings may be limited, given that the analysis was based on the survey of some experts, but this study has an implication, in that it provides important information for improving elementary school software curriculum for the introduction of data structures.

**키워드** : 자료구조, 델파이, 소프트웨어 교육, 적절성, 초등학교

**Keywords** : Data Structures, Delphi, Software Education, Fitness, Elementary School

Received 29 November 2019, Revised 5 December 2019, Accepted 9 December 2019

\* Corresponding Author Soo-bum Shin(E-mail:ssb@gjue.ac.kr Tel:+82-41-850-1751)

Professor, Department of Computer Education, Gong-Ju Natl. University of Edu, Gongju, 32553 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.2.311>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

2016년 3월, 구글의 딥 마인드(DeepMind)가 개발한 바둑 인공지능 알파고(AlphaGo)가 이세돌(9단)과 대국에서 4승 1패를 기록한 알파고 혁명을 시작으로 구글을 비롯한 소프트웨어 중심의 글로벌 기업들이 창의적인 아이디어를 가진 우수한 소프트웨어 개발 인력을 기반으로 인공지능, 사물인터넷(IoT), 자율주행자동차, 3D프린터, 나노기술 분야에서 폭발적인 성장을 하며 세계 경제에서 중요한 역할을 하고 있다. 이처럼 소프트웨어가 혁신과 융합, 가치창출의 기본이 되는 소프트웨어 중심 사회에서 세계 주요 국가들은 국가 경제의 지속 성장과 사회 문제 해결에 소프트웨어를 본격 활용하고 있다[1].

소프트웨어 중심 사회로의 급격한 시대의 변화에 맞추어 세계 각국에서는 소프트웨어 교육의 중요성을 인지하고 초·중등 정규 교육과정에 DL(Digital Literacy), IT(Information Technology), CS(Computer Science) 등을 포함한 컴퓨터 교육을 편성·운영하여 소프트웨어 시대를 선도할 인재를 양성하기 위해 노력하고 있다[2, 3].

이에 우리나라도 워드프로세서 등 응용 소프트웨어 사용법에 중점을 둔 정보통신기술(ICT) 교육의 한계점을 인식하고 2014년 7월에 ‘소프트웨어 중심사회 실천 전략’을 발표하고 2015 개정 교육과정을 통해 2019학년도부터 초등학교 5~6학년 실과 교과에 소프트웨어 교육을 도입하였다[3]. 우수한 소프트웨어 개발 역량을 지닌 인재를 양성하기 위해서는 초등학교 저학년부부터 컴퓨터과학(CS, Computer Science)을 배우는 것이 필요하다[4]. 컴퓨터과학은 컴퓨터와 컴퓨터 시스템에 대한 학문이다. 전기와 컴퓨터 공학자들과 달리, 컴퓨터과학자들은 대부분 이론, 디자인, 개발, 그리고 응용을 포함한 소프트웨어와 소프트웨어 시스템을 다룬다. 따라서 컴퓨터과학은 알고리즘, 자료구조, 프로그래밍, 시스템 아키텍처, 설계, 문제 해결 등과 같은 원리를 다루는 컴퓨터의 과학적 분야를 가리킨다[5].

최근 영국과 미국은 컴퓨터 교육에서 컴퓨터과학의 중요성을 인식하고 학교 교육 현장에서 모든 학생들이 정보 기술과 컴퓨터과학을 공부할 기회를 가질 수 있도록 정규 교육과정으로 포함하고 있다.

특히, 자료구조는 컴퓨터과학 교육에서 가장 핵심적인 기초가 되는 필수과목이다[4]. 미국, 영국과 같은 소프트웨어 교육 선진국들의 컴퓨터과학 교육과정에서

자료구조는 주요 내용을 차지하고 있다. 하지만 우리나라는 초등학교 소프트웨어 교육이 실과 교과의 한 주제로 구성되어 있어 체계적인 자료구조 교육이 이루어지기 어려운 환경이다[6]. 하지만 국내에서 자료구조를 초등학교 교육현장에 적용할 때, 교사가 가르치고, 학생이 배워야 할 내용이 무엇인지에 대해서 아직 제시된 바가 없다. 초등학생에게 적합한 자료구조에 대한 교육 요소가 정해져야 향후 교육과정과 교사 연수 프로그램 개발이 이루어질 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 외국에서 가장 선도적인 컴퓨터과학 교육을 실시하고 있는 미국과 영국의 교육과정을 분석하여 초등학교 소프트웨어 교육에서 자료구조 도입에 대한 시사점을 도출하고 전문가들의 합의를 통해 결과를 도출해내는 델파이 기법을 이용하여 초등학생에게 적합한 자료구조 교육 요소를 탐색하였다. 이 연구에서 전문가는 교육현장에서 학생들을 지도하고 있는 교사와 컴퓨터교육 전공 대학원생, 정보영재교육 전공 대학원생, 교육대학교 컴퓨터교육과 교수로 초등학교 소프트웨어 교육에 대해 실제적 경험과 전문적 지식이 풍부한 전문가들이다. 자료구조 교육을 초등학교 교육 현장에 도입하려고 할 때 적합한 교육 요소에 대한 전문가들의 의견을 종합하는 것은 교육의 필요성을 인식하는데 도움이 될 것이며 이를 통해 자료구조 교육을 위한 교육과정과 교사 연수 프로그램 개발의 방향을 제시할 수 있을 것이다.

이러한 연구의 목적을 달성하기 위하여 ‘초등학교 자료구조 교육에 적합한 교육 요소는 무엇인가?’ 라는 연구 문제를 설정하였다.

## II. 관련 연구 분석

현재, 초등학교 소프트웨어 교육에서 자료구조와 관련된 연구는 많지 않다. 하지만, 자료구조와 관련이 있는 선행 연구 분석을 통해서 자료구조 교육에 대한 필요성을 이끌어 낼 수 있다. 관련된 연구는 다음과 같이 요약할 수 있다.

홍순조, 한선관(2005)은 제 7차 초등학교 정보교육 교육과정 분석을 통해 컴퓨터 교육에서 중요한 위치를 차지하고 있는 알고리즘을 올바르게 교육하고자 하는 방향을 정립하기 위한 기초 연구를 제시하였다[7].

현동림 외(2011)는 컴퓨터과학 교육에서 강조하는

알고리즘 수업에서 교육용 프로그래밍 언어인 스크래치를 활용하여 학습자의 논리적 사고력에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과 실험집단의 논리적 사고력과 문제해결력이 향상되어 컴퓨터과학 교육의 중요성과 필요성을 제시하였다[8].

전석주(2012)도 정보화 사회에서 우수한 소프트웨어 인력을 양성하기 위한 알고리즘과 자료구조의 초기 교육의 필요성을 제시하였다. 하지만 초등학생들의 인지 발달 수준을 고려하여 알고리즘과 자료구조 내용의 시각화 교육 자료를 개발하고 교육적 효과를 확인하였다. 이를 통해 학생들의 이해 수준에 맞는 시각적 교육 자료를 활용한다면 초등학교에서도 기초적인 자료구조와 알고리즘 교육이 가능함을 설명하였다[4].

임서은, 정영식(2017)도 정보 교과 문제의 유형과 사례, 정보 교과 문제 해결을 위한 교수학습 방법을 개발하였다. 이를 통해, 컴퓨터과학 문제를 해결하고 학생들의 컴퓨팅 사고력 향상 위한 알고리즘 기반의 교수학습 방법 제시하였다[9].

이용배(2018)도 2015년 교육부의 소프트웨어 교육 운영 지침에서 알고리즘과 프로그래밍 교육을 초등학교 저학년년부터 실시하도록 명시되어 있으나 실제 교육 현장에서 가볍게 언급만하고 넘어가는 문제점을 지적하고 학년별 알고리즘 교육 주제를 개발하였다. 이를 통해 초등학교 소프트웨어 교육에서 알고리즘 교육의 필요성을 제시하였다[10].

### III. 연구 방법

#### 3.1. 연구 내용

초등학교 자료구조 교육을 위한 필수 교육 요소 선정을 위한 연구의 내용 및 방법은 그림 1과 같이 4단계로 진행된다. 현행 2015 개정 교육과정에서 실과교육의 소프트웨어 교육의 목표 및 내용체계와 교육과정을 분석한다. 또한, 미국의 컴퓨터교육과 관련된 연합체(K-12 Computer Science, ACM, Code.org, CSTA, Cyber Innovation Center, National MATH+SCIENCE Initiative로 구성됨)가 발간한 ‘K - 12 Computer Science Framework’와 영국의 ‘Computing in the national curriculum’에서 제시한 컴퓨터과학 교육과정 모델을 분석하여 초등학교 자료구조 교육에 대한 시사점을 도출하고 델파이 기

법을 통해 전문가 집단의 의견을 수렴하여 필수 교육 요소를 제시하고자 한다.

각 집단의 전문가 섭외과정에서는 전문가를 통해 또 다른 전문가를 소개받는 눈덩이표집의 방법도 활용하였다. 이미 추천과 소개로 섭외된 전문가에게 연구의 의도를 충분히 설명하여 연구의 응답대상으로 적합한 전문가를 소개 받았다. 델파이 절차에서는 대면 섭외가 원칙이나 연구 참여자 상호간에 직접적인 접촉을 하지 않도록 한다. 또한, 연구 참여자의 일정의 조율이 어려운 경우 서면과 전화연결을 통해 연구가 이루어지도록 하였다[11].

전문가 집단의 크기와 관련하여 Dalkey(1969)는 최소 10명 이상의 전문가 집단 구성을 권장하였고 이를 근거로 이 연구에서는 총 표집 인원을 11명으로 설정하였다[12].

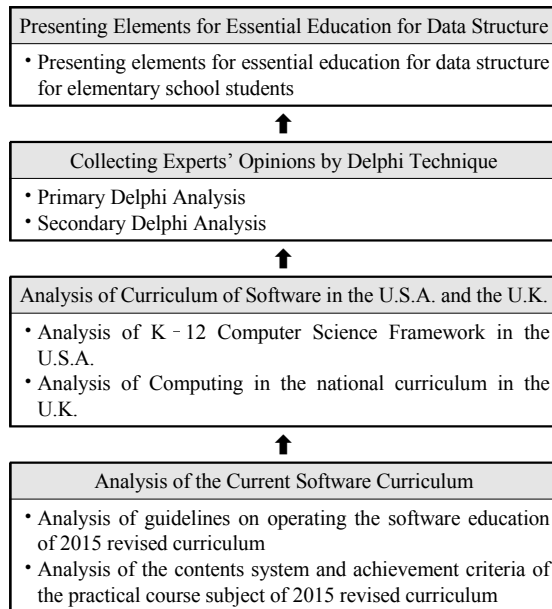


Fig. 1 Study Contents and Methods

#### 3.2. 연구 도구

이 연구는 초등학교 소프트웨어 교육에서 자료구조의 내용 요소에 대한 적절성을 평가하기 위해 컴퓨터교육 전공 석·박사를 대상으로 교육내용의 중요도와 교육 시기에 대한 적절성 검토를 위해 총 2차에 걸친 델파이 설문 조사를 수행하였다. 델파이 설문지의 타당도를 위해 컴퓨터교육 전공의 박사과정 1인, 석사과정의 현직

교사 3명, 컴퓨터교육과 교수 1인과 함께 협의 및 수정 과정을 거쳤다. 1차 델파이는 전문가 집단(Panel)을 구성하여 구조화 된 질문의 평정은 표 1과 같다.

**Table. 1** Delphi Survey Question Rating

Propriety of Contents				
1	2	3	4	5
Not very reasonable	Not reasonable	General	Reason-able	Very reason-able
Period of Education				
1	2	3	4	5
A group of 1 <sup>st</sup> and 2 <sup>nd</sup> grade	A group of 3 <sup>rd</sup> and 4 <sup>th</sup> grade	A group of 5 <sup>th</sup> and 6 <sup>th</sup> grade	Middle School	High School

전문가 집단의 반응에 대하여 집중경향과 변산도(중앙값과 사분점간 범위: Interquartile Range ‘사분범위’라고도 함 또는 평균과 표준편차)를 산출하였다[12]. 2차 델파이의 설문은 1차 설문지와 같은 항목과 문항으로 구성하였는데 1차 설문 결과를 분석하여 본인의 1차 설문에서의 자신의 응답위치를 확인할 수 있도록 하였다. 이를 통해 문항에 대한 자신의 생각을 피드백 하여 수정할 수 있는 기회를 제공하였다.

**3.3. 자료 수집**

이 연구의 자료 수집을 위하여 연구 대상 선정 후 개별적인 만남을 통해 1차 델파이를 실시하였다. 연구 대상을 직접 만나 연구의 취지와 설문 과정을 설명하였으며 이에 동의를 구하고 설문을 시작하였다. 대상자의 편의에 따라 서면 설문, 면담 및 녹취의 방법을 사용하여 1차 자료 수집을 수행하였다. 2차 델파이는 서면 설문, 온라인 설문을 통해 응답을 수집하였다. 설문의 회수율을 높이기 위해 SMS와 전화연결을 통해 참여를 독려했다[11]. 회수율은 표 2에 제시한 바와 같다.

**Table. 2** Delphi Return Rate

	Primary Delphi	Secondary Delphi
Number of Sampling Persons	11	11
Number of Times	11	11
Recovery Rate	100	100
Analysis	11	11
Analysis Rate	100%	100%

**3.4. 자료 분석**

이 연구에서는 2회에 걸쳐 이루어지는 설문 단계마다 각각의 자료 분석이 이루어졌다. 단계별 분석 자료 분석 방법은 표 3과 같다.

자료구조 내용 요소의 적절성과 교육 시기에 대한 문항을 5단계 리커트 척도(Likert Scale)로 항목화하여 1차 델파이 설문조사를 실시하였다. 1차 델파이를 통해 수집된 자료를 분석하기 위하여 기술 통계 과정을 통해 중앙치, 평균, 표준편차, 사분범위를 산출하였다. 2차 델파이 자료는 1차 델파이와 마찬가지로 기술통계를 통해 분석한 후 타당도 분석 방법으로 사용되는 CVR 값과 합의도를 구하였다.

**Table. 3** Analysis Method by Delphi Stages

Deg -ree	Type of Questionnaire	Data Analysis Method
1	Structured Questionnaire	Technical Statistics (Median, Average, Standard Deviation, Interquartile Range)
2	Structured Questionnaire with Scale	Technical Statistics, CVR, Degree of Consensus

델파이 조사결과의 타당도를 판단하기 위하여 이영희, 김영식(2017) 연구에서 사용된 바 있는 CVR(Content Validity Ratio)을 이용하였다. Lawshe(1975)는 델파이에서 CVR 항목의 ‘Essential’의 수준을 묻는 질문에 긍정적으로 대답한 수치로 계산된다고 하였다. CVR 값을 구하는 수식은 (1)과 같다[13].

$$CVR = \frac{N_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \tag{1}$$

N은 전체 응답자수의 수이며 Ne는 타당하다고 응답한 응답자의 수이다. 이 연구에서는 적합성을 묻는 질문에 적절하다고 응답한 경우를 말한다. 이러한 과정을 통해 내용타당도를 파악하는 CVR 값을 기준으로 Schiper는 델파이 조사에 참여한 전문가 수에 따라 유의도 0.05 수준에서의 최솟값 데이터를 제시하였다. 본 연구에서 응답자 수는 11명이므로 CVR 값이 .59 이상일 때 적절한 의견으로 간주한다[13].

합의도는 응답자 간의 의견이 얼마나 일치하는지를 알 수 있는 수치이다. 합의도를 산출하는 수식은

(2)와 같다.

$$Consensus = 1 - \frac{Q_3 - Q_1}{Mdn} \quad (2)$$

- ※ Q3: Third Quartile Coefficient
- ※ Q1: First Quartile Coefficient
- ※ Mdn: Median

합의도 .75 이상인 경우를 높은 수치로 인정하고 합의점을 찾은 것으로 판단한다.

#### IV. 국·내외 소프트웨어 교과과정 분석

##### 4.1. 2015 초등 소프트웨어 교육 내용 분석

초등학교의 경우 ‘생활 속 소프트웨어’, ‘절차적 사고 과정’, ‘프로그래밍 요소와 구조’ 등을 주제로 소프트웨어 교육을 실시한다. 소프트웨어교육 운영지침(2015)에 따르면 초등학교 소프트웨어 교육의 내용 요소는 표 4와 같다[14].

**Table. 4** Elementary School Software Education Contents Factors

Lifestyle and Software	
Myself and Software	• Software and Changes of Lifestyle
Information Ethics	• Etiquette in Cyberspace • Internet Addiction and Prevention • Protection of Personal Information • Copyright Protection
Algorithm and Programming	
Problem-Solving Experiences	• Understanding problems and structuralization • Exploring methods to solve problems
Algorithm Experiences	• Concept of algorithm • Experiences of algorithm
Programming Experiences	• Understanding on programming • Programming experiences

문제 해결을 위해서는 주어진 자료를 효율적으로 표현하고 저장, 처리하기 위한 논리적 사고력이 요구되므로 소프트웨어 교육에서 자료구조에 관한 교육 내용이 이루어질 필요가 있다[15, 16]. 자료구조에서 다루는 내용은 표 5와 같다[15].

**Table. 5** Data Structure Area

Area	Description
Simple Structure	integers, real numbers, texts, character string
Linear Structure	array, list, stack, queue
Non-Linear Structure	tree, graphs
File Structure	sequential files, index files, direct files

소프트웨어교육 운영지침과 현행 2015년 개정 교육과정의 소프트웨어 교육과정을 살펴보면 초등학교 소프트웨어 교육의 내용 체계에는 컴퓨터과학의 핵심 개념인 자료구조와 관련된 내용이 제시되어 있지 않음을 알 수 있다. 소프트웨어 교육의 목표인 컴퓨팅 사고력을 향상시키기 위해서는 초등학교부터 컴퓨터원리, 알고리즘, 자료구조 등 컴퓨터과학의 기본적인 개념과 원리를 학습하는 교육이 필요하다[17].

##### 4.2. 영국의 컴퓨팅 교육과정 분석

영국은 학교 차원에서 컴퓨팅의 특성과 영역에 대한 이해가 이루어져야 함을 알게 되었다. 이를 토대로 4차 산업혁명 시대에 학생들의 직업 선택에 중요한 영향을 미치고 컴퓨팅의 핵심이 되는 컴퓨터과학(Computer Science) 교육을 학교 교육 과정에 포함하여 교육이 이루어져야 함을 인식하게 되었다[18].

2014년 9월에 과목의 명칭을 ICT(Information and Communications Technologies)에서 컴퓨팅(Computing)으로 변경하고, 초등학교부터 고등학교까지 전 학년의 필수 교과로 지정하였다. 컴퓨팅 교육과정의 관점은 기존의 ICT 교육과정과는 달리 컴퓨팅을 통한 문제해결을 목표로 설정하고 이를 위한 실질적인 프로그래밍 경험과 컴퓨터과학의 원리와 개념을 중요시 하는 측면으로 변화하였다[19].

컴퓨팅 교육은 컴퓨팅의 기초(Foundation), 적용(Application), 영향(Implication)의 측면을 고려하여, 컴퓨터과학(CS, Computer Science), 정보기술(IT, Information Technology) 및 디지털 리터러시(DL, Digital Literacy)로 구분하였다[5].

영국의 학제는 2-4-3-2의 Key Stage로 운영되고 있다. 초등학교는 1, 2학년의 Stage 1과 3-6학년의 Stage 2로 구분된다. 중등학교의 교육 기간은 5년으로 7-9학년이 Stage 3, 10-11학년이 Stage 4에 속한다. 우리나라의 초등학교 교육과정에 해당하는 Key Stage 1, Key Stage 2의 컴퓨터과학(CS, Computer Science), 정보 기술(IT,

Information Technology) 및 디지털 리터러시(DL, Digital Literacy)에 대한 기대 수준은 표 6과 같다[18].

영국의 컴퓨팅 교육과정에서 자료구조와 관련된 교육 내용은 CS(Computer Science, 컴퓨터과학) 영역에서 주로 다루고 있다. CS 영역의 Key Stage별로 직접적인 언급은 없지만, 컴퓨터과학의 핵심 원리인 자료구조와 이와 관련된 알고리즘의 설계와 수정에 대해 언급하고 있어 컴퓨터과학 교육을 통해서 자료구조의 원리를 배우는 것이 필요함을 알 수 있다[4].

**Table. 6** Expectation Levels by Stages of English Computing Subject

KS1	
CS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• It is to understand algorithm that is executed through definite commands.</li> <li>• It is to make and debug a simple program.</li> <li>• It is able to make a logical inference to predict a simple behavior of a program.</li> </ul>
IT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• It is to utilize technologies to create, organize, save, operate and search digital contents complying with the purpose.</li> </ul>
DL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• It is to recognize that ordinary information technologies are used at the outside of the school as well.</li> <li>• It is to use information technologies safely and prudently to protect personal information.</li> </ul>
KS2	
CS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• It is able to design, code and modify a program including a physical control on a system and a simulation in order to achieve the given target. It is able to solve a problem by dividing it into smaller sections.</li> </ul>
CS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• It is able to use a sequential, selective and repetitive structure in a program and to handle variables and input and output in various types.</li> <li>• It is able to use a logical inference in order to explain operations of a simple algorithm and detect and modify errors.</li> <li>• It is able to understand methods providing various services such as a computer network including internet and World Wide Web.</li> </ul>
IT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• It is able to use search technologies effectively.</li> <li>• It is able to select, combine and use digital devices with on-board various software that can design and create programs, systems and contents to achieve targets including collecting, analyzing, assessing and expressing data and information etc.</li> </ul>
DL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• It is able to understand the meaning of communication and collaboration.</li> <li>• It is to develop an eye to assess digital contents.</li> <li>• It is able to use information technologies safely and prudently with a sense of responsibility based on understanding on behaviors that can be made and must not be made.</li> </ul>

**4.3. 미국의 컴퓨터과학 교육과정 프레임워크 분석**

기존의 미국에서 진행된 컴퓨터교육에 대한 교육과정 관련 연구는 CSTA와 ISTE가 주도하여 교수학습모형 개발 및 활동과 단계에 대한 내용으로 이루어졌으나 [20], 컴퓨터과학 교육에 대한 사회적 요구에 부응하여 유관기관 연합체를 구성하여 2016년 10월에 유치원에서 고등학교에 이르는 전체 단계에서 컴퓨터과학 교육에 대한 개념적 가이드라인을 제시하는 ‘The K - 12 Computer Science Framework’를 개발 하였다[21].

‘The K - 12 Computer Science Framework’에서는 학습과정, 진도 등에 대해 최근 경향에 대해서는 조기 교육을 시키고, 주요 내용에 대해서 반복적으로 학년에 배치하는 전략을 채택하였다. 이를 위해 K-12 수준에 따라 달성해야 하는 5가지 Core Concepts(핵심 개념)와 7 가지 Core Practices(핵심 활동)를 제시하고 있으며 그 내용은 표 7과 같다[22, 23].

**Table. 7** The K-12 Computer Science Framework in U.S.

Core Concepts	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Computing Systems</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Devices</li> <li>- Hardware and Software</li> <li>- Troubleshooting</li> </ul> </li> <li>• <b>Network and the Internet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Network Communication and Organization</li> <li>- Cybersecurity</li> </ul> </li> <li>• <b>Data and Analysis</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Collection</li> <li>- Storage</li> <li>- Visualization and Transformation</li> <li>- Inference and Model</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Algorithms and Programming</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Algorithms</li> <li>- Variables</li> <li>- Control</li> <li>- Modularity</li> <li>- Program Development</li> </ul> </li> <li>• <b>Impacts of Computing</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Culture</li> <li>- Social Interactions</li> <li>- Safety, Law, and Ethics</li> </ul> </li> </ul>
Core Practices	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fostering an Inclusive Computing Culture</li> <li>• Collaborating Around Computing</li> <li>• Recognizing and Defining Computational Problems</li> <li>• Developing and Using Abstractions</li> </ul>

이전의 컴퓨터과학 교육 표준처럼 구체적인 학습 활동이나 목표를 제시하고 있지 않지만 프레임워크를 이용하여 교육과정을 개발할 수 있는 방법을 제시하고 있

다[23]. 자료구조와 관련이 있는 Core Concepts(핵심 개념)의 내용은 표 8과 같다[22].

**Table. 8** Core Concepts of Data Structure

Grade	Description of Core Concepts Related to Data Structure
K 1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As a daily life such as brushing teeth and going to school etc. is made through a series of procedures, understanding on algorithm is dealt with through the fact that a computer also performs tasks by using algorithm.</li> <li>• It is to understand a sequential command structure through activities such as drawing figures.</li> <li>• It is to solve a problem by dividing it into smaller sections which are solvable or by combining smaller problems.</li> </ul>
K 3-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• It is to select algorithm which is more suitable for the given situation because an identical result can be obtained with different algorithm.</li> <li>• Even though there is no complete understanding on technical areas of variables such as identifiers and memory locations, it is enough to know how to use variables in a type of numbers and texts.</li> <li>• It is able to comprise a group of commands for repetition and conditions by using the Boolean logic and operators (Ex.: AND, OR, NOT).</li> <li>• It is able to understand and perform steps of designing, implementing and reviewing programs.</li> </ul>

‘The K - 12 Computer Science Framework’에서는 초등학교 학생들이 수학, 과학 등 타 교과의 문제해결활동에서 효율적 알고리즘에 대한 이해와 추상화를 통해 해결책을 도출하고 저학년에서 고학년으로 가면서 변수들과 대량의 데이터 집합을 복잡한 자료구조(Data Structures)로 구성하여 실제 프로그래밍을 통해 결과물을 산출할 수 있으므로 컴퓨터과학 교육에서 자료구조 학습을 위한 충분한 역량이 있다고 본다[17, 22].

#### 4.4. 비교 분석을 통한 시사점

초등학교 과학 교과에서 물리를 가르치는 이유는 물리학자를 양성하기 위해서가 아니라 우리가 살고 있는 물리적인 세계가 어떻게 작동하는지 이해하는 것이 필요하기 때문이다[18]. 마찬가지로 4차 산업혁명 시대로 접어들면서 우리는 유비쿼터스(Ubiquitous)와 사물인터넷, 인공지능과 같은 디지털화 된 세계에 살고 있고 우리가 살고 있는 디지털 세계를 움직이는 중요한 원리는 컴퓨터과학이다. 따라서 초등학생들에게 컴퓨터과

학의 핵심 영역인 자료구조를 가르치는 것은 앞서 언급한 과학 교과에서 물리를 가르치는 것과 다르지 않다 [22].

4차 산업혁명 시대의 인재 양성을 위한 수단으로 초등 교육과정에서 컴퓨터과학 학습의 기회를 제공하는 것이 필요를 인식하고 영국은 교육과정에 ‘컴퓨팅’ 교과를 신설하여 초등학교 1학년년부터 추상화, 논리, 알고리즘, 데이터 표현이 포함된 컴퓨터과학의 자료구조 학습을 위한 기본적인 개념과 원리를 가르치고 있다[18, 24]. 미국도 전통적인 컴퓨터 소양교육과 컴퓨터과학 교육의 차이점을 인식하고 유치원에서 고등학교에 이르는 전체 단계에서 컴퓨터과학 교육에 대한 개념적 가이드라인을 제시하는 ‘The K - 12 Computer Science framework’를 개발하였다. 컴퓨터과학 교육을 위한 Core Concepts(핵심 개념)와 Core Practices(핵심 활동)를 제시하고 초등학교에서부터 프로그래밍, 자료구조, 알고리즘 등의 학습을 통해 문제해결력을 함양하는 교육을 실시하고 있다[20, 22].

이와 같은 상황에서 교육부는 2015 개정 교육과정을 통해 소프트웨어 교육을 도입하였다. 2015년에 발표된 소프트웨어 운영 지침에서는 초등학생을 위한 알고리즘과 프로그래밍 교육을 위한 내용체계를 제시하였으나[25], 컴퓨터과학의 자료구조와 관련된 교육과정은 찾아볼 수 없다. 컴퓨터과학 교육과정에서 가장 핵심적인 기초가 되는 자료구조를 먼저 학습하고 이와 관련된 다양한 알고리즘을 만드는 경험을 통해 컴퓨팅 사고력을 향상시키는 교육이 이루어져야 한다[4]. 하지만, 현행 소프트웨어 교육과정에서는 소프트웨어 교육이 독립 교과로 편성된 것이 아니라 실과 교과의 17차시로 제한되어 있고, 컴퓨터과학 교육 과정 측면에서도 영국이나 미국 교육과정에 비해 많이 부족하다[10, 26]. 따라서 초등학교에서 자료구조에 대한 체계적인 교육이 이루어지도록 초등학생단계에 적합한 자료구조 교육 요소 선정과 교육과정 보안을 위한 노력이 필요하다.

## V. 자료구조 교과과정의 타당성 조사

자료구조와 관련된 해외 컴퓨터과학 교육과정을 분석한 결과를 토대로 우리나라 소프트웨어 교육과정의 개선 방향을 제시하기 위해 그 동안 출판된 자료구조 관

런 서적과 선행 연구를 참조하여 단순 구조, 선형 구조, 비선형 구조, 파일 구조의 내용 영역을 구분하고, 현직 교사로서 컴퓨터교육 전공 석·박사 과정에 있는 전문가를 대상으로 설문조사를 실시한 후, 내용 영역에 대한 적절성을 검토하였다.

5.1. 주요 영역별 내용체계 내용

자료구조는 컴퓨터과학에서 자료의 표현 및 자료를 저장하기 위한 논리적인 구조와 그것과 관련된 연산을 의미한다[15]. 알고리즘은 다양한 실생활 문제의 본질을 컴퓨터과학의 원리를 통해 이해하고 접근하는데 유용하게 활용된다[6, 27]. 또한, 자료구조는 프로그래밍을 통해 데이터를 구조적으로 표현하는 방식과 이를 구현하는데 필요한 알고리즘에 대한 기초이론으로써 문제해결의 핵심은 알고리즘에 적합한 자료구조를 선택하는 것이다 [15, 28]. 초등학교에게 적합한 자료구조 교육 요소로 단순 구조(숫자 정보, 문자 정보), 선형 구조(배열, 연결 리스트, 스택, 큐), 비선형 구조(트리, 그래프), 파일 구조(순차 파일, 색인 파일, 직접 파일)로 정하였다.

5.2. 델파이 조사에 따른 적절성 검토 결과

교육 요소의 중요도와 교육 시기의 적절성에 대한 델파이 설문조사에 참여한 전문가들의 결과를 정리하면 다음과 같다.

5.2.1. 교육 요소의 영역별 중요성에 대한 결과

자료구조의 세부 영역별로 교육 요소의 중요도를 분석한 결과는 표 9와 같다. 총 11개 문항 중 5개 항목은 평균 4.0 이상으로 나타나 긍정적인 평균값을 보였고 방사형 차트로 나타내면 그림 2와 같다. 단순 구조의 ‘문자 정보’, 선형 구조의 ‘연결 리스트’, 비선형 구조의 ‘그래프’는 평균 3.55~3.82까지 나타나 적절성 정도가 보통인 것으로 나타났다. 조사결과의 타당한 정도를 나타내는 CVR 값도 5개 항목에서 0.59 이상으로 타당한 것으로 나타났으나 나머지 항목은 음수에서부터 0.59미만으로 나타나 내용 타당성 기준에 미치지 못하였다. 합의도 0.75 이상을 만족하는 항목은 7개로 나타났다. 단순 구조의 ‘숫자 정보’, 선형 구조의 ‘배열’, ‘스택’, ‘큐’, 비선형 구조의 ‘트리’는 평균값, CVR 값, 합의도가 모두 높게 나타남으로서 전문가들은 해당 교육 요소에 대해 높은 교육의 필요성을 인식하는 것으로 해석할 수 있다. 한

편, 파일 구조는 초등학교 수준에서 이해하기 어렵다고 판단하여 교육의 필요성에 대한 인식이 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 평균 2.3, CVR 값이 음수로서 평균 값에 의미를 두기 어려운 상황으로 해석할 수 있다.

5.2.2. 교육 시기에 대한 적절성 결과 분석

자료구조 교육 요소에 대한 교육 시기의 적절성은 그림 3과 같이 나타났다. 단순 구조의 ‘숫자 정보’는 초등학교 5~6학년이 가장 적절하다는 응답이 많았고, 단순 구조의 ‘문자 정보’, 선형 구조의 ‘배열’, ‘스택’, ‘큐’, 비선형 구조의 ‘트리’는 초등학교 5~6학년이나 중학교에서 가르치는 것이 적절하다고 응답하였다.

Table. 9 Outcomes for Importance by Areas of Education Factors

Item		Ave-rage	CVR	Degree of Consensus
Simple Structure	Analog signals into digital signals 'Number Information'	4.27	0.64	0.8
	Standard Code 'Text Information'	3.55	0.09	0.75
Linear Structure	Array	4.27	0.81	0.75
	Linked List	3.55	0.09	0.75
	Stack	4.00	0.64	1
	Queue	4.00	0.64	1
Non-Linear Structure	Tree	4.18	0.82	0.75
	Graph	3.82	0.09	0.5
File Structure	Sequential File	2.64	-0.64	0.5
	Index File	2.09	-1	0
	Direct File	2.27	-0.82	0.5

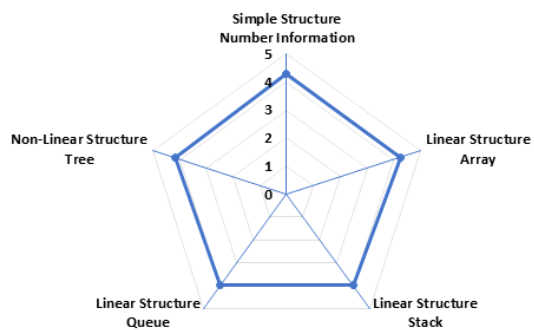


Fig. 2 Important Education Factors of Data Structure



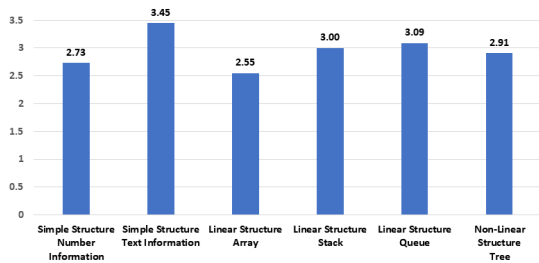


Fig. 3 The appropriateness of Data Structure's Education Factors

## VI. 결론 및 제언

컴퓨터과학 교육은 일상생활의 다양한 문제를 해결하는 문제해결력을 신장시킨다는 점에서 수학, 과학 등 타 교과 학습에 활용될 수 있다[17]. 그 중 자료구조와 알고리즘은 컴퓨터과학의 기초가 되는 핵심영역으로 자료구조가 내재된 알고리즘 구성능력은 복잡한 현실의 문제를 해결할 수 있는 논리력, 분석력, 창의력을 신장시키는데 도움이 된다[4, 6].

자료구조는 문제 해결력 향상을 위한 컴퓨터과학 교육의 기반이 되므로 초등학교부터 체계적으로 배우는 것이 필요하다. 그런데 자료구조 영역에 대한 미국과 영국의 컴퓨터과학 교육과정을 분석한 결과, 국내의 2015 개정 교육과정의 소프트웨어 교육과정에 포함된 내용의 범위와 수준이 부족한 것으로 분석되었다.

이에 본 연구에서는 선행 연구를 참조하여 초등학교를 위한 자료구조 영역을 세부적으로 구분하고 세부 요소에 대한 교육적 중요도와 교육 시기의 적절성을 분석하였다. 단순 구조의 ‘숫자 정보’, 선형 구조의 ‘배열’, ‘스택’, ‘큐’, 비선형 구조의 ‘트리’ 교육 요소에 대해서 전문가들은 교육적으로 중요하다고 응답하였다. 교육 시기의 적절성에 있어서는 단순 구조의 ‘숫자 정보’와 ‘문자 정보’, 선형 구조의 ‘배열’, ‘스택’, ‘큐’, 비선형 구조의 ‘트리’는 초등학교 고학년에서 다루는 것이 적절하다는 의견을 주었다.

본 논문은 소규모의 전문가들을 범위로 하여 조사한 내용을 분석하는 근거로 하였기에 결과를 일반화하는 데에는 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 초등학교를 위한 자료구조 교육 요소에 대한 중요성과 교육 시기의 적절성에 대한 분석을 시도하였다는 점과 이를 통해 자료

구조 도입을 위한 초등학교 소프트웨어 교육과정 개선의 중요한 정보를 제공한다는 점에서 중요한 의미가 있다고 생각한다.

## REFERENCES

- [ 1 ] Y. S. Jeong, J. S. Yu, J. S. Lim, and Y. K. Son, *Software education*, Seoul: Cmass, 2015.
- [ 2 ] H. J. Choe, T. O. Song, and T. W. Lee, “Comparative Study of Informatics Subject Curriculums and Textbooks in Middle School Between Korea and England,” *Journal of the Korea society of computer and information*, vol. 21, no. 2, pp. 145-152, 2016.
- [ 3 ] H. W. Kim, S. Y. Mun, S. R. Jeong, and S. J. Jeong, “The Effect of Making My Own Game using ‘Entry and Arduino’ on Elementary Students Creative Problem Solving Ability and Interpersonal Relationship Ability,” *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, vol. 18, no. 1, pp. 487-507, 2018.
- [ 4 ] S. J. Chun, “Pedagogical effectiveness of algorithm visualizations in teaching the data structures and algorithms in elementary schools,” *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 16, no. 2, pp. 255-263, 2012.
- [ 5 ] The Royal Society, *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*, The Royal Academy of Engineering, 2012.
- [ 6 ] Y. S. Jeong, “A Study on the Content Framework of Algorithm Education in Primary and Middle Schools,” *Journal of The Korean Association of Information education*, vol. 18, no. 2, pp. 275-284, 2014.
- [ 7 ] S. J. Hong, and S. G. Han, “A survey on the Learning Method of Basic Algorithm for Elementary Computer Education,” *The Journal of Education*, vol. 25, no. 1, pp. 363-375, 2005.
- [ 8 ] D. L. Hyun, Y. H. Yang, E. G. Kim, and J. H. Kim, “Research on Development and Application of Learning Program about Algorithm by Using Scratch Programming,” *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 15, no. 3, pp. 387-397, 2011.
- [ 9 ] S. E. Lim, and Y. S. Jeong, “Development of Teaching and Learning Methods Based on Algorithms for Improving Computational Thinking,” *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 21, no. 6, pp. 629-638, 2017.
- [ 10 ] Y. B. Lee, “A Development of Algorithm Education Topics

- for Elementary Students,” *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 9, no. 1, pp. 61-66, 2018.
- [11] Y. H. Lee, and Y. S. Kim, “A Study on core contents of Swimming education in Elementary school curriculum by Delphi technique,” *Journal of Elementary Education Society*, vol. 26, pp. 77-96, 2017.
- [12] J. S. Lee, *Delphi Method*, Seoul: KYOYOOKBOOK, 2001.
- [13] C. H. Lawshe, “A quantitative approach to content validity,” *Personnel psychology*, vol. 28, no. 4, pp. 563-575, 1975.
- [14] Ministry of Education, *2015 software education guidelines*, 2015.
- [15] I. G. Chun, Y. H. Kong, and S. H. Ha, *Easy data structure written in C*, Paju: Saeng-Neung Publishment, 2017.
- [16] J. C. Oh, J. H. Kim, and J. H. Kim, “Development and Application of Primary Puzzle-Based Learning Program for Computer Science Education,” *Journal of The Korean Association of Computer Education*, vol.17, no. 3, pp. 11-23, 2014.
- [17] J. H. Park, P. W. Oh, and T. W. Lee, “A Study on Computer Education Curriculum in Elementary School for Introducing Computer Science,” *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 10, no. 1, pp. 719-729, 2006.
- [18] Naace, *Computing in the national curriculum: A guide for primary teachers*, Computing at school, 2013.
- [19] N. J. Park, S. B. Shin, and C. Kim, “The Analysis of the Appropriateness of the Content Standards of Information, Information Appliances, and Operating System in Elementary School,” *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 20, no. 6, pp. 617-628, 2016.
- [20] Computer Science Teachers Association(CSTA) and the International Society for Technology in Education(ISTE), *Computational Thinking Teacher Resources*, Second Edition, 2011.
- [21] S. K. Shin, and Y. K. Bae, “The Concept of Computational Thinking through Analysis of Computer Education Framework in the United States and its Implications for the Curriculum of Software Education,” *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 22, no. 2, pp. 251-262, 2018.
- [22] K - 12 Computer Science Framework, [Internet]. Available: <http://www.k12cs.org>, 2016.
- [23] H. J. Choe, “Comparison between Informatics Curriculum in Korea and Computer Science Framework of CSTA in US,” *The Journal of Science of Education*, vol. 18, no. 2, pp. 11-129, 2016.
- [24] K. S. Kim, “An Implications of Computer Education in Korea from the U.S., U.K. and Germany Computer Curriculums,” *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 20, no. 4, 421-432, 2016.
- [25] C. H. Lee, “Direction and Model of Software Education in Elementary Education,” *Journal of Korean practical arts education*, vol. 28, no. 4, pp. 207-222, 2015.
- [26] Y. S. Jeong, S. B. Shin, and Y. H. Sung, “Analysis of Appropriateness in Information Curriculum for Algorithm and Programming Education,” *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 20, no. 6, pp. 575-584, 2016.
- [27] H. K. Lim, J. A. Kim, and J. H. Bae, “A Instructional Learning of Sort Algorithm by Role-play for Computer Education in the Primary School,” *Journal of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 31, no. 1B, pp. 670-672, 2004.
- [28] O. Y. Han, and J. H. Kim, “A Study on a Strategy for Spiral Curriculum Model in Algorithm Education,” *Proceeding of the Korean Association of Computer Education*, vol. 13, no. 1, pp. 129-143, 2009.



**문성윤(Seong-Yun Mun)**

2018~현재 한국교원대학교 컴퓨터 교육과 박사  
과정  
※관심분야: 소프트웨어교육, 인공지능 융합 교육



**신수범(Soo-Bum Shin)**

1991 인천교육대학교 (교육학학사)  
1998 한국교원대학교 (교육학석사)  
2002 한국교원대학교 (교육학박사)  
2002~2005 KERIS 연구원  
2005~현재 공주대학교 컴퓨터 교육과 교수  
※관심분야: 컴퓨터교육