ISSUE REPORT I 2020. 12. 10. IS-110

Computing Curricula 2020을 통해 본 미래 초·중등 SW·AI 교육의 방향

Direction of K-12 SW·AI Education through Computing Curricula 2020

김한성, 서영희, 송지환, 이중엽

SPRi 소프트웨어정책연구소
Software Policy & Research Institute

이 보고서는 과학기술정보통신부 정보통신진흥기금 에서 지원받아 제작한 것으로
과학기술정보통신부의 공식의견과 다를 수 있습니다.

이 보고서의 내용은 연구진의 개인 견해이며, 본 보고서와 관련한 의문 사항
또는 수정·보완할 필요가 있는 경우에는 아래 연락처로 연락해 주시기 바랍니다

소프트웨어정책연구소 SW기술연구팀
김한성 선임연구원 (hansung@spri.kr)

CONTENT

Ⅰ. 서 론 p.1

1. 연구 배경 P.1
2. 연구 내용 P.2

Ⅱ. Computing Currirular 2020 이해 P.3

1. Computing Curricula 개요 P.3
2. Computer Science (CS) Curricula 최신 버전 발표(CC2020-CS) P.5
3. 지식 중심에서 역량 중심 교육과정으로의 변화 P.7

Ⅲ. CC2020의 역량 모델과 컴퓨터과학 내용 체계 이해 P.8

1. CC2020 역량 모델 개요 P.8
2. CC2020에 제시된 Computer Science(CC2020-CS) 내용 체계 P.12

Ⅳ. 2015 개정 정보과 교육과정의 이해 P.22

1. 2015 개정 정보과 교육과정의 교과 역량 P.22
2. 2015 개정 정보과 교육과정의 내용 체계 P.24

Ⅴ. CC2020에 기초한 정보과 교육과정 분석 P.28

1. 2015 개정 정보과 교육과정의 내용 요소 분석 P.28
2. CC2020에 제시된 Skill(기능)과 정보과 기능 용어 비교 분석 P.32

Ⅵ. 제언 및 결론 P.33

붙임1 : 세계의 Computing 교육 P.37
붙임2 : CC2020에 제시된 컴퓨터과학 내용 요소 전문 P.40

요 약 문

본 연구의 목적은 2022년 초·중등학교 교육과정 전면 개정을 앞둔 현 시점에서, 2015 개정 정보과 교육과정에 대한 반성적 접근을 통한 개정 방향의 시사점을 도출하는 것에 있다. 이를 위해 최근 발표된 Computing Curricular 2020 Draft(이하, CC2020)와 CC2020에 제시된 컴퓨터과학 내용 체계(CC2020-CS)를 살펴보고, 이를 토대로 우리나라 정보과 교육과정을 분석하였다. ACM과 IEEE-CS를 중심으로 개발된 CC2020은 고등수준의 컴퓨팅 교육 글로벌 표준 교육과정을 제시하고 있으며, 1990년대부터 최근에 이르기까지 컴퓨팅 교육 분야의 변화와 최신 버전의 컴퓨터과학 내용체계(CC2020-CS) 등을 제시하고 있다.

본 연구는 학문적 계통적(계속성, 계열성, 통합성) 관점에서 2015 개정 정보과 교육과정이 컴퓨터과학이라는 모태 학문의 핵심 지식(지식의 구조)을 어떻게 반영하고 있는지 살펴보기 위해, CC2020-CS를 토대로 정보과 교육과정의 연계성과 계통성 분석을 실시하였다. 그리고 CC2020-CS에 제시된 기능(Skill) 용어와 정보과 교육과정의 기능 용어 간의 비교를 통해 정보과 교육과정이 추구하는 교육 목적을 행위적 관점에서 살펴보았다.

주요 연구 결과를 살펴보면, 우리나라 고등학교 '정보과학', '정보' 과목 모두 컴퓨터과학의 주요 영역인 '지능시스템(인공지능)', '인간-컴퓨터 상호작용' 등의 내용을 반영하지 못하며, 모태학문과 낮은 연계성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다. 고등학교에 새로 도입된 '인공지능 기초' 과목은 컴퓨터과학의 '지능시스템'과 '사회 이슈 및 전문가로서의 업무' 영역과 연계성을 가지고 있으나, 중학교와는 연계성을 갖지 못하는 것을 알 수 있다. 중학교의 '정보' 과목은 고등학교 '정보' 과목과 체계적인 연계성을 확보하고 있으나 초등학교와는 낮은 연계성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다. 끝으로, CC2020-CS의 성취기준은 제시하기, 설명하기 등 프로그래밍을 도구로 활용한 종합적인 활동의 형태로 제시되어 있으나, 우리나라 정보과 교육과정은 프로그래밍하기, 설계하기 등 프로그래밍 활동 자체가 주요 목적으로 제시되어 있음을 확인할 수 있다.

이상의 연구결과를 토대로 본 연구는 2022 개정 정보과 교육과정의 체계적인 개발을 위해 요구되는 교육과정 개정의 내용적 측면과 지원적 측면을 종합적으로 고려한 주요 시사점을 제시하였다.

Executive Summary

The purpose of this study is to derive the implications of the revision direction through the reflective approach to the 2015 revised informatics curriculum at the time when the full revision of the 2022 curriculum for elementary and secondary schools. To do this, the recently published Computing Curricular 2020 Draft(CC2020) and Computer Science Curricula (CC2020-CS) proposed in CC2020 were reviewed, and the informatics curriculum in Korea was analyzed based on the review results.

Developed around on the Association for Computing Machinery (ACM) and the Institute of Electrical and Electronics Engineers-Computer Science (IEEE-CS), CC2020 proposed the global-standard curriculum of computing education for higher education; the changes in the computing education field from the 1990s to recent years and the latest version of CC2020-CS were presented as well.

The present study conducted articulation and systematicity analysis of the informatics curriculum based on CC2020-CS to review how the 2015 revised informatics curriculum reflected the core knowledge (knowledge structure) of the academic base -- which was computer science -- from the academic systematic viewpoints (continuity, sequence, and integration). In addition, the education objectives pursued by the informatics curriculum were reviewed through the comparison between the skill terms presented in CC2020-CS and those in the informatics curriculum.

The main study results verified that both “Information Science” and “Informatics” subjects in high school did not reflect the contents of “Intelligence System (Artificial Intelligence (AI))” and “Human-Computer Interaction” -- which were the major areas of computer science -- and had low articulation with the academic base.

“Introductory AI”, which was newly introduced to high schools, had articulation with the “Intelligence System” of computer science and “Social Issue and Professional Practice)” field, but not with middle schools. The study results also verified that the informatics subject in middle schools secured systematic articulation with the informatics subject in high schools but had low articulation with elementary schools. Finally, based on the study results, the achievement criteria of CC2020-CS were proposed as a form of comprehensive activities using programming tools such as suggesting and explaining, whereas programming activities such as programming and designing, etc. were proposed as major objectives in the informatics curriculum in Korea.

Based on the these results above, the present paper proposed the main implications by comprehensively considering the content and supporting aspects of the curriculum revision that were required for the systematic development of the 2022 revised informatics curriculum.

Ⅰ. 서 론

1. 연구 배경

□ 소프트웨어(이하, SW)와 인공지능(이하, AI) 중심의 디지털 대전환 시대를 맞아, 디지털을 이해하고 활용해 문제를 해결할 수 있는 '디지털 역량'이 무엇보다 강력히 요구됨

○ 전 세계는 SW·AI 관련 국가 차원의 전략을 수립하고 있으며, 이 중 인재 양성 정책을 핵심적인 과제로 다루고 있음 [1)]

- 우리나라도 2019년 12월 인공지능 국가전략을 시작으로(관계부처합동, 2019 [2)]), 2020년 5월 정보교육종합계획(교육부, 2020 [3)]), 8월 전국민 AI·SW교육방안(과학기술정보통신부, 2020 [4)]) 발표,

- 2020년 9월 고등학교 '인공지능 기초'와 '인공지능 수학' 교육과정 고시(교육부, 2020a [5)])와 11월 인공지능시대 교육정책방향과 핵심과제(관계부처 합동, 2020 [6)])에 이르기까지 AI 중심 사회로의 변화에 적극 대응하고 있음

[표 1] 인공지능 기초, 인공지능 수학 과목의 주요 내용

과목명	주요 내용	선 이수 과목
인공지능 기초	인공지능의 기본적인 원리와 사회적 영향 등 체험을 중심으로 쉽게 이해할 수 있도록 구성	별도 과목의 이수가 요구되지 않음
인공지능 수학	인공지능 분야에서 수학의 유용성을 인식하고, 인공지능의 기반이 되는 수학을 쉽게 이해할 수 있도록 구성	공통 과목 '수학'을 이수한 후 선택 가능

1) 김용성(2019). 인공지능(AI) 시대 주요국의 인재양성 정책 동향. 소프트웨어정책연구소.
2) 관계부처합동(2019). 인공지능(AI) 국가전략(2020.12). 관계부처합동.
3) 교육부(2020). 정보교육 종합계획(안) 2020년 ~ 20224(2020.05). 교육부.
4) 과학기술정보통신부(2020). 인공지능(AI) 시대에 대비한 전 국민 대상 인공지능·소프트웨어(SW) 교육체계 마련, 과학기술정보통신부 보도자료(2020.08.07.). 과학기술정보통신부.
5) 교육부(2020a). 인공지능, 학교 속으로!-인공지능(AI), 초등 수학 공부 도우미로, 고교 진로 선택과목으로 도입- (2020.09.14.). 교육부.
6) 관계부처 합동(2020). 인공지능시대 교육정책방향과 핵심과제, 관계부처 합동.

□ 하지만, 2022년 교육과정 전면 개정을 앞두고 있는 현시점[7] 에서, 지금까지의초·중등학교 SW 교육에 대한 반성적 접근과 새롭게 대두되고 있는 AI 교육에 대한 이해 및 체계적 탐구에 기초한 시사점 도출이 요구됨

○ 체계적인 교육과정 개발을 위해서는 해당 학문 분야나 교과의 기본이 되는 지식과 기능을 바탕으로 구성되어야 함. 특히, 브루너가 제시한 지식의 구조[8] 를 고려해보면 초·중등교육 내의 계통성(계속성, 계열성, 통합성)뿐만 아니라, 모태학문의 핵심 지식(지식의 구조)를 고려한 지식체계를 갖출 필요가 있음

○ 최근 국내 여러 연구를 통해 초·중등 SW·AI 교육과정 관련 계통적 분석 수행되고 있으나 (윤혜진, 조정원, 2019; 장원영, 2020), 초·중등교육 내 과목간의 분석에 초점을 맞추었다는 한계점이 있음

○ 본 연구는 이를 보완하기 위해, 컴퓨팅(Computing)* 교육의 학문적 표준을 제시하고 있는 ACM & IEEE의 Computing Curricula 2020(이하 CC2020)에 대한 탐색을 토대로 우리나라 초·중등학교 '2015 개정 정보과 교육과정'을 분석하고 시사점을 제시함

* 컴퓨팅 : 컴퓨팅은 일반적으로 컴퓨터를 활용하거나, 컴퓨터를 이용해 만드는 모든 목표 지향적 활동을 포함한 개념으로 하드웨어와 소프트웨어 관련 분야를 다루는 포괄적 개념임(Computing Curricula 2020, 2020)

2. 연구 내용

□ CC2020에 제시된 컴퓨터과학(이하, CC2020-CS) 교육과정 분석과 시사점 도출

○ CC2020에 제시된 컴퓨터과학 교육과정의 내용 요소를 살펴보고 2015 개정 정보과 교육과정과의 계통성(계속성, 계열성, 통합성) 분석을 통해 차기 교육과정의 개발을 위한 시사점 제시함

□ CC2020에 제시된 SKill 용어와 정보과 교육과정 비교 분석

○ CC2020이 제시한 역량 모델(The CC2020 Competency Model)과 컴퓨터과학에 제시된 기능 용어를 분석하고, 우리나라 2015 개정 정보과 교육과정과 비교 분석해 시사점을 제시함

7) 교육부는 '고교 교육혁신 방안' 발표를 통해 2022 교육과정 전면 개편과 2025 적용 방안에 대한 계획을 공식화함(교육부, 2018)

8) 브루너는 교과의 기본 내용(지식의 구조)은 학년의 수준과 관계없이 동일해야 하며, 학년이 더해갈수록 교과나 지식의 체계가 점점 깊어지고 폭을 더하며 심화되도록 조직되어야 함을 제안함(Bruner, 1960)

Ⅱ. Computing Curricula 2020 이해 [9]

1. Computing Curricula 개요 : 15년 만에 업데이트된 표준 참조 모델

□ 컴퓨팅 관련 학문 분야의 표준 제시

○ Computing Curricula (이하, CC) 프로젝트는 1980년대 Association for Computing Machinery (ACM)과 IEEE Computer Society (IEEE-CS)가 함께, 현대적인 컴퓨팅 교육과정 지침을 개발하는 것을 목적으로 시작함

○ CC2020 프로젝트는 ACM, IEEE-CS뿐만 아니라 다양한 컴퓨팅 관련 유관 기관 및 단체* 등이 참여하며, 기존 발표된 CC2005에 비해 글로벌 협업 기반의 이니셔티브를 구축해 추진함

* 협업 그룹 : Information Processing Society of Japan (IPSJ), the Chinese Computing Federation (CCF), the Latin American Center on Computing (CLEI), ACM India, ACM Europe, and Informatics Europe 등

○ CC2020 프로젝트는 컴퓨팅 교육 분야*의 현황과 최신 교육과정 가이드를 제시할 뿐만 아니라 2020년대 이후 이루어져야 할 컴퓨팅 교육 분야의 미래 통찰력을 제공하는 것을목표로 하며, 2020년 4월 그간의 노력이 담긴 초안을 발표함

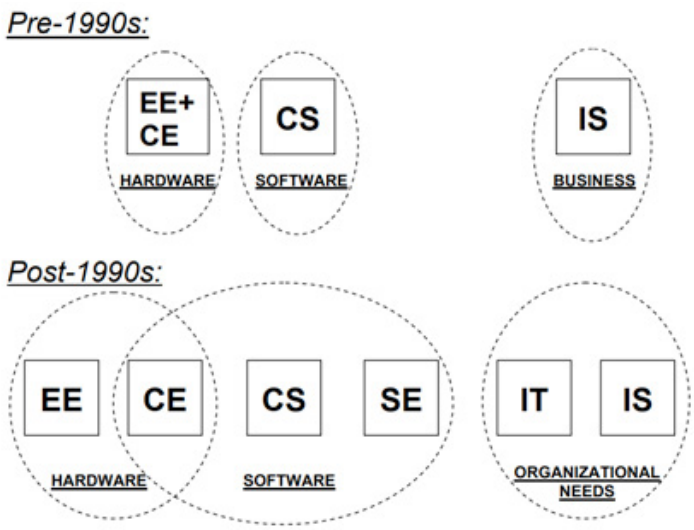
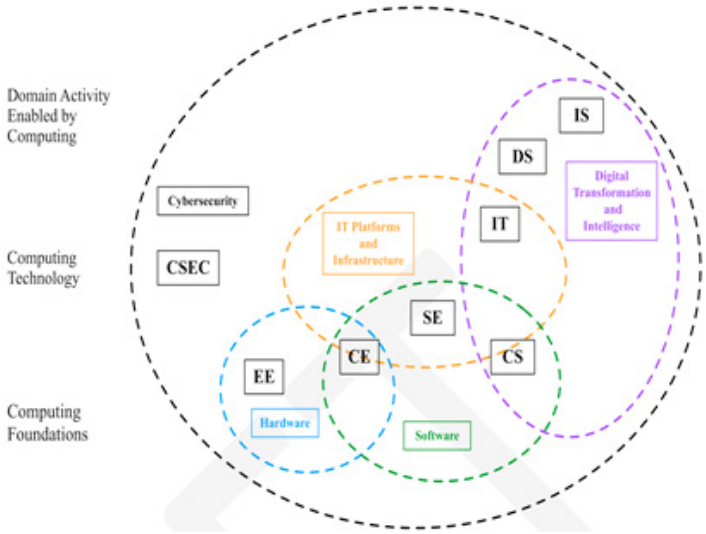
* 컴퓨팅 교육 분야 : 컴퓨터과학(Computer Science), 컴퓨터공학(Computer Engineering), 사이버보안(Cybersecurity), 데이터과학(Data Science), 정보시스템(Information Systems), 정보기술(Information Technology), 소프트웨어공학(Software Engineering)

[그림 1] Website of CC2020

9) 본 영역은 'ACM & IEEE-CS(2020). Computing Curricula 2020: Paradigms for Future Computing Curricula'의 주요 내용을 요약함. 원문 주소 : https://cc2020.nsparc.msstate.edu/

□ 2010년대 이후 변화된 컴퓨팅 교육 분야의 현대적 관점 제시

[그림 2] A Contemporary View of the Landscape of Computing Education

CC2005		* EE : 전기(자)공학 * CE : 컴퓨터공학 * CS : 컴퓨터과학 * IT : 정보기술 * IS : 정보시스템 * SE : 소프트웨어공학
CC2020*		* EE : 전기(자)공학 * CE : 컴퓨터공학 * CS : 컴퓨터과학 * IT : 정보기술 * IS : 정보시스템 * SE : 소프트웨어공학 *** CSEC : 사이버보안[a)]** *** DS : 데이터과학[b)]**

* CC2020은 2010년대 이후 변화된 Computing 관련 학문 간의 상호관계를 시각화하였으며,
사이버보안[a)]과 데이터과학[b)]은 2005년 발표 시점과 비교했을 때 새롭게 등장한 학문 분야로 제시함

○ CC2005 [10]에 따르면, 컴퓨팅 교육 분야는 5개* 분야의 학문으로 구성되었으며, 이 중 SW 교육의 기저 이론[11]이 되는 컴퓨터과학(CS)은 1990년 이전 SW와 관련된 학문에서 1990년대 하드웨어 분야로 확장됨

* CC2005는 전자공학(EE)을 컴퓨터공학(CE)의 모학문으로서 Computing 분야의 범위와 개념을 이해하기 위한 배경으로만 제시하며, Computing 분야를 EE를 제외한 5개(CE, CS, IT, IS, SW)의 학문 분야로 정의함

○ 2010년대로 넘어오며, 컴퓨팅 분야는 사이버보안(CSEC)과 데이터과학(DS)이 새롭게 등장해 7개로 분야로 확대되며 보다 다학문적인 분야로 확대함

○ 이 중, 컴퓨터과학 분야는 전통적으로 강조되어오던 소프트웨어(초록색 원)를 중심으로 IT 플랫폼과 인프라, 디지털 전환(주황색 원), 그리고 인공지능(보라색 원)과 관련된 학문으로 확장됨

○ 특히, 컴퓨터과학은 컴퓨팅에 대한 개념적 기반(Conceptual Foundation)의 토대를 만들고, 컴퓨팅 기술(Computing Technology)을 이해·응용하는 것에 초점을 맞추고 있음

2. Computer Science (CS) Curricula 최신 버전 발표(CC2020-CS)

□ CS2013 이후, 업데이트된 최신 버전의 내용 요소 발표

○ Computer Science (CS) Curricula는 2001, 2008, 2013 발표 이후, 계속 업데이트 되고 있으며, CC2020을 통해 2020년 현재 시점의 최신 결과물을 공개함

○ CS Curricula는 고등교육(대학 학부 수준)의 표준을 제시하지만, CS에 대한 지식 구조 핵심 아이디어를 제공하며, 초·중등학교 SW교육의 표준으로 널리 인용되는 CSTA Standard 2017 [12]등의 개발에 토대가 됨

10) Shackelford, R., McGettrick, A., Sloan, R., Topi, H., Davies, G., Kamali, R., Cross, J., Impagliazzo, J., LeBlanc, R., & Lunt, B. (2006). Computing Curricula 2005: The Overview Report. SIGCSE '06.

11) 김경훈 외(2015). 2015 개정 교과 교육과정 시안 개발 연구 II, 정보과 교육과정, 한국교육과정평가원

12) GitHub, The State of Octoverse 2019, https://octoverse.github.com/, 2020.09.22. 방문

○ 우리나라 공교육에서 이루어지는 SW 교육[13]은 '정보(Informatics)' 교과를 통해 시행되고 있으며[14], 정보 교과는 컴퓨터과학적 지식과 기술의 탐구 그리고 실생활의 문제 해결을 위한 역량을 함양하는 교과로 정의됨

○ 이에, 최근 발표된 CC2020-CS를 살펴보는 것은 현재 시행되고 있는 우리나라의 SW교육을 진단해 보고, 미래 방향을 탐색하기 위한 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대됨

[표 2] A Characteristics of Informatics Subject in K-12

정보(Informatics) 교과 성격 :

21세기 지식 정보사회의 인재는 정보와 정보처리기술을 올바르게 활용할 뿐만 아니라,새로운 지식과 정보, 기술을 창의적으로 생성하고 협력적으로 문제를 해결하는 능력을 갖추어야 한다.

정보(Informatics)는 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리 및 기술을 바탕으로 실생활과 다양한 학문분야의 문제를 창의적이고 효율적으로 해결하기 위한 학문 분야이며, 정보 교과는 컴퓨터 과학적 지식과 기술의 탐구와 더불어 실생활의 문제 해결을 위해 새로운 지식과 기술을 창출하고 이를 통합적으로 적용하는 능력과 태도를 함양하는 교과이다.

따라서 정보 교과는 지식 정보사회를 올바르게 이해하고 정보사회 구성원으로서의 정보윤리의식, 정보보호능력, 정보기술활용능력 등 정보문화소양을 갖추고 컴퓨터과학의 기본 개념과 원리를 바탕으로 실생활 및 다양한 학문 분야의 문제를 창의적으로 해결하는 컴퓨팅 사고력 및 네트워크 컴퓨팅기반 환경의 다양한 공동체에서 협력적 문제해결력을 기르기 위한 교과 (...이하 생략....)

출처 : 교육부(2015). 2015 개정 정보과 교육과정(교육부)

13) 소프트웨어 교육(SW 교육) : 본 연구에서는 'SW 교육'을 컴퓨터교육, 정보교육, 컴퓨터과학 교육 등을 망라한 정책적 개념으로 사용하며, 국내 초등학교 실과, 중고등학교 정보, 정보과학, 인공지능 기초 과목을 포함한 개념으로 사용함. 단, 필요시 각각의 교과 또는 과목명을 사용함

14) 교육부(2015). 2015 개정 정보과 교육과정, 제(2015-74호). 교육부.

3. 지식 중심에서 역량 중심 교육과정으로의 변화

□ 'KA-KU-LO' 신드롬에 대한 반성

○ CC2005에서는 컴퓨팅 학문 분야의 교육과정을 지식 영역(Knowledge area, KAs), 지식 요소(Knowledge Units, KUs), 그리고 학습 산출물(Learning Outcomes, LOs)로 설명함

○ 이 후, 많은 관계자들이 지식 기반의 접근을 활용하여 '영역(KAs)', '요소(KUs)', 그리고 '산출물(LOs)' 구성에 초점을 맞추는 교육과정 개발과 수업 구성 등의 현상 발생하며, 이를 'Ka-Ku-Lo' 신드롬이라고 언급하기도 함

○ 하지만, 이러한 지식 기반 접근은 학습자들의 실제적인 역량을 설정하는데 필요한 어떠한 기능(Skills)이나 행동 양식(Human behavior)의 기준을 제공하지 못하는 한계점이 있음

○ 특히, 산업 현장에서 요구하는 수준의 지식과 행동 수준뿐만 아니라, 평생 교육 또는 평생 직업 관점에서 요구되는 역량에 대한 정보를 제공하지 못함

○ 이에, CC2020은 미래 교육을 위해 역량 중심의 교육과정을 개발할 필요가 있음을 제안하고 있으며, 본 보고서는 CC2020에 제시된 역량 중심의 컴퓨팅 교육에 대해 자세히 살펴보고 우리나라 SW교육에 주는 시사점을 심층적으로 탐색함

Ⅲ. CC2020의 역량 모델과 컴퓨터과학 내용 체계 이해

1. CC2020의 역량 모델 개요

□ 지식 기반 교육과정의 한계

○ 디지털 경제시대에 대학들은 졸업자들에 산업계 요구사항을 고려한 역량 교육을 제공해야함과 동시에 평생진로(lifelong career)를 고려한 준비도 필요

○ 이를 위해 어떤 상황이나 과업 내에서 무엇을 할 수 있는가와 같은 '역량'을 중심으로 더 넓은 포트폴리오 측면의 교과과정 요구사항을 포괄하는 것이 필요

○ 산업계의 경우 대학 졸업자들 간의 역량 격차(Skill gap)에 대해 인지하고 있으며 대학 프로그램에 역량 모델을 도입하는 것이 학계와 산업계의 공통된 이해를 위해 필요

○ CC2020 프로젝트는 교육과정 전문화를 위한 역량 모델의 채택을 통해서, 컴퓨팅 교육과정의 형식과 강조점에 관한 철학적 변환을 제안

○ 역량은 컴퓨팅 환경 내에서 지식(knowledge), 기술(technical skills) 및 행동(human behavior)의 조합으로 정의

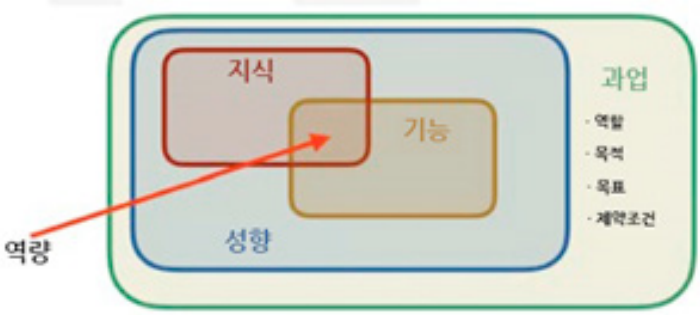
□ CC2020의 역량 모델

○ CC2020에서는 Information Technology 2017(IT2017) 보고서를 통해 제안된 지식(Knowledge)-기능(Skill)-성향(Disposition) 체계를 활용하여 실무적인 교육 목적을 반영하는 개념으로 역량을 설명

Competency = [Knowledge + Skills + Dispositions] in Task

○ 또한, [그림 2]와 같이 과업을 성취하기 위해 필요한 지식, 기능 및 성향을 구성요소로 포함하는 개념 모델(Conceptual Structure)을 제시

[그림 2] CC2020의 역량 모델 구조



- 지식 : 어떤 사실에 관한 깨달음('Know-what') 에 대한 영역으로 역량모델의 핵심적 개념. 흔히 강의계획서의 주제나 학과의 교과에 대한 균형적인 분배 혹은 기관에 대한 인증을 부여하는 기구 등이 활용하는 기준으로 나열되는 내용. 전통적으로 컴퓨팅 교육의 강의계획서는 지식 요소들로 구성됨

- 기능 : 과업을 능동적으로 성취하기 위해서 지식을 응용하는 능력과 전략으로서 지식의 응용 방(Know-how)에 대한 영역. 기능은 오랜 시간 연습을 거치면서 발전. 기능 발전을 위해서는 차원이 더 높은 인지적 단계에 참여하는 것이 필요. 이를 위해 CC2020은 Bloom의 인지영역 6단계*를 채택하여 성공적인 과업완수에 기대되는 기능의 정도를 제시. 'Know-how'를 기반으로 'Know-what'이 활성화되면 지식과 기능의 영역들은 서로 융합됨. 그러므로 지식의 요소와 기능의 응용 수준은 역량의 명세에서 짝을 이룸

  * Bloom's Taxonomy : 기억(Remembering) → 이해(Understanding) → 응용(Applying) → 분석(Analyzing) → 평가(Evaluating) → 창조(Creating)

- 성향 : 과업 수행의 필수적인 특성이나 품질을 규정하는 (Know-why) 영역을 구성. 성향은 'Know-what'과 'Know-how'를 통해 숙련된 업무수행을 위한 안목을 형성. 이에 따라 당면한 과제에 대한 바람직한 품질을 달성하기 위해 실무자들이 선택하거나 조절하는 등에 영향을 줌. 이런 점에서 지식과 기술의 '더 나은' 혹은 '올바른' 적용에 관여함. 예를 들어, 성향은 단순한 "완료"와 "전문적인 수행"을 구분하여 실무자의 역량에 관여함으로써 전문적인 가치를 반영할 수 있음. 'Know-why'는 행해진 가치로서 드러나며 의도를 평가하기 어렵기 때문에, 일반적으로 행동양식이나 반사관행(reflective practice)의 관측을 통해서 간접적으로 성향을 평가

- 과업 : 과업은 지식을 능숙하게 응용하여 성향을 더욱 구체적으로 만드는 구성체. 개인들은 과업을 효율적이고 효과적인 방식으로 수행하는 데 필요한 선택, 행동 및 노력 등의 조절을 통해 성향을 분명하게 나타냄. 이러한 의미에서 과업은 지식, 기술 및 성향의 필수적인 특성을 보여주며 역량의 목적성을 포괄

[표 3] 지식 요소들

인간 및 조직	시스템 모델화	소프트웨어 시스템 아키텍처	소프트웨어 개발	소프트웨어 기초	하드웨어
사회적 현안문제 사용자 경험 보안정책 IS 관리 전사적 아키텍처 프로젝트 관리	보안현안 문제점 시스템 분석 요구사항 분석 데이터 관리	가상 시스템 임베디드 시스템 통합 시스템 지능 시스템 사물 인터넷 컴퓨터 네트워크 플랫폼 기술 병렬 컴퓨팅 보안 기술	소프트웨어 품질 소프트웨어 검증 소프트웨어 프로세스 소프트웨어 설계 소프트웨어 모델화 플랫폼 개발 소프트웨어 개발	그래픽 및 시각화 운영체제 알고리즘 프로그래밍 언어 소프트웨어 개발 시스템 기초	아키텍처 및 구성 디지털 설계 회로/전자기기 신호 처리

[표 4] 기능 요소들

기억	이해	응용	분석	평가	창조
사실, 용어, 기본개념 및 답을 상기하여 이전에 학습한 자료의 기억을 표시한다.	설명을 준비/비교/변환/ 해석/제공하여 사실과 아이디어의 이해를 입증한다.	여러 가지 방법으로 획득한 지식, 사실, 기법 및 규칙을 적용하여 새로운 상황에 대한 문제를 해결한다.	동기 또는 원인을 파악하여 정보를 검토하고 부분들로 분류한다. 해법을 지원하기 위해서 추론하고 증거를 찾는다.	정보, 아이디어의 유효성, 또는 자료의 품질에 관한 판단을 하여 의견을 제시하고 방어한다.	새로운 패턴의 요소들을 결합하거나 대체 해법을 제안하여 여러 가지 방법으로 정보를 편집한다.

[표 5] 성향 요소들

요소 관련 상세 설명	요소 관련 상세 설명
전향적 : 진취성, 자발적 행위자, 독자적 **자기주도적 :** 자기동기 부여적, 결정, 독자적 **정열적 :** 확신, 강한 책임감, 강렬함 **목적중심적 :** 목적지향적, 목표 달성, 사업감각 **전문적 :** 전문성, 재량권, 윤리적, 기민함 **책임감 :** 판단력 이용, 재량권, 적절한 조치	**적응성:** 유연성, 민첩성, 변화에 대응한 조정 **협업적:** 팀 플레이어, 타자와 기꺼이 협력함 **대응성:** 경의적, 신속하고 적극적인 반응 **세심함:** 세부사항에 유의, 사려 깊음, 정확성 **창의적:** 탐구적. 단순한 해법을 넘는 관찰.

□ 역량의 실제적인 적용

○ 현재까지 많은 컴퓨팅 교육과정에서 지식 기반 접근 방식을 진행되었으나 최근의 컴퓨팅 교육과정 구성 요소는 지식과 숙련도뿐만 아니라 성향, 기술 수준 및 예상되는 실용적인 작업도 포함해야 함

○ 역량 모델을 사용하면 컴퓨팅 분야 교육과정 프로그램의 비교 분석 및 시각화, 자동화에 도움이 될 수 있어 CC2020 프로젝트는 향후 각 분야별 컴퓨팅 교육과정을 개발하기 위해 역량 기반 접근 방식을 채택할 것을 권장함

2. CC 2020에 제시된 Computer Science(CC2020-CS) 내용 체계 : CS2013과 CC2020-CS 내용 체계 비교

□ Computer Science Curricula 프로젝트 추진 현황

○ CC2020는 Computer Science Curricula 2013(이하, CS2013)의 지식체계를 참고해 역량 중심 기반 교육과정으로 개선한 CC2020-CS를 공개함([표 6])

○ CC2020-CS는 [그림 7]과 같이 CS2013과 동일한 총 18개 지식 영역으로 구성됨

* CS2013은 ① CS2001 및 CS2008에 대한 검토를 토대로 ② 컴퓨터과학(CS)의 확대를 위해 다양한 이해관계자로부터 의견 수렴을 거쳐 개발하였으며, 추상화(Abstraction), 복잡성(Complexity), 진화적 변화(Evolutionary change)를 주요 주제로 다루고 있음

* 또한, 교육과정의 약 40%를 알고리즘 및 복잡성, 프로그래밍 언어, SW 개발 기본 원리 및 SW공학에 할당함

○ CS2001에서부터 CC2020-CS에 이르기까지 변화된 지식체계는 [표 8]을 통해 확인할 수 있으며, CC2020-CS 지식체계는 [표 9: 요약]와 [붙임2 : 전문]을 통해 자세히 확인할 수 있음

- CC2020-CS 지식체계는 CS2013을 따르고 있으며, CS2013 개발 과정에서 일부 영역이 추가되거나 변경·보완되었음*.

* (추가) '정보보호와 보안', '플랫폼 기반 개발', '병렬 및 분산컴퓨팅', '시스템 기본', (변경) '그래픽 및 시각화', '네트워킹 및 통신', '소프트웨어 개발 기본', '사회 이슈 및 전문가로서의 업무'

[표 6] CS2013과 CC2020-CS의 영역별 내용 요소 비교 : 알고리즘 및 복잡성, 지능시스템 예시

	지식 영역	내용 요소
알고리즘 및 복잡성	CS2013	[Topic: 2 Core-Tier1] 알고리즘의 최상, 예상(expected), 최악의 사례의 동작 간의 차이 • 상한 및 예상 복잡도 경계의 점근(Asymptotic) 분석 • Big O 표기 : 형식 정의(formal definition) • 상수, 로그, 선형, 2차 및 지수와 같은 복잡성(complexity) 클래스 • 성능의 경험적 측정 • 알고리즘의 시간 및 공간 절충 ... (이하 생략)
	CC2020-CS	- 동료 그룹에게 특정 알고리즘의 다른 동작으로 이어질 수 있는 조건 또는 가정의 데이터 특성을 제시하고 분석을 통해 런타임 측정에 대한 가설을 검증하기 위한 경험적 연구를 설명한다. - 알고리즘의 시간 및 공간 복잡성을 간단하게 설명하고 정식으로 Big-O 표기법을 활용해 시간 및 공간 복잡성에 대한 점근적 상한과 기대되는 사례 한계를 각각 보여준다. - 산업 문제를 해결하고 특정 컨텍스트에 대한 평가 알고리즘을 선택하기 위해 기본 수치 알고리즘 방법(검색 알고리즘 등)을 구현한다. ... (이하 생략)

참고 : ACM & IEEE(2013). Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.

지식 영역	지식 영역	주요 내용
지능시스템	CS2013	[Topic: 1 Core-Tier2] AI 문제 개요, 최근 AI 응용 성공 사례 • 지능적인 행동이란 무엇인가? - 튜링 테스트 - 합리적 vs. 비합리적 추리 • 문제 특성 - 완전(fully) vs. 부분 관측 가능(partially observable) - 단일 vs. 다중 에이전트 - 결정론적 vs. 확률론적 - 정적 vs. 동적 - 이산(discrete) 대 연속(continuous) ... (이하 생략)
	CC2020-CS	- 지능형 시스템이 해결해야 하는 주어진 과제의 특성을 결정하고 그 결과를 프로젝트 팀에게 제시한다. - 기업의 질의응답 시스템에서 자동으로 답변할 수 있도록 자연어(예, 영어)를 논리 언어로 변환시킨다. - 근거가 주어진 가설의 확률을 결정하기 위해 베이즈(Bayes) 정리 [15]를 사용해 실제 산업 문제에서 확률적 추론을 진행한다. ... (이하 생략)

참고 : ACM & IEEE(2013). Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.

15) 두 확률 변수의 사전 확률과 사후 확률 사이의 관계를 나타내는 정리.
from Wikipedia : https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%B2%A0%EC%9D%B4%EC%A6%88_%EC%A0%95%EB%A6%AC, 검색일: 2020.11.05.

[표 7] CS2013과 CC2020-CS의 지식 영역별 소개

지식 영역	개요 16)
알고리즘 및 복잡성 (Algorithms and Complexity, AL)	컴퓨터과학및소프트웨어공학의기초로알고리즘의연구는사용하는프로그래밍언어,프로그래밍 패러다임, 컴퓨터 하드웨어에 상관없이 문제의 본질적인 특성과 가능한 솔루션 기법에 대한 통찰력을 제공하며, 특정한 목적에 적합한, 효율적인 알고리즘을 선택하고 적용하는 능력은 소프트웨어 공학자에게 중요함
구조 및 조직 (Architecture and Organization, AR)	모든 계산이 일어나고 소프트웨어 계층과 인터페이스를 제공하는 하드웨어 환경에 대한 것으로 컴퓨터 시스템의 기능적 구성 요소, 그들의 특성, 성능, 상호 작용에 대해 연구함, 높은 성능을 달성하는 프로그램을 개발하기 위해 컴퓨터 구조를 잘 이해하고 선택하여야 함
컴퓨팅 과학 (Computational Science, CN)	컴퓨터과학의 응용 분야로서 다양한 학문 분야의 다양한 문제를 풀기 위하여 컴퓨터과학의 활용을 연구하는 지식영역으로 컴퓨터 시뮬레이션, 자료의 시각화, 수학적 모델링, 컴퓨터 프로그래밍과 데이터 구조, 네트워킹, 데이터베이스 설계, 기호 계산, 고성능 컴퓨팅 기술 들을 활용함
이산 구조 (Discrete Structures, DS)	CS에 대한 기초적인 소재로, 집합론, 논리학, 그래프 이론, 확률 이론 등의 내용을 포함, CS의 많은 영역에서 이산 구조의 개념을 이해하고 이용할 수 있는 능력을 요구함
그래픽 및 시각화 (Graphics and Visualization, GV)	인간의 시각 인지 능력의 이해, 표현 대상의 모델 링, 모델을 2차원으로 그려 주는 렌더링 과정, 이미지가 움직이는 것처럼 보이게 하는 애니메이션, 자료의 이해를 돕기 위한 고차원 데이터의 시각적 표현, 전산 기하학 등이 주요 연구 분야임
인간 – 컴퓨터 상호 작용 Human - Computer Interaction, HCI)	컴퓨터를 이용하여 여러 사람이 효율적으로 협동하는 환경에 관한 연구 영역 포함, 인간 – 컴퓨터 상호 작용에는 사람이 참여하므로 컴퓨터 시스템뿐만 아니라 인간의 인지 및 지각 능력에 대한 이해와 문화적, 사회적 속성의 이해가 요구되며, 심리학, 인체 공학, 컴퓨터 그래픽, 제품 설계, 인류학, 공학 등의 폭넓은 지식이 요구됨
정보 보호 및 보안 (Information Assurance and Security, IAS)	컴퓨터를 사용하는 데 있어서 기밀성, 무결성 및 가용성을 보장하는 지식영역으로 정보와 정보 시스템을 보호하기 위한 기술적, 정책적 통제와 절차 등에 대하여 연구함
정보 관리 (Information Management, IM)	데이터베이스의확장성, 접근성과사용성을 감안하여 정보 관리 시스템을 설계 개발하거나 적절한 해법을 선택할 수 있는 능력을 제공함

16) CC2020-CS의 지식영역별 개요는 김진형(2014)의 연구를 참고해 재정의함

지식 영역	개요
지능 시스템 (Intelligent Systems, IS)	상식 및 전문 지식의 표현 방식, 검색 및 계획 세우기 등의 문제 해결 방 법론 및 기계 학습 기법, 문제해결에 필요한 에이전트나 다중 에이전트의 구조 등을 연구함
네트워킹 및 통신 (Networking and Communications, NC)	네트워크 아키텍처와 인터넷 구조 등 네트워크의 작동 원리, 설계 방법 및 관리 방안의 이해 (웹 개발, 네트워크 보안, 모바일 디바이스 등을 포함)
운영 체제 (Operating Systems, OS)	사용자에게 프로그램을 쉽고 효율적으로 실행할 수 있는 환경을 제공하기 위하여 컴퓨터에 기본적으로 탑재되는 소프트웨어
플랫폼 기반 개발 (Platform-Based Development, PBD)	플랫폼 기반 개발은 범용 프로그래밍과는 다르게 플랫폼별 제약사항이 존재하므로 이러한 특정 소프트웨어 플랫폼에서 동작하는 SW 응용 프로그램의 설계 및 개발과 관련된 사항을 고려하게 함 (API 또는 제한된 환경과 관련된 개발의 일반적인 기술은 소프트웨어 개발 기본(SDF)에서 다루고 있음)
병렬 및 분산 컴퓨팅 (Parallel and Distributed Computing, PD)	멀티코어 프로세서나 분산 데이터센터 등 다중 프로세서를 사용하는 병렬 및 분산 처리는 복잡한 방법으로 작동이 겹치는 다중 프로세서의 동작을 연구하며, 동시성과 병렬 시행, 그리고 이를 위한 프로세서 간의 통신과 조정 기제에 대하여 연구하는 영역
프로그래밍 언어 (Programming Languages, PL)	프로그래밍 언어의 번역, 정적 분석, 메모리 관리 등의 기본 지식의 연구와 학습을 통하여 그 언어의 효과적 사용과 한계를 이해할 수 있게 함
소프트웨어 개발 기본 (Software Development Fundamentals, SDF)	컴퓨터를 이용하여 여러 사람이 효율적으로 협동하는 환경에 관한 연구 영역 포함, 인간 - 컴퓨터 상호 작용에는 사람이 참여하므로 컴퓨터 시스템뿐만 아니라 인간의 인지 및 지각 능력에 대한 이해와 문화적, 사회적 속성의 이해가 요구되며, 심리학, 인체 공학, 컴퓨터 그래픽, 제품 설계, 인류학, 공학 등의 폭넓은 지식이 요구됨
소프트웨어 공학 (Software Engineering, SE)	요구사항 추출, 분석, 시방서 작성, 설계, 구축, 테스팅 및 검증, 배포, 운영 및 유지 보수를 포함하는 소프트웨어 시스템의 라이프 사이클 모든 단계를 고려함, 소프트웨어의 진화와 재사용을 위하여 잘 통제되고 훈련된 방법과 도구를 사용해야 하며 이 도구들이 매우 빠르게 진화하고 있기 때문에 적절한 도구, 방법론, 개발 환경 시스템의 선택에는 전문성이 요구됨
시스템 기본 (Systems Fundamentals, SF)	응용 프로그램이 동작하는 기본 HW 및 SW 인프라는 "컴퓨터 시스템"이라는 용어로 설명되며, 이는 운영 체제, 병렬 및 분산 시스템, 통신 네트워크 및 컴퓨터 아키텍처의 하위에 광범위하게 적용됨, 전통적으로 독립적인 과정으로 진행되나 계산 패러다임, 병렬화, 계층간 통신, 자원 할당 및 스케줄링 등을 공통적인 개념으로 볼 수 있음
사회 이슈 및 전문가로서의 업무 (Social Issues and Professional Practice, SP)	직업 윤리, 지적 재산권, 개인 정보 보호 및 시민의 자유, 전문가로서의 소통, 컴퓨팅의 경제, 보안 정책, 법률 및 컴퓨터 범죄 등의 이슈를 다룸

[표 8] CS 교육과정 체계 변화

CS2001	CS2008	CS2013	CC2020-CS
알고리즘 및 복잡성(AL)	알고리즘 및 복잡성(AL)	알고리즘 및 복잡성(AL)	알고리즘 및 복잡성(AL)
구조 및 조직(AR)	구조 및 조직(AR)	구조 및 조직(AR)	구조 및 조직(AR)
컴퓨팅 과학과 수치해석**(CN)	컴퓨팅 과학(CN) (수치해석 내용요소 제거 및 이름 변경)	컴퓨팅 과학(CN)	컴퓨팅 과학(CN)
이산구조(DS)	이산구조(DS)	이산구조(DS)	이산구조(DS)
그래픽 및 시각적 컴퓨팅 (GV)	그래픽 및 시각적 컴퓨팅 (GV)	그래픽 및 시각화(GV) (이름 변경)	그래픽 및 시각화(GV)
인간-컴퓨터 상호작용 (HCI)	인간-컴퓨터 상호작용 (HCI)	인간-컴퓨터 상호작용 (HCI)	인간-컴퓨터 상호작용 (HCI)
-	-	정보 보호와 보안(IAS) (신규)	정보 보호와 보안(IAS)
정보 관리(IM)	정보 관리(IM)	정보 관리(IM)	정보 관리(IM)
지능 시스템(IS)	지능 시스템(IS)	지능 시스템(IS)	지능 시스템(IS)
네트워크 중심의 컴퓨팅 (NC)	네트워크 중심의 컴퓨팅 (NC)	네트워킹 및 통신(NC) (이름 변경)	네트워킹 및 통신(NC)
운영체제(OS)	운영체제(OS)	운영체제(OS)	운영체제(OS)
-	-	플랫폼 기반 개발(PBD) (신규)	플랫폼 기반 개발(PBD)
-	-	병렬 및 분산 컴퓨팅(PD) (신규)	병렬 및 분산 컴퓨팅(PD)
프로그래밍 언어(PL)	프로그래밍 언어(PL)	프로그래밍 언어(PL)	프로그래밍 언어(PL)
프로그래밍 기본(PF)	프로그래밍 기본(PF)	소프트웨어 개발 기본(SDF) (이름 변경)	소프트웨어 개발 기본 (SDF)
소프트웨어 공학(SE)	소프트웨어 공학(SE)	소프트웨어 공학(SE)	소프트웨어 공학(SE)
-	-	시스템 기본(SF) (신규)	시스템 기본(SF)
사회적 전문적 이슈(SP)	사회적 전문적 이슈(SP)	사회 이슈 및 전문가로서의 업무 (SP) (이름 변경)	사회 이슈 및 전문가로서의 업무(SP)

* 본 표는 우호성 외(2017:30) 연구를 참고해 일부 내용 수정 및 CC2020-CS 내용을 추가함
* Computational Science는 '계산과학' 또는 '컴퓨팅과학'으로 혼용되고 있으나 본 보고서에서는 우호성 외(2017)의 연구를 참고해 '컴퓨팅과학'으로 사용함

[표 9] CC2020-CS의 영역별 역량 중심 내용 요소

지식 영역	역량 중심 내용 요소 (일부)
알고리즘 및 복잡성 (Algorithms and Complexity, AL)	- 동료 그룹에게 특정 알고리즘의 다른 동작으로 이어질 수 있는 조건 또는 가정의 데이터 특성을 제시하고 분석을 통해 런타임 측정에 대한 가설을 검증하기 위한 경험적 연구를 설명한다. - 산업 문제를 해결하고 특정 컨텍스트에 대한 평가 알고리즘을 선택하기 위해 기본 수치 알고리즘 방법(검색 알고리즘 등)을 구현한다. ... (이하 생략)
구조 및 조직 (Architecture and Organization, AR)	- 논리 회로 수준에서 구현된 간단한 프로세서의 타이밍 다이어그램 동작을 평가하고 결과를 보여주는 보고서를 작성한다. - 문자열 처리와 조작 및 숫자 데이터를 16진수 형식으로 변환하기 위해 어셈블리/기계 수준에서 간단한 프로그램을 작성한다. - 기계 언어 및 어셈블리 언어 모두에서 기본적으로 높은 수준 구조를 구현하고 결과를 동료 그룹에 제시한다. ... (이하 생략)
컴퓨팅 과학 (Computational Science, CN)	- 실제 상황에 대한 간단하고 형식적인 수학 모델을 만들고 현지 테크 업체의 시뮬레이션에 해당 모델을 활용한다.
이산구조 (Discrete Structures, DS)	- 적절한 세트, 기능 또는 관계 모델의 몇 가지 실용적인 예시를 동료 그룹에 제시하고 관련 동작 및 용어를 맥락적으로 해석한다. - 종속 또는 독립 사건의 다양한 확률과 확률 변수의 기대값을 계산해서 문제를 해결하고 주어진 확률 분포에 대한 분산을 계산하는 방법을 동료 그룹에게 제시한다. ... (이하 생략)
그래픽 및 시각화 (Graphics and Visualization, GV)	- 표준 API를 사용해서 현지 단체에서 활용할 수 있는 시각 및 오디오 기술을 통합하는 사용자 인터페이스를 설계하고 개발한다.
인간 – 컴퓨터 상호 작용 (Human - Computer Interaction, HCI)	- 대화형 응용 프로그램을 디자인하고 관련 도구 및 기술과 함께 사용자 중심의 디자인 주기를 적용하여 기업 환경에서 유용성과 사용자 경험을 최적화한다. - 도움말 및 문서와 함께 기업용 그래픽 사용자 인터페이스를 지원하는 간단한 애플리케이션을 제작하고 정량적 평가를 수행한 뒤 결과를 보고한다. ... (이하 생략)

지식 영역	개요
정보 보호 및 보안 (Information Assurance and Security, IAS)	- 일반적인 입력 유효성 검사 오류를 분류한 후 사이버 보안 회사에 대한 올바른 입력 유효성 검사 코드를 작성한다. - 보안 전문가 그룹에게 경쟁 조건이 발생하지 않도록 방지하는 방법과 예외를 처리하는 방법을 보여준다.
정보 관리 (Information Management, IM)	- 정보를 데이터 및 지식과 대조하고 전문가 그룹에게 중앙 집중식 데이터 제어의 장단점을 설명한다. - 동료 그룹에게 데이터베이스에서 정보를 추출하는 선언적 쿼리 언어를 시연한다. - ... (이하 생략)
지능 시스템 (Intelligent Systems, IS)	- 지능형 시스템이 해결해야 하는 주어진 과제의 특성을 결정하고 그 결과를 프로젝트 팀에게 제시한다. - 기업의 질의응답 시스템에서 자동으로 답변할 수 있도록 자연어(예, 영어)를 논리 언어로 변환시킨다. - 근거가 주어진 가설의 확률을 결정하기 위해 베이즈(Bayes) 정리를 사용해 실제 산업 문제에서 확률적 추론을 진행한다. ... (이하 생략)
네트워킹 및 통신 (Networking and Communications, NC)	- 기업 고객을 위해 간단한 클라이언트-서버 소켓 기반 애플리케이션을 설계하고 개발한다. - 고정 및 동적 할당 기술과 혼잡(congestion)에 대한 현재 접근법을 대조하고 그 결과를 회사 임원에게 제시한다. - ... (이하 생략)
운영 체제 (Operating Systems, OS)	- 컴퓨팅 이론 및 수학 지식을 적용해 문제를 해결하고 전문가 또는 비전문가 청중을 위해 솔루션의 결과와 방법을 포괄적으로 제시한다. - 확률과 기댓값에 대한 지식을 활용하여 무작위 사건 하에서 시스템의 동작을 예측하고 사용자에게 잠재적인 행동을 알려준다. ... (이하 생략)
플랫폼 기반 개발 (Platform-Based Development, PBD)	- 다양한 온라인 커뮤니티를 지원하기 위해 웹 프레임워크와 프레젠테이션 기술을 활용하는 반응형 웹 애플리케이션을 클라이언트를 위한 설계한다. - 플랫폼별 API를 통해 프로그래밍 작업을 개발, 구현하고 그 결과를 피어 그룹(Peer Group)에 제시한다. ... (이하 생략)

지식 영역	개요
병렬 및 분산 컴퓨팅 (Parallel and Distributed Computing, PD)	- 병렬로 이루어질 수 있는 독립적인 작업을 식별하고 병렬 실행 도표와 관련하여 중요 경로를 결정하여 프로그램의 작업 및 범위에 대한 계산 결과 제시한다. - 실제 산업 문제에 대한 작업을 통해 클라이언트를 위해 병렬 분할 정복(divide-and-conquer)을 구현하고 경험적으로 성능을 측정한다. ... (이하 생략)
프로그래밍 언어 (Programming Languages, PL)	- 객체 지향 캡슐화 메커니즘(클래스 계층 구조 등)을 고려하여 클래스의 설계 및 구현을 제시한다. - GUI와 같은 반응형 시스템에서 사용할 웹 개발자용 이벤트 핸들러 작성 - 타입 오류 메시지, 메모리 누수, 댕글링 포인터(Dangling Pointer) [17]를 사용하여 프로그램을 디버깅한다. ... (이하 생략)
소프트웨어 개발 기본 (Software Development Fundamentals, SDF)	- 반복적 재귀 함수와 분할 정복(divide-and-conquer) 기법을 설명하는 적절한 알고리즘을 만들고 프로그래밍 언어를 사용하여 간단한 산업 문제를 해결하기 위한 알고리즘을 구현, 테스트 및 디버깅을 실시한다. - 절차적 추상화를 적용할 기회를 식별하여 산업 프로그램을 리팩토링한다. ... (이하 생략)
소프트웨어 공학 (Software Engineering, SE)	- 기능적 요구 사항과 비기능적 요구 사항을 구분하여 현지 프로젝트에 필요한 SW 요구사항 세트를 검토하고 해당 세트가 좋은 요구사항의 특징을 어느 정도 나타내는지 평가한다. - UML 같은 모델링 기법을 사용해 간단한 소프트웨어 시스템의 설계를 고객에게 제시하고 해당 설계가 시스템 설계 원칙에 어떻게 통합되어 있는지 설명한다.
시스템 기본 (Systems Fundamentals, SF)	- 논리 설계의 기본 구성요소를 이용하여 간단한 순차적 문제와 동일한 문제의 병렬 버전을 설계하고 적절한 도구를 활용하여 설계 및 성능을 평가한다. - 동기화 기본요소를 통해 공유 리소스를 관리하는 업체를 위해 간단한 병렬 프로그램을 개발하고 툴을 이용해 프로그램 성능을 평가한다. ... (이하 생략)

17) 컴퓨터 프로그래밍에서 적절한 타입의 유효한 객체를 가리키고 있지 않은 포인터. from Wikipedia : https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%97%88%EC%83%81_%ED%8F%AC%EC%9D%B8%ED%84%B0, 검색일: 2020.11.17.

지식 영역	개요
사회 이슈 및 전문가로서의 업무 (Social Issues and Professional Practice, SP)	- 현지 단체에 대한 시스템을 분석하고 비기술적인 방법으로 그 결과를 제시한다. - 학제 간 지식을 통합하여 현지 단체를 위한 프로그램을 개발한다. - 기술로 인한 사회적 변화의 영향을 관리해야 하는 사람들에게 도움이 되는 문서를 제작한다. ... (이하 생략)

* [표 9]는 CC2020-CS의 역량 중심 내용 요소 중 일부만 제시하였으며 전문은 [붙임 2]에 제시함

Ⅳ. 2015 개정 정보과 교육과정의 이해

1. 2015 개정 정보과 교육과정의 교과 역량

□ **2015 정보과 교육과정(이하 정보과 교육과정)* [18]은 [표 10]과 같이 중학교 '정보', 고등학교 '정보', '인공지능 기초', '정보과학' 과목으로 구성되어 있음**

* 고등학교 '정보', '인공지능 기초'는 현재 기술·가정 교과(군)에 포함되어 있으나 일반적으로 정보과 교육과정의 세부 과목으로 분류되며(김경훈 외, 2015; 장원영, 2020), 본 연구에는 이들 교과를 포함해 정보과 교육과정으로 명명함

□ **정보과 교육과정은 [표 11]과 같이 2015 개정 교육과정 총론에 제시된 6가지 역량을 함양시키기 위해 '정보문화 소양', '컴퓨팅 사고력', '협력적 문제해결력'을 교과 역량으로 제시함**

[표 10] 2015 개정 정보과 교육과정 과목 구성 현황

교과(군)	과목				
	초등학교	중학교	고등학교		
			보통교과		전문교과 I 과학계열 과목
			일반 선택	진로 선택	
정보	*	정보	-	-	정보과학
기술·가정		-	정보	인공지능 기초	

*초등학교는 별도의 '정보' 교과가 없지만 실과 교과 내, SW교육을 일부 포함하고 있음

18) 교육부는 최근(2020.9월) 개정된 「초·중등학교 교육과정 및 특수교육 교육과정」 일부 개정(안) 및 교육부 고시 제2020-236호를 통해, 고등학교 '인공지능 기초'를 새롭게 고시함

[표 11] 2015 개정 교육과정 총론 및 정보 교과 역량

구분	역 량	
총론	(1) 자기관리 역량, (2) 지식정보처리 역량, (3) 창의적 사고 역량, (4) 심미적 감성 역량, (5) 의사소통 역량, (6) 공동체 역량	
정보 교과	정보문화 소양	정보사회의가치를이해하고,정보사회구성원으로서윤리의식과시민의식을갖추고 정보기술을 활용하여 문제를 해결할 수 있는 능력
	컴퓨팅 사고력	컴퓨터과학의 기본 개념과 원리 및 컴퓨팅 시스템을 활용하여 실생활과 다양한 학문 분야의 문제를 이해하고 창의적으로 해법을 구현하여 적용할 수 있는 능력
	협력적 문제해결력	네트워크 컴퓨팅 환경에 기반한 다양한 지식·학습공동체에서 공유와 효율적인 의사소통, 협업을 통해 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 능력

○ 2015 개정 교육과정은 [표 12]와 같이 교과 내용 체계에 '핵심 개념', '일반화된 지식', '기능' 등의 항목을 도입해 교과에서 추구하고자 하는 역량을 보다 체계적으로 이해하고, 함양시킬 수 있는 장치를 마련함

[표 12] 2015 개정 교과 교육과정의 내용 체계

영역	핵심개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
교과의 성격을 가장 잘 나타내주는 최상위의 교과 내용 범주	교과의 기초 개념이나 원리	학생들이 해당 영역에서 알아야 할 보편적인 지식	학년(군)에서 배워야 할 필수 학습 내용	수업 후 학생들이 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력으로, 교과 고유의 탐구 과정 및 사고 기능 등을 포함

2. 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계

□ 초등학교 '실과' 과목

[표 13] 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계 (실과)

영역	핵심개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
			초등학교(5~6학년)	
기술 시스템	소통	통신 기술은 정보를 생산, 가공하여 다양한 수단과 장치를 통하여 송수신하여 공유한다.	• 소프트웨어의 이해 • 절차적 문제해결 • 프로그래밍 요소와 구조	· 탐색하기 · 계획하기 · 실천하기 · 조작하기 · 활용하기 · 적용하기 · 종합하기 · 평가하기 · 제안하기 · 설계하기 · 제작하기 · 실행하기 · 판단하기 · 조사하기 · 추론하기
기술 활용	혁신	문제 해결 과정에서의 발명과 기술 개발에서의 표준은 국가와 사회의 혁신과 발전에 기여한다.	• 발명과 문제해결 • 개인정보와 지식 재산 보호 • 로봇의 기능과 구조	

○ 초등학교는 기술시스템 영역에 '소프트웨어의 이해', '절차적 문제해결', '프로그래밍 요소와 구조'를 통해 SW교육을 실시할 수 있도록 구성하고 있음(17차시)

○ 이 외에도 기술 활용 영역에 '개인정보와 지식재산 보호', '로봇의 기능과 구조' 등을 통해 SW교육 내용을 응용·확장해 다룰 수 있도록 구성함

□ 중·고등학교 '정보' 과목

[표 14] 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계 (중학교, 고등학교 '정보' 과목)

영역	핵심 개념	일반화된 지식	중학교		고등학교	
			내용 요소	기능	내용 요소	기능
정보문화	정보사회	정보사회는 정보의 생산과 활용이 중심이 되는 사회이며, 정보와 관련된 새로운 직업이 등장하고 있다.	• 정보사회의 특성과 진로	탐색하기 분석하기 실천하기 계획하기	• 정보과학과 진로	탐색하기 분석하기 실천하기 계획하기
	정보윤리	정보윤리는 정보사회에서 구성원이 지켜야 하는 올바른 가치관과 행동 양식이다.	• 개인정보와 저작권 보호 • 사이버 윤리		• 정보보호와 보안 • 저작권 활용 사이버 윤리	
자료와 정보	자료와 정보의 표현	숫자, 문자, 그림, 소리 등 아날로그 자료는 디지털로 변환되어 컴퓨터 내부에서 처리된다.	• 자료의 유형과 디지털 표현	분석하기 표현하기 수집하기 관리하기	• 효율적인 디지털 표현	분석하기 선택하기 수집하기 관리하기 협력하기
	자료와 정보의 분석	문제 해결을 위해 필요한 자료와 정보의 수집과 분석은 검색, 분류, 처리, 구조화 등의 방법으로 이루어 진다.	• 자료의 수집 • 정보의 구조화		• 자료의 분석 • 정보의 관리	
문제해결과 프로그래밍	추상화	추상화는 문제를 이해하고 분석하여 문제 해결을 위해 불필요한 요소를 제거하거나 작은 문제로 나누는 과정 이다.	• 문제 이해 • 핵심요소 추출	비교하기 분석하기 핵심요소추출하기 표현하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기	• 문제 분석 • 문제 분해와 모델링	비교하기 분석하기 핵심요소추출하기 분해하기 설계하기 표현하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	알고리즘	알고리즘은 문제 해결을 위한 효율적인방법과 절차이다.	• 알고리즘 이해 • 알고리즘 표현		• 알고리즘설계 • 알고리즘분석	
	프로그래밍	프로그래밍은 문제의 해결책을 프로그래밍 언어로 구현하여 자동화하는 과정이다.	• 입력과 출력 • 변수와 연산 • 제어 구조 • 프로그래밍 응용		• 프로그램 개발 환경 • 변수와자료형 • 연산자 • 표준입출력과 파일입출력 • 중첩제어구조 • 배열, 함수 • 프로그래밍 응용	
컴퓨팅 시스템	컴퓨팅 시스템의 동작 원리	다양한 하드웨어와 소프트웨어가 유기적으로 결합된 컴퓨팅 시스템은 외부로부터 자료를 입력받아 효율적으로 처리하여 출력한다.	• 컴퓨팅 기기의 구성과 동작 원리	분석하기 설계하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기	• 운영체제 역할 • 네트워크 환경 설정	활용하기 관리하기 설계하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	피지컬 컴퓨팅	마이크로컨트롤러와 다양한 입 출력 장치로 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구성하고 프로그래밍을 통해 제어한다.	• 센서 기반 프로그램 구현		• 피지컬 컴퓨팅 구현	

○ 중·고등학교 정보 과목 내용 체계는 정보문화, 자료와 정보, 문제해결과 프로그래밍, 컴퓨팅 시스템으로 대영역을 구성하고 있음

○ 정보 과목은 일관된 핵심 개념과 일반화된 지식을 공유하고 있지만, 학교급에 따라 세부적인 내용 요소와 기능을 달리 구성하고 있음

□ 고등학교 '인공지능 기초' 과목

[표 15] 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계 (고등학교 '인공지능 기초' 과목)

영역	핵심개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
인공지능의 이해	인공지능과 사회	인공지능은 4차 산업혁명의 핵심 기술로 사회와 직업의 변화를 이끌고 있다.	• 인공지능의 개념과 특성 • 인공지능 기술의 발전과 사회 변화	탐색하기 비교하기 분석하기
	인공지능과 에이전트	인공지능은 지능 에이전트의 형태를 통하여 외부 환경을 인식, 학습, 추론, 행동함으로써 문제를 해결한다.	• 지능 에이전트의 개념과 역할	
인공지능의 원리와 활용	인식	지능 에이전트는 시각, 청각 등의 인식을 통하여 세상과 상호작용 한다.	• 센서와 인식 • 컴퓨터 비전 • 음성 인식과 언어 이해	탐색하기 비교하기 분석하기 최적화하기 추론하기 지식생성하기 표현하기 설계하기
	탐색과 추론	문제 해결을 위해 해답에 이르는 다양한 경로를 탐색하거나, 세상의 지식과 정보를 구조화하여 표현하고 이를 이용하여 해를 도출한다.	• 문제 해결과 탐색 • 표현과 추론	
	학습	인공지능에서의 학습은 데이터로부터 분류, 군집, 예측 등에 관한 모델을 자동으로 만드는 것이다.	• 기계학습의 개념과 활용 • 딥러닝의 개념과 활용	
데이터와 기계학습	데이터	데이터는 기계학습 모델 구현에 사용되며, 정형 데이터와 비정형 데이터로 구분된다.	• 데이터의 속성 • 정형 데이터와 비정형 데이터	탐색하기 분석하기 비교하기 핵심요소추출하기 적용하기 목표 설정하기 평가하기
	기계학습 모델	기계학습 모델은 지능적 문제를 정의하고, 문제 해결에 필요한 데이터를 준비하여, 모델의 훈련과 테스트 과정을 통하여 구현된다.	• 분류 모델 • 기계학습 모델 구현	
인공지능의 사회적 영향	인공지능 영향력	인공지능은 개인의 삶과 사회에 긍정적·부정적 영향을 미친다.	• 사회적 문제 해결 • 데이터 편향성	탐색하기 분석하기 예측하기 의사결정하기 실천하기
	인공지능 윤리	인공지능 윤리는 사회의 구성원이 인공지능을 올바르게 활용하기 위해 갖추어야 하는 가치관과 행동 양식이다.	• 윤리적 딜레마 • 사회적 책임과 공정성	

○ 인공지능 기초 과목은 고등학교 일반 선택 과목인 '정보'와 마찬가지로 중학교 정보 과목과 연계성을 가지고 있으며, '인공지능의 이해', '인공지능의 원리와 활용', '데이터와 기계학습', '인공지능의 사회적 영향' 영역으로 구성됨

○ '인공지능의 이해'와 '인공지능의 사회적 영향' 영역에서는 현대와 미래사회 구성원으로서 갖추어야 할 기본 소양을 함양하는 데 중점을 두며, '인공지능의 원리와 활용', '데이터와 기계학습' 영역에서는 인공지능의 기본 개념과 원리, 기술 등을 활용하여 실생활 및 다양한 분야의 문제 해결 능력을 신장하는 데 중점을 두고 있음

□ 고등학교 '정보과학' 과목

[표 16] 2015 개정 정보과 교육과정 내용 체계 (고등학교 '정보과학' 과목)

영역	핵심개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
프로그래밍	연산 수행	변수와 상수, 연산자를 이용하여 연산을 수행한다.	• 변수와 상수 • 연산자	분석하기 설계하기 추상화하기 프로그래밍하기 개발하기
	자료 저장	자료 저장 및 처리에 효율적인 자료형을 선택하거나 정의하여 활용한다.	• 자료형 • 다차원 배열	
	흐름 제어	효율적인 프로그램을 설계하기 위해 프로그램의 실행 흐름을 제어한다.	• 순차, 선택, 반복 구조 • 중첩 제어 구조	
	모듈화	프로그램의 생산성과 최적화를 위해 프로그램 구조를 기능 단위로 분할한다.	• 함수 • 변수의 영역	
자료처리	자료구조	자료와 정보를 효율적으로 처리하고 관리하기 위해 자료 간의 관계를 구조화하고 정의한다.	• 선형 자료구조 • 비선형 자료구조	비교하기 분석하기 표현하기 추상화하기 프로그래밍하기
	정렬과 탐색	정렬과 탐색은 컴퓨터 내부의 자료 처리를 위한 기본적인 방법이다.	• 자료의 정렬 • 자료의 탐색	
알고리즘	문제와 알고리즘	계산의 관점에서 문제를 분류하고, 문제 해결을 위한 알고리즘의 복잡도를 표현함으로써 성능을 비교하고 효율성을 분석한다.	• 문제 • 알고리즘 복잡도	분석하기 분류하기 설계하기 표현하기 추상화하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	탐색기반 알고리즘	컴퓨팅 시스템의 탐색 능력을 기반으로 해를 찾는 알고리즘을 설계하고 탐색 공간을 줄임으로써 효율성을 높인다.	• 전체 탐색 • 탐색 공간의 배제	
	관계기반 알고리즘	주어진 문제와 부분 문제와의 관계를 정의하고 동적 테이블을 구성하는 방법으로 최적해를 구한다.	• 관계 정의 • 동적 계획법	
컴퓨팅 시스템	시뮬레이션	모의실험을 설계하고 구현하기 위해 근사, 난수, 시각화 등의 방법을 이용한다.	• 시뮬레이션 설계 • 시뮬레이션 구현	분석하기 설계하기 시뮬레이션하기 프로그래밍하기 구현하기 협력하기
	피지컬 컴퓨팅	마이크로컨트롤러와 다양한 입 출력 장치로 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구성하고 프로그래밍을 통해 제어한다.	• 피지컬 컴퓨팅 구성 • 피지컬 컴퓨팅 구현	

○ 고등학교 '정보과학'은 과학계열 전문 선택 교과(심화 선택)로서, 중학교에서 이수하는 '정보'와 고등학교 '정보' 및 '인공지능 기초'와 내용 체계의 연계성을 가지고 있음

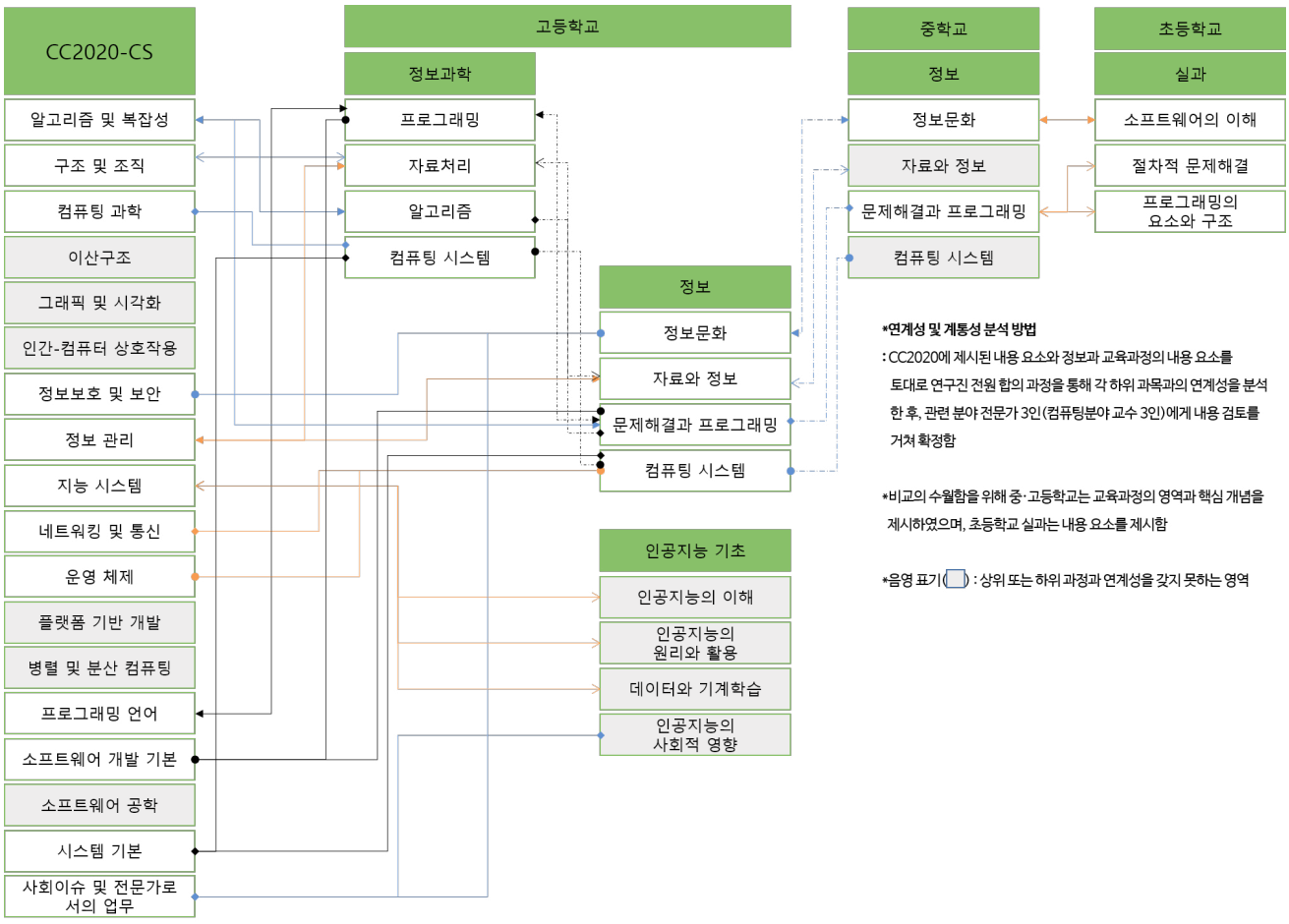
○ 정보과학 과목의 내용은 '프로그래밍', '자료 처리', '알고리즘', '컴퓨팅 시스템' 영역으로 구분되며, 네 영역 모두 컴퓨팅 사고력을 기반으로 실생활 및 다양한 학문 분야의 복잡한 문제를 해결하는 능력에 중점을 두고 있음

Ⅴ. CC2020-CS에 기초한 2015 개정 정보과 교육과정 분석

1. 2015 개정 정보과 교육과정의 내용 요소 분석

□ CC2020-CS에 기초한 정보과 교육과정의 내용 영역 연계성 [19] 분석

[표 16] CC2020-CS과 2015 개정 정보과 교육과정의 내용 영역 연계성 분석표



○ 교육과정의 내용 요소 선정 및 조직을 위해서는 학문적 위계성 관점에서 고등교육과의 연계성을 고려해야하며, 학문의 핵심 지식(지식의 구조)을 바탕으로 한 계통성(계속성, 계열성, 통합성)의 원리를 반영해야함

19) 연계성 : 연계성은 계통성(계속성, 계열성, 통합성)의 또 다른 표현으로 사용되기도 하고, 그보다 더 포괄적인 속성인 연결성(Connection) 관점에서 설명되기도 함. 본 연구에서는 후자인 연결성 관점에서 각 학교급 간의 교과 영역 간 연계성을 살펴봄(김진숙, 2013)

○ [표 16]에서 제시된 내용 영역 간의 연계성은 정보 교과를 구성하는 각 과목 간의 관계를 개략적으로 파악할 수 있는 정보를 제공함으로서 이후, 계통성을 고려한 내용 요소 분석에 실마리를 제시함

○ (CC2020-CS 〈-〉 고등학교) CC2020-C 과 고등학교 과목간의 연계성을 살펴보면 다음과 같음

- 고등학교 '정보과학'은 고등학교 일반 선택인 '정보', '인공지능 기초'를 이수한 학생들이 심화 선택할수 있는 과목으로써 고등교육(대학)의 선수 과목의 역할을 하고 있음

- 하지만, 연계성을 분석결과 CC2020-CS의 18개 영역중 7개 영역과 연계성을 가지며, 관련 내용이 협소하게구성된것을알수있음.특히, '지능시스템', '사회이슈및전문가로서의업무', '정보보안및보호', '운영체제', '네트워킹-통신[20]', '인간-컴퓨터 상호작용' 등과 같이 CS의 주요 내용이 다수 생략되고 프로그래밍 관점에서 구성된 것을 알 수 있음

- 고등학교 '정보' 과목은 CC2020-CS와 10개 영역에서 연계성을 가지는 것으로 나타남. 다만, 정보과학과 같이 '인공지능 기초', '인간-컴퓨터 상호작용' 등의 주요 영역을 다루지 못하는 것을 알 수 있음. 고등학교 '인공지능 기초' 과목은 CC2020-CS의 '지능 시스템'과 '사회 이슈 및 전문가로서의 업무'와 연계되는 것을 볼 수 있음

○ (고등학교 〈-〉 중학교) 고등학교 과목 간, 그리고 고등학교와 중학교 과목과의 연계성을 살펴보면 다음과 같음

- 고등학교 '정보과학'은 '정보' 과목의 3영역과 연계성을 갖고 있으며, '정보문화' 영역과는 연계성을 갖추지 못한 것으로 나타남. 또한, '정보과학'은 '인공지능 기초' 과목과도 어떠한 연계성을 갖추지 못한 것으로 나타남

- 고등학교 '정보'는 중학교 정보와 모든 과목이 연계성을 가지고 있는 것으로 나타남. 반면, '인공지능 기초'는 교육과정 성격에 중학교 '정보'와 연계성을 갖춘다고 명시하고 있으나 내용적인 연계성은 갖추고 있지 않은 것으로 나타남

○ (중학교〈-〉초등학교) 중학교 '정보' 과목의 '자료와정보', '컴퓨팅 시스템' 또한, 초등학교와는 연계성을 갖추지 못한 것으로 나타남

20) 김경훈 외(2015)에 따르면, 2015 개정 정보과 교육과정은 SW교육 내용 중심으로 개편하기 위해 운영체제 및 네트워크 관련 단원을 개념적 수준으로만 다루도록 조정하였음

□ CC2020-CS에 기초한 정보과 교육과정의 계통적 분석

[표 17] CC2020-CS에 기초한 2015 개정 정보과 교육과정의 계통적 분석표

CC2020-CS	초등학교	중학교	고등학교		
	실과	정보	정보	인공지능 기초	정보과학
알고리즘 및 복잡성	• 절차적 문제해결	• 문제 이해 • 핵심요소 추출 • 알고리즘 이해 • 알고리즘 표현	• 문제 분석 • 문제 분해와 모델링 • 알고리즘 설계 • 알고리즘 분석		• 문제 • 알고리즘 복잡도 • 전체 탐색 • 탐색 공간의 배제 • 관계 정의 • 동적 계획법
구조 및 조직					
컴퓨팅 과학					• 시뮬레이션 설계 • 시뮬레이션 구현
이산구조					
그래픽 및 시각화					
인간-컴퓨터 상호작용					
정보 보호 및 보안		• 개인정보와 저작권 보호	• 정보보호와 보안		
정보 관리		• 자료의 유형과 디지털 표현 • 자료의 수집 • 정보의 구조화	• 효율적인 디지표현 • 자료의 분석 • 정보의 관리		• 선형 자료구조 • 비선형 자료구조 • 자료의 정렬 • 자료의 탐색
지능 시스템				• 지능 에이전트의 개념과 역할 • 센서와 인식, 컴퓨터 비전 • 음성 인식과 언어 이해 • 문제 해결과 탐색 • 표현과 추론 • 기계학습의 개념과 활용 • 딥러닝의 개념과 활용 • 데이터의 속성 • 정형 데이터와 비정형 데이터 • 분류 모델, 기계학습 모델 구현	
네트워킹 및 통신		• 센서 기반 프로그램 구현	• 네트워크 환경 설정		
운영 체제			• 운영체제 역할		
플랫폼 기반 개발					
병렬 및 분산 컴퓨팅					
프로그래밍 언어					
소프트웨어 개발 기본	• 프로그래밍 요소와 구조	• 입력과 출력 • 변수와 연산 • 제어 구조 • 프로그래밍 응용	• 프로그램 개발 환경 • 변수와 자료형, 연산자 • 표준입출력과 파일입출력 • 중첩 제어 구조 • 배열, 함수 • 프로그래밍 응용		• 변수와 상수 • 연산자, 자료형 • 다차원 배열 • 순차, 선택, 반복 구조 • 중첩 제어 구조 • 함수, 변수의 영역
소프트웨어 공학					
시스템 기본		• 컴퓨팅 기기의 구성과 동작 원리	• 피지컬 컴퓨팅 구현		• 피지컬 컴퓨팅 구성 • 피지컬 컴퓨팅 구현
사회 이슈 및 전문가로서의 업무	• 소프트웨어의 이해	• 정보사회의 특성과 진로 • 사이버 윤리	• 정보과학과 진로 • 저작권 활용 • 사이버 윤리	• 인공지능 기술의 발전과 사회 변화 • 사회적 문제해결 • 데이터 편향성 • 윤리적 딜레마 • 사회적 책임과 공정성	

통합성

계열성, 계속성

* 분석 방법 : 김갑수 외(2020), 김자미 외(2019), 장원영(2020)의 연구를 참고해 초안 개발 후, [표 16]과 동일 방식으로 수행함.
단, 연계성 분석의 경우 내용 간의 상호참조 관계를 고려해 N:N으로 표기하였으나, 계통성 분석은 분석의 수월함을 위해 각 내용 요소별 1:1 매칭함

○ [표 17]는 정보과 교육과정의 계통적 분석을 위해 내용 요소 단위의 매칭 분석을 실시한 결과이며, [표 16]의 '내용요소 연계성' 보다 내용 간의 수평적(통합성), 수직적 차원(계속성, 계열성)의 관계를 파악하기에 유용한 정보를 제공함

○ (통합성 관점) 통합성은 교육과정 조직의 수평적 측면으로 교육내용의 구성 요소들이 서로 밀접한 관련성을 가지게 구성하여 상호 강화할 수 있도록 해야 한다는 것을 의미함

- 초·중등학교 각 과목 모두 '컴퓨터과학'이라는 학문적 테두리 안에 적절한 내용 요소를 제시하고 있는 것을 확인할 수 있음

- 그럼에도 불구하고, 정보과 교육과정의 심화 과목인 '정보과학'에서 조차 다루지 않는 컴퓨터과학의 영역이 상당 부분 있음을 확인할 수 있음

○ (계속성과 계열성 관점) 계속성은 교육내용의 여러 요소가 끊기거나 단절되지 않고 반복되어 누적적으로 효과를 거두어야 한다는 것이고, 계열성은 교육내용을 반복하면서도 이전의 내용보다 깊이와 넓이가 더 심화·확대되어야 한다는 것을 의미함

- 계속성과 계열성 관점을 살펴보면, '인공지능 기초' 과목을 제외할 경우 초등학교-중-고등학교 간의 계열성을 가지고 있는 영역은 '알고리즘 및 복잡성', '소프트웨어 개발 기본' 두 영역임을 확인할 수있음

- 중학교와 고등학교 '정보'에서는 다루어지나 고등학교 심화 선택인 '정보과학'에서 다루어지지 않는 영역으로는 '네트워킹 및 통신', '정보보안 및 보호', '사회 이슈 및 전문가로서의 업무'로 나타남

- 고등학교 '정보'에서만 다루는 영역으로 '운영체제'가 있으며, '인공지능 기초'는 CC2020-CS의 '지능시스템'과 '사회 이슈 및 전문가로서의 업무'와만 계열성을 가지고 있는 것을 알 수 있음

- 그 외, 초등학교의 경우 3가지 내용 요소는 중학교와 계열성을 갖추고 있으나, '시스템 기본', '정보보호 및 보안', '정보 관리', '지능시스템', '네트워킹 및 통신' 등과 같이 초등학교가 아닌 중학교에서부터 시작하는 내용이 상당 부분임을 확인할 수 있음

2. CC2020-CS에 제시된 Skill(기능)과 정보과 기능 용어 비교 분석

[표 18] CC2020-CS와 정보과 교육과정 기능 용어 비교

CC2020-CS			정보과 교육과정 * 중등 '정보', '정보과학', '인공지능 기초' 종합
영역별 기능 용어(빈도)		용어 (빈도)	용어 (빈도)
이산구조	해석한다, 사용한다, 제시한다, 해결한다, 결정한다	제시한다(14), 작성한다(9) 설명한다(6), 평가한다(5) 개발한다(5), 설계한다(4) 실시한다(3), 구현한다(3) 시연한다(3), 결정한다(2) 디버깅한다(2), 활용한다(2) 해석한다(1), 사용한다(1) 해결한다(1), 분석한다(1) 선택한다(1), 리팩토링한다(1) 보여준다(1), 알려준다(1) 연관시킨다(1), 최적화한다(1) 실행한다(1), 보고한다(1) 보장한다(1), 번역한다(1) 진행한다(1), 채택한다(1) 조치한다(1), 측정한다(1) 시뮬레이션한다(1), 확인한다(1)	분석하기(14), 프로그래밍하기(8), 설계하기(7), 협력하기(7) 탐색하기(6), 비교하기(6) 표현하기(6), 구현하기(6) 핵심요소추출하기(3) 실천하기(3), 관리하기(3) 추상화하기(3), 평가하기(2), 계획하기(2), 수집하기(2), 최적화하기(1), 추론하기(1), 지식생성하기(1) 적용하기(1), 목표설정하기(1), 예측하기(1), 의사결정하기(1) 선택하기(1), 분해하기(1) 활용하기(1), 개발하기(1) 분류하기(1), 시뮬레이션하기(1)
소프트웨어 개발 기본	실시한다(3), 분석한다, 선택한다, 디버깅한다, 리팩토링(refactoring)한다		
알고리즘 및 복잡성	설명한다, 보여준다, 제시한다, 활용한다, 구현한다, 설계한다.		
구조 및 조직	평가한다, 작성한다(2), 제시한다		
운영 체제	제시한다, 설명한다, 알려준다, 연관시킨다		
네트워킹 및 통신	개발한다, 구현한다, 제시한다		
프로그래밍 언어	제시한다(4), 작성한다(3), 시연한다, 디버깅한다		
인간-컴퓨터 상호작용	최적화한다, 평가한다, 개발한다, 실행한다, 보고한다		
그래픽 및 시각화	개발한다		
지능 시스템	제시한다, 구현한다, 보장한다, 번역한다, 진행한다		
정보 관리	설명한다, 시연한다, 제시한다		
사회 이슈 및 전문가로서의 업무	제시한다(2), 개발한다, 작성한다, 채택한다, 조치한다		
소프트웨어 공학	평가한다, 설명한다		
컴퓨팅 과학	활용한다		
정보 보안 및 보호	작성한다, 시연한다		
병렬 및 분산 컴퓨팅	설계한다, 작성한다(2) 결정한다, 측정한다		
플랫폼 기반 개발	설계한다(2), 시뮬레이션한다, 제시한다, 설명한다		
시스템 기초	평가한다(2), 개발한다, 설명한다, 확인한다		

○ 기능(Skill)은 해당 과정에서 이루어지는 활동 또는 목적을 확인할 수 있는 주요 역할을 함. CC2020-CS는 '제시한다', '작성한다', '설명한다'와 같은 용어의 빈도가 높으며, 정보과 교육과정은 '분석하기', '프로그래밍하기', '설계하기'가 높은 것을 볼 수 있음

○ 이를 통해, CC2020-CS는 프로그래밍 자체가 목적이 되기보다는 도구적으로 활용되며, 보고서를 작성하거나, 자신의 작품을 설명하거나 등의 종합적 활동이 제시됨을 알 수 있음. 반면, 정보과 교육과정은 문제 분석과 프로그래밍 자체에 집중되어있는 경향성이 있음을 확인할 수 있음

Ⅵ. 제언 및 결론

□ 미래 초·중등학교 SW·AI 교육을 위한 제언

○ 제언1 : 초등학교 '정보' 과목 신설 필요

- 본 보고서를 통해 초등학교 SW교육 관련 내용을 살펴보면, 실과 교과 내 일부만 내용을 편제하며, 매우 협소한 주제를 다루고 있는 것을 확인할 수 있음

- 이에, 향후 중학교와의 계속성 및 계열성 등을 고려했을 때 중학교에서 다루는 핵심적인 내용을 토대로 초등학교 수준에 맞게 재구성할 필요가 있음

- 이를 통해, 초등학교에서부터 고등학교에 이르기까지의 학문적 계통성 확보하고, 초등학교 교원양성대학에 컴퓨터교육과가 있음에도 불구하고 초등학교 현장에 관련 교과가 없는 미스매치 문제 또한 해소할 수 있을 것으로 기대함

○ 제언2 : 초·중등학교 '정보' 과목 내 인공지능 내용 요소 편제 필요

- 초·중등학생 대상 인공지능 관련 역량 함양은 최근 매우 중요한 과제로 떠오르고 있음

- 인공지능은 CC2020-CS에서 확인할 수 있는 것과 같이 컴퓨터과학 내 한 영역(지능시스템)으로 볼 수 있음. 우리나라도 인공지능 관련 기초적인 내용은 초·중등학교 정보과 교육과정 내에서 다룰 수 있도록 하고, 심화적인 내용은 별도의 선택교과를 통해 배울 수 있도록 구성하는 방안을 고민할 필요가 있음

- 특히 중학교 '정보'는 고등학교의 '정보', 또는 '인공지능 기초' 과목의 선수 과목 역할을 하기에 고등학교의 과목과 계속성, 계열성을 고려해 인공지능 관련 내용을 편제해 재구성할 필요가 있음

○ 제언3 : 고등학교에서의 다양한 선택 과목 개설 필요

- 컴퓨터과학이라는 학문을 구성하고 있는 하위 영역의 방대함을 고려했을 때, 중·고등학교에서 '정보' 과목을 통해 컴퓨터과학의 기초적인 내용을 배운 뒤, 컴퓨터과학 하위 영역별 세부 내용을 심화해 배울 수 있도록 다양한 선택 과목을 개설하는 것 또한 학생들의 흥미와 진로·진학을 고려한 교과 운영 방안으로 고려될 수 있음

- 이는 최근(2020.9월) 고시된 '인공지능 기초'와 같이 인공지능을 집중적으로 배울 수 있는 과목으로 개설하거나, 아니면 CC2020-CS에 제시된 컴퓨터과학의 몇 개 영역을 묶어 모듈형으로 배울 수 있는 형태와 같이 다양한 방안을 고안할 수 있음

○ 제언4 : 고등교육과의 연계성을 고려한 '정보과학' 내용 및 역할 재설정 필요

- 본 연구의 분석 결과 고등학교 '정보과학' 과목은 고등교육과의 연계성 측면에서 매우 약한 연결고리를 가지고 있는 것으로 나타남

- '정보과학' 과목이 고등학교 일반 선택 과목인 '정보'와 대학교 '컴퓨터과학' 전공과의 중간 매개 역할을 하고 있음을 고려했을 때 내용 요소와 역량, 역할의 재설정이 필요함

- 특히, 현재 '정보과학'은 정보문화와 관련된 역량(정보문화소양)과 내용 요소가 생략되어 있어 향후 '정보과 교육과정'과의 계통성을 고려할 때 이를 다시 설정하는 방안을 검토할 필요가 있음

○ 제언5 : 고등학교 '정보' 과목 표시 교과(군) 수정·변경 필요

- 고등학교 '정보'와 '인공지능 기초'의 경우, 기술·가정 교과(군) 내, 일반선택 과목으로 표시되어 있어 혼란을 가져옴. 이에, 중학교와 같이 '정보' 교과(군)으로 편제할 필요가 있음

- 또한,「초·중등학교 교육과정」(교육부고시 제2015-74호)이 2015년 9월 전부 개정되면서 중학교에 '정보' 교과가 별도로 명시되었으나,「초· 중등교육법 시행령」제43조(교과) 제1항*은 아직 이를 반영하지 못해 수정이 시급함

  * ①법 제23조제3항에 따른 학교의 교과는 다음 각 호와 같다. 중학교 및 고등공민학교 : 국어, 도덕, 사회, 수학, 과학, 기술·가정, 체육, 음악, 미술 및 외국어와 교육부장관이 필요하다고 인정하는 교과(초·중등교육 시행령, 43조, 1항 중 일부)

○ 제언6 : 체계적인 내용 설계를 위한 충분한 수업 시수 확보 필요

- 본 연구에서 실시한 연계성 분석과 계통성 분석을 통해 살펴보면, 중·고등학교 정보과 교육과정은 컴퓨터과학의 영역 중 일부만 다루고 있어 모태 학문 분야를 매우 협소하게 해석해 구성한 것을 알 수 있음. 이러한 원인 중 하나로 한정된 수업 시간을 들 수 있음(초등학교 17시간, 중학교 34 시간 이상)

- 매우 적은 수업 내 관련 교육을 수행해야하는 한계점을 극복하기 위해서는 차기 교육과정 개선과정에서 충분한 수업 시간이 확보되어야 함을 시사함

- 특히, 인공지능(지능시스템)과 관련된 내용이 새롭게 추가되어야 하고, 교과에서 다루지 못한 주요 영역(ex, 인간-컴퓨터 상호작용(HCI), 운영체제 등)을 보완하기 위해서는 보다 많은 수업 시간이 확대되어야 함

○ 제언7 : '목적'이 아닌 '사고를 위한 도구'로서의 프로그래밍 활동 필요

- 본 연구를 통해 우리나라 정보과 교육과정은 알고리즘 설계와 프로그래밍에 상당 부분 초점이 맞춰져 있는 것을 확인할 수 있음. 프로그래밍은 SW교육의 핵심적인 부분이긴 하나, 그 자체가 목적이 아니라 문제해결을 위한 하나의 도구이자 학습자의 사고를 돕기 위한 도구(Objects to think with)라 할 수있음

- 이에, 향후 CC2020-CS 등 다양한 기능 요소를 참고해 프로그래밍 자체를 목적으로 서술하기 보다는 다양한 사고력 활동이 목적이 될 수 있도록 구성할 필요가 있음 [21)]

21) Seymnour Papert (1980). Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas, Basic Book

□ 결론

- 본 연구는 최근 발표된 CC2020 주요 내용 및 역량 모델을 살펴보고, CC2020과 함께 제시된 컴퓨터과학(CC2020-CS)의 내용 요소를 토대로 2015 개정 정보과 교육과정 개정을 분석해 시사점을 도출하였음

- 분석 결과, 정보과 교육과정은 컴퓨터과학이라는 모태 학문과의 계통성 측면에서 교육과정의 내용 요소뿐만 아니라, 각 과목 간의 역할에 대한 재검토가 필요함을 확인하였음

- 그리고 모태학문의 핵심 지식을 반영한 교육과정 개정 및 운영의 정상화를 위해서는 충분한 수업 시수 확보와 초등학교와 고등학교의 정보 교과(목) 표시 수정 및 독립화 방안 등이 전제되어야 함을 제안하였음

- 미래시대를 살아갈 우리 아이들에게 필요한 역량을 함양시키기 위해서는 더욱 체계적이고 미래 지향적인 교과 구성과 교육과정 개발이 요구됨

- 이에, 향후, 본 연구를 포함한 보다 다양한 교육과정 관련 기초 연구를 토대로 차기 교육과정 개발이 체계적으로 이루어지길 기대함

“컴퓨터 리터러시의 목표는 컴퓨터를 잘 이해하는 것이 아니라,
우리 자신을 포함한 모든 것을 잘 이해하기 위한 것이다.”

- Seymour Papert -

[붙임1] : 세계의 Computing 교육

□ (중국) 컴퓨팅 분야에 대한 분류가 체계적으로 되어 있으며 최신 분야에 관한 관심이 높음

- 컴퓨팅 분야에 대한 범주화 및 체계화가 잘 되어 있으며 인공지능 분야가 최근 새롭게 추가됨
- 컴퓨터과학 및 기술, 소프트웨어 엔지니어링, 네트워크 엔지니어링, 정보 보안, 사물 인터넷 엔지니어링 및 디지털 미디어 기술, 인공지능 등을 컴퓨팅 분야로 분류하고 있음개발이 체계적으로 이루어지길 기대함

□ (유럽) 초중등 컴퓨팅 교육을 위해 연합체를 구성하여 리터러시 함양을 위한 교육에 힘씀

- Information for All이라는 연합체를 구성[22] 하여 초중등 교육 수준에서 정보학 교육의 발전을 위해 노력함
- 정보학(Informatics)에 대한 기초 이론을 모든 학생에게 가르치고 다른 학문과 정보학이 융합할 수 있도록 두 가지 전략을 사용함

□ (인도) 컴퓨팅을 포함한 기술교육에 대한 커리큘럼의 표준을 제공하고 실행 여부를 확인하는 체계를 잘 갖추고 있음

- 인도의 UGC(University Grants Commission)에서 대학 커리큘럼 및 학위 이름을 결정함
- NAAC[23] 와 NBA[24] (주석)에서 컴퓨팅을 포함한 기술 교육에 대한 국제 표준 준수를 장려하고 있으며 기술 흐름에 대한 규제를 통해 커리큘럼의 품질을 관리함

□ (일본) 컴퓨팅 중점 전공과 타 전공 연계 과정으로 학위가 구분됨

- 컴퓨팅 교육은 컴퓨팅을 중점적으로 하는 학위과정과 비즈니스, 정보학 등과 연계되는 학위과정으로 나뉨
- 대학 재량에 따라 1학년부터 컴퓨팅 교육을 중점으로 하는 경우와 2학년 이후 하는 경우가 있음

22) ACM Europe, Informatics Europe 및 CEPIS (Council of European Professional Informatics Societies)가 참여
23) National Assessment and Accreditation Council
24) National Board of Accreditation

□ **(중동) 초중등부터 컴퓨팅 교육의 중요성을 강조하며 대학 과정은 ACM/IEEE의 커리큘럼을 준용함**

○ 중동 국가들은 컴퓨팅 교육의 중요성을 강조하며 초중등 교육에서 필수 과목으로 만들기 위해 노력함

○ 대학은 ACM/IEEE 커리큘럼을 일반적으로 따르고 있음

○ 사우디아라비아 주요 대학들은 컴퓨팅 교육을 위해 컴퓨터과학, 컴퓨터공학, 정보시스템, 소프트웨어공학 및 정보기술 등의 학위 과정을 운영하고 있음

□ **(북미) 대부분 2년제 과정을 통해 컴퓨팅 교육을 받고 있으며 4년제 학위 과정 연계가 자유로운 편임**

○ 북미 대학의 경우 2년제와 4년제 학위 과정에서 컴퓨팅 교육을 제공하며 2년제에서 4년제 과정으로 전환이 비교적 자유로움

□ **(남미) 4년제 학위 과정이 대부분이며 2학년 이후 컴퓨팅 관련 과목을 이수함**

○ 남미의 경우 컴퓨팅 교육 과정은 4년제가 대부분이면 1학년은 교양과목을 위주로 이후 3년 동안은 컴퓨팅 관련 과목을 집중적으로 이수함

○ 칠레, 페루, 콜롬비아 등은 IBM의 영향을 받아 시스템 엔지니어링 분야에 관한 관심이 높은 편임

□ **(아프리카) 과학의 한 분야로 컴퓨팅 교육을 보고 있으며 전담 학과는 찾기 힘듦**

○ 컴퓨팅 교육과 함께 이수한 과목에 따라 학위가 달라짐

* 수학, 통계, 과학과 함께 컴퓨팅 과목을 이수하면 과학학사(Bachelor of Science)를, 경영·경제를 포함하는 경우 상거래학사(Bachelor of Commerce) 학위를 수여함

○ 서로 다른 학위 과정에 대한 컴퓨팅 교육의 매핑 작업을 시작하려는 움직임 있음

□ (오스트랄라시아 [25]) 컴퓨팅 관련 북미 및 유럽의 학위 제도와 유사함

- ○ 컴퓨팅 관련 학사명으로 컴퓨터과학, 정보과학, 소프트웨어공학 등이 일반적임
- ○ 학생들은 컴퓨팅 학위 과정을 먼저 선택하고 대학 공부를 시작함

25) 오세아니아의 지역으로 미크로네시아와 멜라네시아의 남쪽, 폴리네시아의 서쪽, 인도네시아의 남동쪽에 있는 지역을 가리키며, 호주, 뉴질랜드, 노퍽섬 등이 속해 있음

[붙임 2] CS2020의 컴퓨터과학(CS2020-CS) 기초 역량 [26]

□ 알고리즘 및 복잡성(Algorithms and Complexity)

A. 동료 그룹에게 특정 알고리즘의 다른 동작을 유발할 수 있는 조건 또는 가정의 데이터 특징을 제시하고 분석을 통해 런타임 측정에 대한 가설을 검증하는 실증적 연구를 설명한다.

B. 알고리즘의 시간 및 공간 복잡성을 간단하게 설명하고 정식으로 빅오 표기법(Big-O Notation)을 활용해 시간 및 공간 복잡성에 대한 점근적 상한과 기대되는 사례 한계를 각각 보여준다.

C. 재귀 관계(recurrence relations)를 사용하여 기본 재귀 관계에 의해 정의된 알고리즘의 시간 복잡성을 결정하고 그 결과를 연구자 그룹에게 제시한다.

D. 산업 문제에 대한 적절한 알고리즘 접근법을 결정하고 문제 해결을 위해 무차별적 방식(Brute Force) 사이의 상충 관계를 고려하는 적절한 기술(그리디(greedy) 방법, 분할 정복식 divide-and-conquer)알고리즘, 재귀적 백트래킹, 동적 프로그램 또는 휴리스틱 접근법)을 활용한다.

E. 산업 문제를 해결하고 특정 컨텍스트에 대한 평가 알고리즘을 선택하기 위해 기본 수치 알고리즘 방법(검색 알고리즘, 공통 2차 O(N log N) 정렬 알고리즘, 기본 그래프 알고리즘, 문자열 매칭 알고리즘 등)을 구현한다.

F. 지정된 언어를 받아들이고 언어를 나타내는 정규식을 생성하는 현지 엔지니어링 회사를 위해 결정성 유한 상태 기계(finite state machine)를 설계한다.

□ 구조 및 조직(Architecture and Organization)

A. 캡처, 합성, 시뮬레이션용 캐드(CAD) 툴을 활용해 지역 엔지니어링 회사를 위해 단순한 컴퓨터 설계에서 간단한 구성 요소를 평가한다.

B. 논리 회로 수준에서 구현된 간단한 프로세서의 타이밍 다이어그램 동작을 평가하고 결과를 보여주는 보고서를 작성한다.

C. 문자열 처리와 조작 및 숫자 데이터를 16진수 형식으로 변환하기 위해 어셈블리/기계 수준에서 간단한 프로그램을 작성한다.

26) CS2020의 컴퓨터 과학 기초 역량(Computer Science Draft Competencies에 대한 내용(106-109)

D. 기계 언어 및 어셈블리 언어 모두에서 기본적으로 높은 수준의 구조를 구현하고 그 결과를 동료 그룹에게 제시한다.

E. 다양한 캐시 및 메모리 구성에서 평균 메모리 액세스 시간을 계산하고 짧은 결과 보고서를 작성한다.

□ 계산 과학(Computational Science)

A. 실제 상황에 대한 간단하고 형식적인 수학 모델을 만들고 현지 테크 업체의 시뮬레이션에 해당 모델을 활용한다.

□ 이산 구조(Discrete Structures)

A. 적절한 세트, 기능 또는 관계 모델의 몇 가지 실용적인 예시를 동료 그룹에 제시하고 관련 동작 및 용어를 맥락적으로 해석한다.

B. 정형 기법(공식의 유효성 계산, 기호 논리에 대한 정규형 계산 등)을 적용해서 실제 산업 애플리케이션 프로그램을 모델링하기 위해 기호 명제 논리 및 술어(predicate) 논리를 사용한다.

C. 추론 규칙을 적용해서 증명을 구성하고 전문가 그룹에게 전략적 문제를 해결하는 적절한 증명 또는 논리적 추론을 제시한다.

D. 실제 애플리케이션을 적절한 계수 형식에 매핑하고 기본 계수 이론(계수 인수(counting arguments), 비둘기집 원리, 모듈식 연산, 계산 순열, 집합 조합 등)을 적용해 산업 문제를 해결한다.

E. 산업 문제를 분석해서 기본 점화식을 결정하고 다양한 기본 점화식을 활용해 전문가에게 솔루션을 제시한다.

F. 적절한 도식화 전략(트리, 그래프 및 트리를 위한 순회 방법, 그래프 스패닝 트리 등)을 사용해서 실제 문제를 모델링하고 두 그래프 접근법이 동형인지 결정한다.

G. 종속 또는 독립 사건의 다양한 확률과 확률 변수의 기대값을 계산해서 문제를 해결하고 주어진 확률 분포에 대한 분산을 계산하는 방법을 동료 그룹에게 제시한다.

□ 그래픽 및 시각화(Graphics and Visualization)

A. 표준 API를 사용해서 현지 단체에서 활용할 수 있는 시각 및 오디오 기술을 통합하는 사용자 인터페이스를 설계하고 개발한다.

□ 인간-컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction)

A. 대화형 애플리케이션을 설계하고 관련 도구 및 기술(모드, 탐색, 시각 디자인)을 활용해 사용자 중심의 설계 주기를 적용해서 기업 환경에서 유용성과 사용자 경험을 최적화한다.

B. 사용 컨텍스트, 이해 관계자의 요구사항, 첨단 반응 상호작용 시간, 보편적 액세스를 고려한 설계 양식, 포용성, 보조 기술, 문화 민감성 설계를 고려하는 사용자 인터페이스를 분석하고 평가한다.

C. 관련 어휘, 도구, 기술을 통해 사용성과 사용자 경험을 최적화하는 사용자 중심 설계 주기를 적용하면서 현지 자선 단체를 위해 대화형 애플리케이션을 설계하고 개발한다.

D. 보편적 액세스와 문화적으로 민감한 설계를 반영하면서 사용 컨텍스트를 고려한 사용자 인터페이스를 평가하고 분석하기 위해 간단한 사용성 테스트를 제작해서 실행한다.

E. 도움말 및 문서와 함께 기업용 그래픽 사용자 인터페이스를 지원하는 간단한 애플리케이션을 제작하고 정량적 평가를 수행한 뒤 결과를 보고한다.

□ 정보 보호 및 보안(Information Assurance and Security)

A. 일반적인 입력 유효성 검사 오류를 분류한 후 사이버 보안 업체를 위해 올바른 입력 유효성 검사 코드를 작성한다.

B. 보안 전문가 그룹에게 경쟁 조건이 발생하지 않도록 방지하는 방법과 예외를 처리하는 방법을 보여준다.

□ 정보 관리(Information Management)

A. 정보를 데이터 및 지식과 대조하고 전문가 그룹에게 중앙집중식 데이터 제어의 장단점을 설명한다.

B. 동료 그룹에게 데이터베이스에서 정보를 추출하는 선언적 쿼리 언어를 시연한다.

C. 다양한 유형의 데이터를 위한 적절한 데이터 모델(내부 구조 포함)을 대조하고 모델링 개념과 관계형 데이터 모델의 표기법을 이용해 전문가 그룹에게 애플리케이션을 제시한다.

□ 지능 시스템(Intelligent Systems)

A. 지능형 시스템이 해결해야 하는 주어진 과제의 특성을 결정하고 그 결과를 프로젝트 팀에게 제시한다.

B. 자연어(영어 등)로 지정된 산업 문제를 제약 만족 문제(constraint satisfaction problem)로 공식화하고 적절한 기술(연대기적 역추적 알고리즘 또는 확률적 로컬 검색 등)을 활용해 구현한다.

C. 정보적 알고리즘의 시공간 복잡성을 특성화하거나 또는 비정보적 검색 알고리즘에 필요한 휴리스틱 평가 함수를 설계해서 산업 문제를 위한 적절한 비정보적 검색 알고리즘 또는 정보적 검색 알고리즘을 구현하고 각각 최적의 솔루션을 보장한다.

D. 기업의 질의응답 시스템에서 자동으로 답변할 수 있도록 자연어(예, 영어)를 논리 언어로 변환시킨다.

E. 근거가 주어진 가설의 확률을 결정하기 위해 베이즈(Bayes) 정리를 사용해 실제 산업 문제에서 확률적 추론을 진행한다.

□ 네트워킹 및 통신(Networking and Communication)

A. 기업 고객을 위해 간단한 클라이언트-서버 소켓 기반 애플리케이션을 설계하고 개발한다.

B. 네트워크 성능에 영향을 미치는 요소를 고려하여 산업 네트워크에 필요한 간단하고 안정적인 프로토콜을 설계하고 구현한다.

C. 고정 할당 기술, 동적 할당 기술 및 혼잡(congestion)에 대한 현재 접근법을 대조하고 그 결과를 회사 임원에게 제시한다.

□ 운영 체제(Operating Systems)

A. 컴퓨팅 이론 및 수학 지식을 적용해 문제를 해결하고 전문가 또는 비전문가 청중을 위해 솔루션의 결과와 방법을 포괄적으로 제시한다.

B. 능력과 제약을 고려하여 대상 시스템의 시스템적 한계 안에서 소프트웨어 솔루션을 구현하고 전문가와 비전문 청중을 위해 그 과정을 문서화하고 설명한다.

C. 확률과 기댓값에 대한 지식을 활용해 무작위 이벤트에서 시스템의 동작을 예측하고 사용자에게 잠재적 동작을 알려준다.

D. 위험, 위협, 취약성, 공격 벡터에 대한 이해와 함께 기밀성, 가용성, 무결성 관련 지식을 사용해 한 시스템의 보안을 평가하고 해당 시스템의 구성요소에 미치는 사회적, 윤리적 영향을 연관시킨다.

□ 플랫폼 기반 개발(Platform-based Development)

A. 다양한 온라인 커뮤니티를 지원하는 웹 프레임워크 및 프리젠테이션 기술을 활용해 클라이언트용 반응형 웹 애플리케이션을 설계한다.

B. 하나 이상의 장치에서 사용 가능하고 효율성이 좋고 안전한 업체용 모바일 앱을 설계한다.

C. 업체용 산업 플랫폼을 시뮬레이션한다.

D. 플랫폼 별 API를 통해 프로그래밍 작업을 설계하고 구현한 뒤 그 결과를 동료 그룹에게 제시한다.

E. 모바일 산업 시스템에 대한 분석을 제시하고 정확한 보안 취약성을 설명한다.

□ 병렬 및 분산 컴퓨팅(Parallel and Distributed Computing)

A. 작업 기반 분해 또는 데이터 병렬 분해를 적용해 컴퓨터 회사를 위한 가변형 병렬 알고리즘을 설계한다.

B. 액터(actor) 및/또는 반응형 프로세스, 교착상태(deadlock), 적절하게 동기화된 큐(queue)를 고려해서 모든 동시 작업이 종료할 때 정상적으로 종료하는 클라이언트 프로그램을 작성한다.

C. 동시 프로그래밍 오류(두 동작이 모두 변수를 증가시킬 때 업데이트 누락 등)를 나타내는 업체용 테스트 프로그램을 작성한다.

D. 병렬로 이루어질 수 있는 독립적인 작업을 식별하고 병렬 실행 도표와 관련하여 중요 경로를 결정하여 프로그램의 작업 및 범위에 대한 계산 결과 제시한다.

E. 실제 산업 문제에 대한 작업을 통해 클라이언트용 병렬 분할 정복 알고리즘 (divide-and-conquer) 및/또는 그래프 알고리즘을 구현하고 그 성능을 경험적으로 측정한다.

□ 프로그래밍 언어(Programming Languages)

A. 객체 지향 캡슐화 메커니즘(클래스 계층 구조, 인터페이스, private 멤버 등)을 고려하여 클래스의 설계와 구현을 제시한다.

B. 다른 두 개 언어를 위해 변경 가능 상태 할당(또는 참조 동등성(reference equality) 고려)을 피하는 동적 디스패치(dispatch)를 활용해 프로그램의 제어 흐름을 고려하는 기본 알고리즘 구현에 대한 간략한 보고서를 작성한다.

C. 함수 캡슐화 매커니즘은 물론 프로그램에서 변수와 정적 범위를 고려하여 다른 함수를 취하고 반환하는 유용한 함수의 구현을 제시한다.

D. 집계에서 반복자와 기타 동작을 활용해서(두 개 프로그래밍 언어에서 인수로 함수를 취하는 동작 포함) 전문가 그룹에게 각 언어에 대해 가장 자연스러운 관용구(idiom)를 제시한다.

E. 절차적/기능적 접근법(각 데이터 변형에 대해 사례를 제공하는 함수 본문으로 각 동작에 대한 함수 정의) 및 객체 지향 접근법(각 동작에 대해 메서드를 제공하는 클래스 정의로 각 데이터 변형에 대한 클래스 정의)을 대조하고 동료 그룹에게 제시한다.

F. GUI 같은 반응형 시스템에서 사용할 웹 개발자용 이벤트 핸들러를 작성한다.

G. 프로그램 작성을 위한 컬렉션을 포함해 제네릭(generic) 타입 또는 컴파운드(compound) 타입을 사용하는 프로그램 조각(함수, 클래스, 메서드 등)을 시연한다.

H. 클라이언트가 인터프리터, 표현식 옵티마이저(optimizer), 문서 생성기의 통합을 설명하는 코드의 표현을 처리하는 프로그램을 작성한다.

I. 타입 오류 메시지, 메모리 누수, 댕글링 포인터(dangling pointer)를 사용하여 프로그램을 디버깅한다.

□ 소프트웨어 개발 기본(Software Development Fundamentals)

A. 반복적 재귀 함수와 분할 정복 기법(divide-and-conquer technique)을 설명하는 적절한 알고리즘을 만들고 프로그래밍 언어를 사용해 간단한 산업 문제를 해결하는 알고리즘을 구현하고 테스트와 디버깅을 실시한다.

B. 데이터 구성요소와 다양한 추상 데이터 유형의 동작을 식별하고 구성요소와 동작 간의 느슨한 결합을 통해 일관된 추상 데이터 유형을 구현하는 클라이언트용 프로그램을 분석한다.

C. 기본적인 컴퓨팅, 간단한 파일 I/O, 표준 조건부 구조 및 반복 구조, 함수 정의, 매개변수 전달을 포함해 기본 프로그래밍 구조를 사용하는 산업 프로그램을 설계해서 구현하고 테스트와 디버깅을 실시한다.

D. 동적 데이터 구조 및 정적 데이터 구조를 구현하는 비용과 장점을 제시하고 주어진 엔지니어링 문제를 모델링하는 적절한 데이터 구조를 선택한다.

E. 소프트웨어 가독성(readability)과 유지보수성(maintainability)을 지원하는 소프트웨어 엔지니어링 업체의 일관된 문서화와 프로그램 스타일 표준을 적용하고 제공된 체크리스트를 활용해 프로그램 구성요소에 대한 개인과 소규모 팀의 코드 검토를 실시한다.

F. 선택한 프로그래밍 언어에서 사용할 수 있는 표준 라이브러리를 활용해 일반적인 코딩 오류를 보여주고 프로그램을 구축한 뒤 디버깅한다.

G. 절차적 추상화를 적용하는 기회를 식별해 산업 프로그램을 리팩토링한다.

□ 소프트웨어 공학(Software Engineering)

A. 기능적 요구사항과 비기능적 요구사항을 구분하여 현지 프로젝트에 필요한 요구사항 세트를 검토하고 해당 세트가 좋은 요구사항의 특징을 어느 정도 나타내는지 평가한다.

B. UML 같은 모델링 기법을 사용해 간단한 소프트웨어 시스템의 설계를 고객에게 제시하고 해당 설계가 시스템 설계 원칙에 어떻게 통합되어 있는지 설명한다.

□ 시스템 기본(Systems Fundamentals)

A. 논리 설계의 기본 구성요소를 이용하여 간단한 순차적 문제와 동일한 문제의 병렬 버전을 설계하고 적절한 도구를 활용하여 설계 및 성능을 평가한다.

B. 프로그램 추적 및 디버깅을 위한 툴을 포함하는 오류 감지와 복구가 통합된 현지 단체를 위해 프로그램을 개발한다.

C. 동기화 기본요소를 통해 공유 리소스를 관리하는 업체를 위해 간단한 병렬 프로그램을 개발하고 툴을 이용해 프로그램 성능을 평가한다.

D. 평균 메모리 액세스 시간을 계산하고 현지 엔지니어링 회사의 용량, 실패/적중률, 액세스 시간 측면에서 메모리 계층 구조 성능의 적정성을 설명한다.

E. 현지 엔지니어링 회사의 개별 가상 머신에서 실행되는 두 애플리케이션 인스턴스의 성능을 측정하고 성능 격리의 효과를 확인한다.

□ 사회 이슈 및 전문가로서의 업무(Social Issues and Professional Practice)

A. 현지 단체를 위해 시스템을 분석하고 비기술적(non-technical) 방식으로 그 결과를 제시한다.

B. 학제적 지식을 통합해서 현지 단체를 위한 프로그램을 개발한다.

C. 산업 트렌드, 혁신, 신기술을 첨부해서 대상 작업장에 영향을 줄 수 있는 보고서를 작성한다.

D. 청자 특정 언어와 그룹의 요구를 보여주는 사례를 통해 전문가 그룹에게 혁신적인 컴퓨터 시스템을 제시한다.

E. 기술로 인한 사회적 변화의 영향을 관리해야 하는 사람들에게 도움이 되는 문서를 제작한다.

F. 소비자의 요청, 요구, 만족을 추적할 수 있는 프로세스를 채택한다. 오류를 인코딩해서 탐지하고 수집할 수 있도록 데이터 오버헤드, 구현 복잡성, 상대적 실행 시간에 대한 다양한 오류 탐지 및 수집 방법을 비교하고 오류가 사람에게 적대적인 영향을 주지 않게 조치한다.

[참고문헌] 27)

1. 국내 문헌

- 김갑수, 구덕회, 김성백 외(2020). 차세대 소프트웨어(SW) 교육 표준 모델 개발. Journal of The Korean Association of Information Education. 24(4). 337-367.
- 김경훈, 이은경, 김영애 외(2015). 2015 개정 교과 교육과정 시안 개발 연구 II, 정보과 교육과정. 한국교육과정평가원.
- 김자미, 이원규, 이영준, 정인기, 최현종(2019). 교원과 학생의 SW교육 역량 기준 및 교육과정 개발 연구, 한국교육학술정보원.
- 김진숙, 박순경, 최정순, 이효녕(2013). 초중등학교 교육과정 연계성에 대한 국제비교. 한국교육과정평가원.
- 김진형(2014). 우리나라의 컴퓨터과학은 어디에 있는가?. 한국학술협의회 연속기획, 우리 학문, 어디에서 있는가?, 지식의 지평17, 아카넷.
- 교육부(2015). 2015 개정 정보과 교육과정, 제(2015-74호). 교육부.
- 교육부(2018). 2022학년도 대학입학제도 개편방안 및 고교교육 혁신방향 발표, 교육부 보도자료(2018.08.17.). 교육부.
- 교육부(2020). 정보교육 종합계획(안) 2020년 ~ 20224(2020.05). 교육부.
- 교육부(2020a). 인공지능, 학교 속으로! -인공지능(AI), 초등 수학 공부 도우미로, 고교 진로 선택과목으로 도입- (2020.09.14.). 교육부.
- 과학기술정보통신부(2020). 인공지능(AI) 시대에 대비한 전 국민 대상 인공지능·소프트웨어(SW) 교육 체계 마련, 과학기술정보통신부 보도자료(2020.08.07.). 과학기술정보통신부.
- 관계부처 합동(2019). 인공지능(AI) 국가전략(2020.12). 관계부처 합동.
- 관계부처 합동(2020). 인공지능시대 교육정책방향과 핵심과제. 관계부처 합동.
- 김용성(2019). 인공지능(AI) 시대 주요국의 인재양성 정책 동향. 소프트웨어정책연구소.
- 우호성, 김자미, 이원규(2017). 해외 고등정보 표준교육과정 기반의 국내 대학 교육과정 비교분석, 컴퓨터교육학회논문지, 20(1), 27-38.

27) 참고문헌에 대한 이해도 제고를 위해 본문 내 각 인용 위치에 각주로도 표기하였음

- 윤혜진, 조정원(2019). 한국, 미국, 영국 정보과 교육과정에의 연계성 비교 분석: '자료와 정보', '정보문화' 영역 중심으로. 교육연구, 75, 91-117.
- 오혜영(1995), 수리통계학 입문. 1판, p.12.
- 장원영(2020). 2015 개정 정보과 교육과정의 반성적 고찰 및 차기 교육과정 개정 방향 탐색 : 총론 관점의 교육과정 분석을 중심으로, 컴퓨터교육학회논문지, 23(5), 1-12.
- 한국교육과정평가원(2015). 2015 개정 교과 교육과정 시안 개발 연구 II, 정보과 교육과정, 한국교육과정평가원.

2. 국외 문헌

- ACM & IEEE-CS(2020). Computing Curricula 2020: Paradigms for Future Computing Curricula
- Bruner, J.(1960). The Process of Education. Cambridge, MA: The President and Fellows of Harvard College.
- Shackelford, R., McGettrick, A., Sloan, R., Topi, H., Davies, G., Kamali, R., Cross, J., Impagliazzo, J., LeBlanc, R., & Lunt, B. (2006). Computing Curricula 2005: The Overview Report. SIGCSE '06.
- Computer Science Teachers Association (2017). CSTA K-12 Computer Science Standards, Revised 2017. Retrieved from http://www.csteachers.org/standards.

3. 기 타

- wikipedia(https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%B2%A0%EC%9D%B4%EC%A6%88_%EC%A0%95%EB%A6%AC, 검색일: 2020.11.05.)
- wikipedia(https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%97%88%EC%83%81_%ED%8F%AC%EC%9D%B8%ED%84%B0, 검색일: 2020.11.17.)

주 의

이 보고서는 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구보고서입니다.
이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시
소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.

OPEN 공공누리 공공저작물 자유이용허락 출처표시 상업용금지 변경금지

[소프트웨어정책연구소]에 의해 작성된 [SPRI 보고서] 는 공공저작물 자유이용허락 표시기준 제 4 유형
(출처 표시 - 상업적이용금지 - 변경금지)에 따라 이용할 수 있습니다.
출처를 밝히면 자유로운 이용이 가능하지만, 영리목적으로 이용할 수 없고, 변경 없이 그대로 이용해야 합니다.

Computing Curricula 2020을 통해 본 미래 초·중등 SW·AI 교육의 방향

Direction of K-12 SW·AI Education through Computing Curricula 2020

경기도 성남시 분당구 대왕판교로 712번길 22 글로벌 R&D센터 연구동(A)
Global R&D Ceneter 4F, 22, Daewangpangyo-ro 712beon-gil, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do

www.spri.kr