

연구 요약

IB 초등교육 프로그램, 중등교육 프로그램, 디플로마 프로그램의 컴퓨팅 사고 및 디자인 사고 역량 증진

James D Slotta, University of Toronto, Jie Chao, The Concord Consortium, Mike Tissenbaum, University of Illinois at Urbana-Champaign

2020 년 8 월

배경

디자인 사고(design thinking, 이하 DT) 및 컴퓨팅 사고(computational thinking, 이하 CT)는 학생들이 장기적으로 교육 및 경력에서 성공하는 데 필요한 21 세기 핵심 역량으로 널리 인정받아 왔습니다. DT 는 생산적인 창의성을 중점에 두며 여러 산업에서 핵심 가치로 인식됩니다. CT 란 컴퓨터와 기술의 작동 방식에 대한 기본적인 이해를 말합니다. 21 세기를 대비해 이러한 역량을 개발해야 할 필요성을 고려하여 본 연구는 (1) 국제 바칼로레아(International Baccalaureate, 이하 IB) 이해관계자를 위한 DT 및 CT 의 명확한 정의 제시, (2) IB 과정과 프로그램이 현재 DT 및 CT 를 제시하는 방식 설명, (3) 현재 교사의 교수 및 평가 과정에서 DT 및 CT 를 실행할 때 겪는 도전 과제 논의, (4) 향후 교육과정 및 실제 운영에 대한 지침 제공 등의 네 가지 목표를 설정했습니다. 또한 이 연구는 IB 교육과정과 평가에 DT 및 CT 를 통합하는 몇 가지 모범 사례를 모색하고, 교사의 가르침과 전문성 신장에 대한 몇 가지 시사점을 명확히 설명하고자 했습니다.

방법론

본 연구는 네 가지 연구 질문을 다룹니다.

1. 학습 진행, 평가, 교육과정 통합 접근법 및 교사의 지식, 가르침 및 전문성 신장과 관련 있는 연구를 고려했을 때 CT 및 DT 의 현재 정의는 무엇입니까?
2. IB 과정과 프로그램은 현재 CT 및 DT 를 가이드, 평가, 교사용 보조 자료(teacher support material, 이하 TSM)에 어떻게 통합하고 있습니까?
3. IB 교사들은 DT 및 CT 를 어떻게 이해하며 이를 과정에 통합하기 위해 어떤 지원을 합니까?
4. IB 교사가 CT 및 DT 를 실행하는 과정에서 겪는 주요 도전 과제는 무엇이며, 향후 이들이 성공하도록 지원하려면 어떤 사항을 고려해야 합니까?

해당 연구에서 문헌조사, 교육과정 검토, 교사 설문조사 등을 진행했습니다. 문헌조사는 2006 년 이후 출판된 연구 논문을 대상으로 진행했습니다. 교육과정 검토는 일부 과정을 선정하여 진행하였고, DT 및 CT 가 프로그램 내부 및 전반에 어떻게 통합되는지 알아보려고 했습니다. 교사 설문조사는 IB 교사들이 이러한 구조를 어떻게 이해하고 있는지, 이를 교육과정 설계에 어떻게 적용하는지, 그리고 DT 및 CT 를 통합하는 데 어떤 어려움이 있는지에 대한 통찰력을 얻기 위해 진행했습니다.

연구 결과

문헌조사

문헌조사에서는 DT 및 CT 와 관련된 네 가지 특정 측면을 다루었습니다.

DT 및 CT 의 정의

DT 및 CT 의 정의를 살펴보면 대부분 협력, 창의성, 설계를 통해 학생들이 해결해야 하는 개방형 문제 또는 프로젝트의 중요성을 강조합니다. 또한, DT 와 CT 는 상호적으로 서로의 역량을 강화합니다. DT 와 CT 는 바탕이 되는 영역, 활동 및 자료 등에서 공통점이 많아 각 역량이 서로 어느 정도는 겹치는 경우가 있습니다.

문헌조사 결과를 바탕으로 정의를 명확하게 정리했습니다.

- 디자인 사고(Design thinking): 학습자가 비구조적인 개방형 실생활 문제에 대해 협력을 바탕으로 창의적인 해결책을 반복적으로 개발하는 사고 방법
- 컴퓨팅 사고(Computational thinking): 컴퓨터나 인간이 이용할 수 있는 알고리즘을 설명하는 해결책으로 학습자가 개방형 문제를 해결할 때 문제를 파악하기 위해 사용하는 특정 형태의 문제 해결 및 추론 방법

교육과정 통합 및 학습 진행

가장 효과적인 교육과정 설계 전략은 CT 와 DT 를 명시적으로 다루고 프로젝트 기반 또는 설계 중심 접근 방식을 채택하는 전략입니다. DT 및 CT 를 통합하는 활동은 본질적으로 여러 학문을 다루는 활동이며(예: 과학, 기술, 공학 및 수학 프로젝트(science, technology, engineering and mathematics, STEM)), 서로 다른 과정을 진행하는 교사들 간의 협력을 수반하는 것으로 자주 보고됩니다.

DT 및 CT 는 학생들이 교육과정에 참여하는 동안 습득하고 적용하는 역량(지식 습득 방식 및 학습 방식)으로 설명됩니다. 많은 학자들은 DT 와 CT 가 학생들이 평생 여러 학문에 걸친 학습을 이어가는데 도움이 될 역량이라 설명합니다. 또한 교사들이 DT 와 CT 를 '내용을 다뤄야 할' 주제가 아니라 주제를 다루는 수단으로 보고 있다는 점에 주목해야 합니다.

현재 DT 및 CT 에 대한 종합적이고 측정 가능한 평가가 부족한 실정입니다. 이는 DT 및 CT 가 상대적으로 새로운 용어이며 교육과정 프레임워크의 핵심 요소로서 널리 채택되고 있지 못하다는 점을 분명하게 드러냅니다. 또한, 개방형 문제 또는 실질적인 여러 학문 간 프로젝트를 평가할 때 해결해야 할 도전 과제도 있음을 나타냅니다.

학습 맥락 및 환경

DT 및 CT 를 유연하게 적용하면 여러 과목 영역에 걸쳐 공식 및 비공식 맥락을 전반적으로 아우르는 학습을 지원할 수 있습니다. 그동안 DT 및 CT 에 관한 대부분의 연구는 박물관이나 방과 후 프로그램과 같은 비공식적인 환경에서 수행되었습니다. 이와는 달리 본 연구에서는 일반적으로 K-16 교육의 공식적 맥락과의 관련성을 인지합니다.

학생들이 CT 에 참여하도록 지원하는 플랫폼은 다양한 반면, DT 를 위한 전용 플랫폼은 몹시 부족합니다.

CT 참여를 지원하는 플랫폼

- 스프레드시트

- Scratch 또는 MIT 대학교(Massachusetts Institute of Technology)의 App Inventor 와 같은 블록 기반 프로그래밍 환경(Morelli et al 2011)
- Game Maker 와 같은 하이브리드 프로그래밍 환경(Jenson and Droumeva 2016)
- 컴퓨터에 기반하지 않은 활동이라도 학생들이 CT 에 효과적으로 참여하도록 유도할 수 있으며, 컴퓨팅을 시작하기 전에 문제를 모델링하고 해결책을 설계할 수 있게 합니다(Lee et al 2014).

CT 및 DT 참여를 모두 지원하는 플랫폼

- 대중적인 로봇 제작 키트(Sullivan and Heffernan 2016)
- Lattice Land(Pei et al 2018) 또는 Paper Circuit(Lee and Recker 2018)과 같이 학습자가 컴퓨터 조작으로 학문적 아이디어를 탐구할 수 있게 해주는 마이크로월드

DT 및 CT 를 활용한 교수

DT 및 CT 에 대한 교사들의 기존 견해는 새로운 형태의 가르침 및 강의실 담화를 통합하는 데 저해 요소가 될 수 있습니다. 학생들은 대부분 스스로 학습 활동을 주도적으로 진행하며, 교육과정 가이드라인의 제약을 받고, 학교, 가정 및 학문적 맥락이 혼재된 환경에 있는 경우가 많습니다. 교사는 학생들의 개인 및 소그룹 활동에 최대한 자주 참여하며, 단기적인 지도나 토론을 위해 반 학생들을 정기적으로 모이도록 합니다. 이를 통해 교사는 멘토 역할을 맡으며, 그 결과 '책임 있는 대화'(Resnick et al 2018) 또는 '반응성 교수'(Robertson et al 2015)와 같은 담화 패턴을 이끌어냅니다.

지금까지 교사의 DT 및 CT 학습을 다룬 연구는 거의 없었지만, 발표된 일부 연구에 따르면 교사의 전문성 신장을 효과적으로 수행하려면 교사들이 DT 및 CT 활동을 통한 학습에 참여하여 DT 및 CT 가 본인 영역 내의 사고와 추론에 어떻게 관여하는지 직접 경험할 수 있도록 해야 한다고 제안합니다.

교육과정 검토

이 섹션은 초등교육 프로그램(Primary Years Programme, 이하 PYP), 중등교육 프로그램(Middle Years Programme, 이하 MYP), 디플로마 프로그램(Diploma Programme, 이하 DP)에 대한 DT 및 CT 의 통합과 관련한 연구 결과를 다룹니다. 세 가지 주요 연구 결과는 아래에서 설명합니다.

1. 현재 IB 프로그램은 실생활 문제를 강조하며, 여러 과정에서 개방형 문제, 창의성 및 설계에 초점을 둡니다. 세 가지 IB 프로그램(PYP, MYP, DP)은 모두 학생의 학습 내용이 실생활 문제, 창의적 사고력, 여러 학문에 걸친 접근법과 연결될 수 있도록 공동의 노력을 기울이고 있습니다.
2. DT 및 CT 의 일부 영역(예: 협력과 반복을 통한 향상)은 IB 내에서, 특히 MYP 에서 그 가치를 명시적으로 인정받고 있습니다. 그러나 일반적으로 명시적인 지침, 평가 또는 TSM 과 연관 지어 다루어지지 않았습니다.
3. 교육 자료에서 다양한 영역의 DT 및 CT 를 확인할 수 있었지만, 이러한 영역은 동일 영역(예: 창의성 또는 실생활 문제)을 공유하는 탐구 및 프로젝트 기반 학습에 상당한

기여를 하기 때문에 확인할 수 있었을 가능성이 큼니다. 창의성과 문제 해결 능력은 보편적으로 강조되지만 다른 영역의 DT(예: 반복적인 테스트와 수정) 및 CT(예: 알고리즘 및 문제 분석)는 설계와 컴퓨팅에 더욱 특화되어 있기 때문에 그다지 주목받지 못했습니다.

교사 설문조사

이 설문조사는 교사가 자체 보고한 DT 및 CT에 대한 이해도, 이러한 역량을 통합하기 위한 접근법, 이를 실행하는 과정에서 인식한 도전 과제 등을 조사했습니다.

DT 및 CT에 대한 교사의 이해도

1. 세 프로그램 모두에서 교사들은 DT 및 CT를 높은 수준으로 숙지하고 이해하였으며, DT 및 CT를 과정에 포함하는 방법에 대해 이해한다고 응답했습니다. 교사들은 전반적으로 DT와 CT를 21세기의 중요한 역량으로 인식하며 이해한다고 응답했습니다.
2. 프로젝트 기반 연구는 보통 학생들이 창의적인 문제 해결에 참여하도록 요구하는 전략이라고 언급됩니다. 교사들은 모두 학생들이 과정에서 학습한 아이디어와 주제를 창의적으로 적용해야 하는 개방형 프로젝트의 가치에 대해 인식하고 있었습니다.
3. 일부 교사들은 DT 및 CT를 통합하는 방법에 대해 이해가 부족하거나 자신감이 없다고 답변했습니다. 프로그램 전반의 여러 교사들은 이러한 역량을 더욱 심도 있게 이해하고 통합할 수 있도록 고안된 추가 지침, 사례 연구, 다른 형태의 교사 전문성 신장 또는 TSM이 필요하다는 의견을 표했습니다.

이러한 결과는 교사가 자체 보고한 이해도이므로, 일부 응답자는 실제로 이해한 것보다 더 잘 알고 있다고 생각할 가능성도 있습니다. 그렇다고 하더라도 교사들이 보고한 이해도는 긍정적인 결과로 인식되며, 이는 CT 및 DT에 대해 교사들이 긍정적인 태도를 취하고 있음을 확실히 보여줍니다. "Teachers' understandings of CT and DT" (영문 제공)에 대한 자세한 내용은 보고서 전문의 섹션 3을 참조하십시오.

DT 및 CT 통합 접근법

세 프로그램 모두에서 많은 교사들이 공통적으로 DT 및 CT를 통합하기 위한 접근법을 채택했으며, 일부 접근법은 특정 프로그램에 특화되었습니다. <표 1>은 각 프로그램에서 교사들이 사용한 핵심 전략을 보여줍니다.

IB 프로그램	개요	핵심 전략
DP	<p>DP 교사들은 다양하고 흥미로운 아이디어와 접근법을 공유합니다. 교사들은 CT 보다는 DT에 대한 구체적인 예시와 활동을 더 많이 제공했는데, 많은 교사들은 문제 해결에 컴퓨팅 특성이 더욱 일반적으로 나타난다고 언급했습니다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 학생 중심의 개방형 문제 사용 • 기술 기반 활동 포함 • 프로젝트 및 문제 해결 과정에 데이터 관리 및 컴퓨팅 사용 • 과학적 방법 및 문제 해결 • 협력에 대한 강조 • DP 디자인 테크놀로지와 다양한 학문 분야 간 파트너십
MYP	<p>DP 교사들의 답변과 유사하게 MYP 교사들도 다양하고 흥미로운 아이디어와 접근법에 대해 언급했습니다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 실제적인 개방형 문제 사용 • 반복적인 수정 주기 적용 • 협력 프로젝트 활용 • 창의성 지원 • 디자인 및 컴퓨팅 연결 • 프로그래밍이 가능한 하드웨어 기술 통합 • 프로그래밍 환경 사용 • 데이터를 활용한 작업
PYP	<p>PYP 교사들은 DT와 CT의 중요성에 대해 놀랍도록 섬세하게 이해하고 있었으며 이러한 역할을 어떻게 추구할지에 대해 전략적인 통찰력을 보여주었습니다.</p>	<p>저학년 학생용 전략(3~6 세)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 놀이와 창의력 • 개방형 문제 • 협력 또는 그룹 과제 • 패턴 찾기 • 문제 세분화하기 • 퍼즐 및 문제 사용 • 추가 기술 적용 <p>고학년 학생용 전략(7~12 세, 다음과 같은 여러 전략을 활용)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 컴퓨터 게임 • 개념 지도 및 순서도 활용 • 로봇공학, 컴퓨터 프로그래밍 • 다양한 학문 간 주제 통합 • 학생이 선정한 문제

<표 1>. IB 프로그램을 통한 DT 및 CT 통합 접근법

IB 교사들이 파악한 도전 과제

1. 많은 DP 교사들은 프로젝트 기반 접근법 및/또는 개방형 문제를 도입하기에 필수 수업 내용이 너무 많고 교육과정 시간이 충분하지 않다고 언급했습니다. MYP의 경우, 필수 수업 내용이 과중하다고 언급한 교사가 더 적었습니다. 그러나 일부 교사는 프로젝트(예: 수학, 과학)를 진행하기 위한 시간이 더 필요하다고 주장했습니다. 이는 프로그램 전반에서 문제 해결, 창의성 및 데이터 기반 추론을 강조해야 한다는 점을 시사합니다. PYP의 경우, 일부 교사들은 DT 및 CT를 통합하는 데 교육과정 시간이 더 필요하며 연령에 알맞은 지원이 필요하다고 답변했는데, 이는 교사들이 때로는 학교의 탐구 계획으로 인한 제약이나 한계가 있음을 인지한다는 것을 나타냅니다.

- 교사들은 DT 와 CT 를 적용하는 활동을 설계하고 실행하는 데 더 많은 지침이 필요하며, 적절한 평가도 필요하다는 의견을 제시했습니다. 많은 DP 교사들은 '실천 방법'을 자세히 설명하는 예시가 부족하며 전문성 신장이 필요하다고 언급했습니다. MYP 교사들은 프로젝트 기반 학습과 개방형 문제에 명시적 가치가 있지만, 이것을 특정 과정에서 적용하는 방법에 대한 지침이 부족하다고 느꼈습니다. PYP 교사들은 DT 및 CT 통합이 포함되도록 탐구 사항을 조정하는 데 지원이 더 많이 필요하다고 언급했습니다.
- 일부 교사들, 특히 PYP 교사들은 학생들이 이러한 교육과정을 학습하기에 준비되어 있지 않다고 했습니다. 이는 인지된 행동 문제 때문이거나, 교사들이 이러한 학습이 학생들의 발달에 부적합하다고 생각하기 때문입니다.

IB 프로그램 고려사항

이전 섹션에서 파악한 도전 과제를 반영하여 일반적 수준(프로그램 간)과 구체적 수준(프로그램 내)의 여러 가지 고려 사항을 설명합니다(<표 2> 참조).

IB 프로그램	고려사항
모든 프로그램 전반	<ul style="list-style-type: none"> 가이드와 TSM 을 개선해야 합니다. DT 와 CT 를 영향력 있는 교수 및 학습의 기초이자 21 세기의 중요한 역량으로써 명시적으로 밝힙니다. DT 및 CT 평가를 명확히 하여 학생과 교사가 진지하게 여기도록 합니다. 프로그램 전반에서 여러 과목 간 프로젝트에 대해 강조하고 내용을 다시 전체적으로 살펴봅니다. IB 교사들이 서로 탐구 프로그램 및 학습 계획을 교환할 수 있도록 지원합니다. 교사 전문성 신장을 위해 프로그램 수준의 계획을 수립하고, 학교를 지원하여, 교사들이 수업에서 더욱 풍부한 지식과 성찰을 활용할 수 있도록 돕습니다. 관련 학문 분야(수학, 화학, 공학 등)의 전문성 실천 영역 내에서 디자인과 컴퓨팅에 대해 고려합니다.
DP	<ul style="list-style-type: none"> 교육과정 기대치를 일부 재설계하는 작업에 참여하여 핵심 수업 내용의 양을 줄이고 여러 학문에 걸친 프로젝트를 강조합니다. 컴퓨터 과학, 수학, 과학의 통합 교과 연계를 강화하는 것도 하나의 전략이 될 수 있습니다(예: 다학문 간 프로젝트의 요구 사항 마련). 직업 정체성 발달이 중요하다는 점을 고려하여, DP 는 IB 직업연계 프로그램(Career-related Programme, CP)과 협력할 수 있도록 노력을 기울여 CP 핵심과의 연계를 강화할 수 있습니다. 예를 들어 (1) 경력에 집중하여 성찰 프로젝트 측면을 통합하고, (2) 과정 교과군에 자기개발능력 및 전문기술 연계를 더하며, (3) 특정 기술 학습에 집중할 수 있습니다. DP 과정의 내부 평가 모델과 같은 프로젝트 기반 학습 접근 방식을 교육과정에 효과적으로 반영할 수 있는 방법을 찾습니다.
MYP	<ul style="list-style-type: none"> 수업 계획 과정에 반영되었듯이 MYP 프로젝트의 핵심 및 관련 개념과 탐구 프로그램에 DT 및 CT 를 명시적으로 통합하며 감정적인 정의의 영역을 언급합니다. 프로그램 전반에 걸쳐 MYP 교사들 사이의 수업 및 평가 계획 교환을 지원합니다. 이는 수업 내용에 대한 설득력 있는 출처를 제공하고 효과적인 설계를 널리 전파하는 데 도움을 줄 수 있습니다.
PYP	<ul style="list-style-type: none"> PYP 학생들의 학습 진행 상황 및 탐구 프로그램에서 이를 지원할 수 있는 방법에 대해 더욱 중점을 둘 수 있습니다. 문제 중심적이고 창의적이며 협력적인 접근법과 관련하여 학생들은 어떻게 시작해야 하고, 교사들은 학생들의 발전을 어떻게 지원할 수 있습니까?

- DT 및 CT 에 대한 구체적인 지침을 교사에게 제공하여 다양한 접근법이 역량에 미치는 영향을 이해할 수 있도록 지원합니다.
- 또한 프로그램 전반에 걸쳐 노력을 배가하면 DT 와 CT 의 진행 상황을 다루는 데 도움이 됩니다. PYP 학생들이 학습하는 디자인 및 컴퓨팅 역량과 이 두 역량이 MYP 및 그 이후의 성공에서 중요한 이유를 명확하게 설명합니다.

<표 2>. IB 프로그램 고려사항

요약

DT 와 CT 는 학생들이 평생 여러 학문에 걸친 학습을 이어나가는 데 도움이 될 21 세기 핵심 역량으로 간주됩니다. DT 및 CT 의 정의는 학생들이 협력, 창의성, 설계를 통해 해결해야 하는 개방형 문제 또는 프로젝트의 중요성을 강조합니다. 가장 효과적인 교육과정 설계 전략은 CT 와 DT 를 명시적으로 다루고 프로젝트 기반 또는 설계 중심 접근 방식을 채택하는 전략입니다. 모든 프로그램의 IB 교사들은 DT 및 CT 를 높은 수준으로 숙지하고 이해하였으며, DT 및 CT 를 과정에 포함하는 방법에 대해 이해한다고 응답했습니다. 그러나 프로그램 전반의 여러 교사들은 평가뿐만 아니라 추가 지침, 사례 연구, 다른 형태의 교사 전문성 신장이 필요하다는 의견을 표했습니다. IB 프로그램의 고려사항으로는 가이드와 TSM 을 개선하여 DT 와 CT 를 영향력 있는 교수 및 학습의 기초이자 21 세기의 중요한 역량으로써 명시적으로 밝히는 것이 포함됩니다.

참고 문헌

- Jenson, J and Droumeva, M. 2016. "Exploring Media Literacy and Computational Thinking: A Game Maker Curriculum Study". *Electronic Journal of E-Learning*. Vol 14, number 2. Pp 111–121.
- Lee, TY, Mauriello, ML, Ahn, J and Bederson, BB. 2014. "CTArcade: Computational Thinking with Games in School Age Children". *International Journal of Child-Computer Interaction*. Vol 2, number 1. Pp 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2014.06.003>
- Lee, VR and Recker, M. 2018. "Paper Circuits: A Tangible, Low Threshold, Low Cost Entry to Computational Thinking". *TechTrends*. Vol 62, number 2. Pp 197–203. <https://doi.org/10.1007/s11528-017-0248-3>
- Morelli, R, de Lanerolle, T, Lake, P, Limardo, N, Tamotsu, B and Uche, C. 2011. "Can Android App Inventor Bring Computational Thinking to K-12?" *Proc. 42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE'11)*. http://hermes.di.uoa.gr/gregor/file/appinventor_manuscript.pdf
- Pei, C (Yu), Weintrop, D and Wilensky, U. 2018. "Cultivating Computational Thinking Practices and Mathematical Habits of Mind in Lattice Land". *Mathematical Thinking and Learning*. Vol 20, number 1. Pp 75–89. <https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1403543>
- Resnick, LB, Asterhan, CS, Clarke, SN and Schantz, F. 2018. "Next Generation Research in Dialogic Learning". *The Wiley Handbook of Teaching and Learning*. Hoboken, NJ, USA. Wiley & Sons Ltd. Pp 323–338.
- Robertson, AD, Scherr, R and Hammer, D (eds). 2015. *Responsive Teaching in Science and Mathematics*. Routledge.

Sullivan, FR and Heffernan, J. 2016. "Robotic Construction Kits as Computational Manipulatives for Learning in the STEM Disciplines". *Journal of Research on Technology in Education*. Vol 48, number 2. Pp 105–128. <https://doi.org/10.1080/15391523.2016.1146563>

이 요약 자료는 IB 연구부서에서 작성했습니다. 보고서 전문은 www.ibo.org/en/research/에서 확인할 수 있습니다. 본 연구 또는 기타 IB 연구에 대한 자세한 정보를 확인하려면 research@ibo.org 로 메일을 보내주십시오.

이 보고서 전문을 인용하려면 참고 문헌을 다음과 같이 작성하시기 바랍니다. Slotta, J, Chao, J and Tissenbaum, M. 2020. *Fostering computational thinking and design thinking in the IB Primary Years Programme, Middle Years Programme and Diploma Programme*. Bethesda, MD, USA. International Baccalaureate Organization.