

교육과정평가연구  
The Journal of Curriculum and Evaluation  
2026, Vol. 29, No. 1, pp.1~32  
DOI: <https://doi.org/10.29221/jce.2026.29.1.1>

## 고교학점제 운영을 위한 단위 학교 주도 수강배정 시스템 개발 및 적용 사례 연구

김지혜 (북일여자고등학교 교사)\*  
정용석 (호치민시한국국제학교 교사)\*\*

### 요약

본 연구는 고교학점제 운영 과정의 핵심 과제인 수강배정 문제를 교육과정 운영 의사결정 관점에서 재조명하고, 학교 내부의 역량으로 개발·운영한 최적화 알고리즘 기반 수강배정 시스템의 효용성과 확장 가능성을 사례 연구로 검증하였다. A학교의 교육과정 운영 사례 분석 결과, 수강배정은 분반 수 확정, 이동수업 배치, 교사 시수 결정, 시간표 작성 등 교육과정 운영 전반의 의사결정을 매개하는 기능을 수행하고 있었다. 또한 2021년부터 2025년까지 세 차례의 수강배정 시스템 변화를 통해 학교의 인식과 업무 담당자의 역량에 따라 수강배정 시스템이 달라짐을 확인하였다. 2025년에 교사와 학생이 공동 개발한 최적화 알고리즘 기반 수강배정 시스템을 한국교육과정평가원 수강신청 시스템과 비교한 결과, 미배정 선택 비율을 최대 6.25% 감소시켰으며, 일부 학기에서는 모든 선택이 배정되어 정확도와 현장 신뢰도를 확인하였다. 또한 수강배정 결과 도출에 소요되는 시간을 단축하여 업무 효율성을 향상시켰다. 교육과정 구조와 규모가 상이한 두 학교에 적용한 결과, 소규모 학교에서는 미배정 선택을 6.67%에서 1.67%로 감소시키는 의사결정 지원 효과를 확인하였다. 대규모 학교에서는 사설 업체 시스템과 동일하게 모든 선택을 배정하면서, 수강배정 우선 기준을 더욱 충실히 반영한 결과를 도출하여 확장 가능성을 확인하였다. 본 연구는 수강배정은 기술적 문제가 아닌 교육과정 운영 의사결정 문제로 재개념화될 필요성을 제시하며, 고교학점제의 안정적 운영을 위한 실천적 방안으로 최적화 모형의 활용 가능성을 시사한다.

주제어: 고교학점제, 수강배정 시스템, 학생 선택 중심 교육과정, 최적화 알고리즘

\* 제1저자, pv\_nrt@naver.com

\*\* 교신저자, gaz1979@hanmail.net

## I. 서론

최근 두 차례 개편된 국가 수준 교육과정은 미래 사회를 주도할 인재를 양성하기 위해 학생의 선택권을 확대하고, 개별 맞춤형 교육을 제공하는 것을 중요한 실행 과제로 제시하고 있다(교육부, 2015; 교육부, 2022). 학생이 스스로 설계한 진로에 적합한 다양한 과목을 선택·이수할 수 있도록 선택의 폭을 더욱 넓은 교육과정 구조를 제시하였고, 이런 교육과정의 도입은 계열별 공통 교과 위주의 획일적인 학교 교육과정을 선택 교과 중심의 다양성을 갖춘 교육과정으로 변화하였다(서혜경, 차성현, 2020). 학생 선택 중심 교육과정을 더욱 활성화하기 위해 교육부(2017)는 *고교학점제 추진 방향 및 연구학교 운영 계획*을 발표하였다. 대학과 유사하게 공통 이수 과목과 선택 이수 과목을 일정 학점 이상 취득해야 졸업할 수 있는 고교학점제는 다양한 선택 과목의 운영을 최우선 목표로 하고 있었다. 교육부는 2019년부터 2021년까지 고교학점제 연구학교와 선도학교를 운영하여, 고교학점제의 도입으로 인한 효과와 운영상의 문제점을 파악하고자 하였다(교육부, 2017; 우선영, 2023). 이를 바탕으로 2022 개정 교육과정에서는 고교학점제의 전면 시행을 지원하기 위해 교과 구조를 학기 단위로 개편하고, 기존의 출석 기준에 더해 학업성취율 40% 이상의 성취에 도달한 경우를 이수로 인정하는 학점 체계를 도입하였다(교육부, 2022).

고교학점제의 시범운영을 담당했던 연구학교들은 다양한 선택과목을 운영할 수 있는 교사 확보 방안, 학생들이 진로 선택 및 학업 계획 수립에 필요한 정보를 제공할 수 있는 교사의 진로지도 전문성 확보 방안, 미이수를 방지하기 위한 예방·보충 지도 계획의 효율적 운영 방안, 그리고 수강배정 및 시간표 작성 등 교육과정 행정 업무의 효율적 수행 방안이 필요하다는 의견을 제시하였다(우선영, 2023; 김영은 외, 2023). 그러나 이러한 과제들이 충분히 해결되지 않은 상태에서 2025년 고교학점제가 전면 도입·운영되면서, 학교별 운영 역량 차이로 인한 학생·학부모의 불만이 제기되었고, 학생생활기록부 작성 등 추가적인 행정적 부담이 더해지면서 고교학점제의 실효성에 대한 우려가 확대되었다. 이에 따라 교육부는 고교학점제 운영 전반에 대한 개선 방안을 발표하고 있으나(교육부, 2025b), 현장에서 제기된 문제에 대한 신속하고 실질적인 해결 방안을 탐색하고 이를 학교 현장에 확산·보급하려는 노력이 여전히 요구된다.

교육부(2025b)에서 발표한 *고교학점제 운영 개선 대책*에는 앞서 언급한 여러 문제들의 해결 방안이 대부분 포함되어 있었으며, 수강신청 프로그램의 기능 고도화 계획과 같이 행정적인 어려움을 해결하기 위한 노력도 있었다. 교육과정 운영이 이전보다 중요하고 복잡해진 상황에서, 학교 내부에서 논의·결정해야 할 교육과정 관련 사항이 증가하

고 있다(박지안, 김아영, 2022; 이영희 외, 2022; 이상은, 장덕호, 2019). 의사결정 과정을 진행하기 위해서는 학생들의 선택 현황과 수강배정 결과와 같은 자료가 필수적이다. 특히 수강배정 결과가 의사결정의 근거로 활용되기 위해서는 최선의 결과라는 신뢰성이 확보되어야 한다. 또한 다양한 경우를 가정한 시뮬레이션 결과를 신속하게 도출·확인하여 의사결정의 타당성과 신속성을 높여야 한다. 따라서 수강배정 결과의 신뢰도와 처리 속도를 높이기 위한 교육부(2025)의 수강신청 프로그램 고도화 계획이 원활하게 진행될 수 있도록 다양한 방안에 대한 탐색이 필요하다.

고교학점제를 처음 도입·운영한 1차 연구학교의 운영 결과 보고서를 분석한 연구에서는 수강배정 문제를 ‘개인별 시간표 작성 문제’로 언급하며, 고교학점제 도입 이전에 해결해야 할 주요 과제로 제시하고 있다(박지안, 김아영, 2021; 김영은 외, 2023). 수강배정에서 발생한 ‘미배정 선택<sup>1)</sup>’ 문제를 해결하기 위해 불가피하게 ‘공강’이 발생하는 시간표를 만든 연구학교에서는 공강 시간의 학생 지도 지침이 필요하다는 의견을 제시하는 등 학생 선택권 존중에 따른 수강배정은 교육과정 운영에 여러 가지 어려움을 만들고 있다(임종현 외, 2023; 이영희 외, 2022). 하지만 어려움을 다양한 방법으로 해결해 나가는 학교도 존재하므로, 이런 학교들이 어떤 방법으로 문제 해결을 시도하고 있는지 살펴봄으로써 근본적인 해결책에 접근할 수 있다.

고교학점제의 학생 선택 중심 교육과정 운영에서 필연적으로 발생하는 업무가 수강배정임을 인식한 교육부는 한국교육과정평가원을 통해 고교학점제 및 수강신청 프로그램을 개발·운영하였다(고교학점제 및 수강신청 프로그램, 2020; 고교학점제 및 수강신청 프로그램, 2025). 이 시스템은 학생의 선택 조사, 수강 배정, 시간표 작성이 통합적으로 이뤄지도록 개발되었다. 그러나 2020년에 시작한 2015 개정 교육과정 지원용 수강신청 프로그램의 이용률과 만족도를 조사한 연구에 따르면, 이용률이 저조하며 개선 요구가 높은 것으로 나타났다(김성혜 외, 2021). 또한 언론 보도에 따르면, 많은 학교가 사설 업체의 시스템을 활용하고 있는 것으로 보인다(경향신문, 2025; 에듀프레스, 2025). 무료로 운영되는 한국교육과정평가원의 수강신청 시스템 대신 예산을 지출하면서까지 사설 업체의 시스템을 사용하는 것은, 한국교육과정평가원의 수강신청 시스템이 업무 담당자들에게 만족스럽지 않음을 의미한다. 실제로 업무 담당자와의 면담을 통해 이를 확인한 연구도 있었다(임종현 외, 2023). 따라서 한국교육과정평가원의 수강신청 시스템이 어느 정도의 효용성과 신뢰도를 제공하고 있는지 점검하고, 개선 방안을 모색하는 연구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 고교학점제를 운영하면서 수강배정 문제를 학교의 역량으로 해결

1) 미배정 선택은 학생이 특정 과목을 수강하기를 희망하여 신청을 했으나 배정되지 못한 선택을 의미한다.

해 나간 사례를 통해 고교학점제의 학생 선택 중심 교육과정에서 수강배정 시스템을 개발하게 된 배경과 과정을 탐색하고, 효율적이며 신뢰도 높은 수강배정 시스템의 개발과 적용 가능성을 살펴보았다. 연구문제는 다음과 같다.

- 단위 학교가 자체적으로 수강배정 시스템을 개발하게 된 맥락과 과정은 무엇인가?
- 개발한 수강배정 시스템은 기존 방식 대비 학교교육과정 운영의 신뢰도와 효용성을 개선하였는가?
- 해당 수강배정 시스템은 학교 맥락이 다른 환경에서 적용 가능한가?

## II. 이론적 배경

### 1. 고교학점제의 정책적 배경과 단계적 운영에서 나타난 과제

고교학점제는 변화하는 시대적 환경과 학령인구 감소라는 구조적 조건 속에서, 학생의 다양성을 존중하고 개별화된 진로로 나아갈 수 있는 역량 향상을 지원하기 위한 고등학교 교육과정 운영 체제로 제시된 정책이다(교육부, 2021). 학생 개인의 진로에 부합하는 학습 경로를 보장하기 위해 학생의 선택권을 확대하는 것이 고교학점제의 핵심이며, 이러한 방향은 최근 개정된 2022 개정 교육과정에서도 학생 맞춤형 교육을 위한 선택형 교육과정의 확대라는 형태로 재확인되었다(교육부, 2022).

고교학점제는 학생이 자신의 진로와 적성을 고려하여 과목을 선택·이수하고, 이수한 학점을 누적하여 졸업 요건을 충족하는 제도로서, 기존의 학급 단위·연간 단위 교육과정 운영 방식과는 차이를 보인다. 학생선택권과 다양성을 보장하기 위해 일반 교육과정 외에도 소인수 교육과정, 공동교육과정 등의 형태로 학점 취득을 허용하고, 학생이 스스로 진로를 설정하고 이에 따른 학업 계획을 설계할 수 있도록 지원체계를 강화하는 것을 주요 목표로 한다. 동시에 고교학점제는 선택의 확대에만 초점을 두는 것이 아니라, 국가 수준 교육과정이 지향하는 책임교육의 원리를 구현하기 위해 최소 성취수준 보장 지도를 도입함으로써 교육과정이 목적인 최소한의 성취수준에 도달할 수 있는 지도 방안을 담고 있다(교육부, 2021; 교육부, 2022).

연구·선도학교 운영 결과, 고교학점제는 획일적인 교육과정 운영 방식에서 벗어나 학교의 여건과 특성을 반영한 다양한 교육과정 편성을 가능케 했으며, 학생 맞춤형 교육에 대한 접근 가능성이 높아졌다는 점에서 긍정적인 효과가 확인되었으나, 교사의 다과목 지도, 진로·학업 설계 지도, 시간표 편성 등의 행정적 부담 등 현장의 운영 과제가 함께

제기되었다(우선영, 2023; 김영은 외, 2023).

2023년~2024년의 준비학교 운영 시기에는 전국의 고등학교에서 고교학점제를 준비하여 운영하면서 지역 간 교육격차, 진로·학업 설계 지원을 위한 교원의 전문성 확보 문제, 증가하는 교육과정 행정 업무 문제가 지속적으로 제기되었으나, 이러한 과제에 대해 학교 현장 차원에서 실질적인 해결책을 도출하는 데에는 한계가 있었던 것으로 보고되었다(박준홍, 2025). 이에 교육부와 각 시·도 교육청을 중심으로 다양한 지원 방안이 마련되었으나, 교원 수급과 수강 편성, 시간표 작성과 같은 핵심 교육과정 행정 업무의 부담에 대해서는 여전히 뚜렷한 해결 방안이 충분히 제시되지 못하는 실정이다(교육부, 2025a).

이러한 상황에서 2025학년도부터 고교학점제가 모든 고등학교에 전면 적용되면서, 시범운영 단계에서 충분히 해소되지 못한 운영상의 문제가 학교 현장에서 본격적으로 표면화되면서 현장의 혼란도가 높아졌고, 결국 교육부는 고교학점제 운영 전반에 대한 개선 방안을 발표하였다(교육부, 2025b). 이는 고교학점제가 단순한 제도 도입 차원을 넘어, 학교 현장에서 안정적으로 운영되기 위한 방안과 지원 체계에 대한 검토가 요구되고 있음을 시사한다.

## 2. 수강배정 관련 연구

국내에서 고등학교 교육과정 맥락에서 수강배정 문제가 해결해야 할 과제임을 지적한 연구는 다수 존재하였으나, 실제로 구체적인 해결방안을 제시한 연구는 제한적이었다. 이는 선택형 교육과정이 도입된 7차 교육과정 시기부터 2009 개정 교육과정 시기에는 선택과목의 수와 학생 선택의 범위가 비교적 제한적이어서, 수강배정 자체가 학교 운영의 핵심적인 난제로 부각되지 않았기 때문이다. 2015 개정 교육과정이 도입되면서 한국교육과정평가원이 운영하는 수강신청 시스템이 개발·보급되어 사용되고 있었으나, 만족도가 높지는 않았다(김성혜 외, 2021). 사용자들은 시스템의 성능을 개선한 고도화를 요구하고 있었으나 이를 개선하고자 하는 연구는 없었으며, 한국교육과정평가원에서 정책 추진에 맞춰 고도화를 추진하고 있었다.

이에 비해 다수의 학생과 다양한 과목, 그리고 한정된 강의실과 교수 자원을 동시에 고려해야 하는 대학교에서는 비교적 이른 시기부터 수강배정 및 시간표 작성 문제를 중요한 운영 과제로 인식하고, 이를 해결하기 위한 최적화 방안을 지속적으로 연구해 왔다. 대표적으로 유전알고리즘을 이용한 강의시간표 작성 시스템을 설계한 연구(강명주, 2011), 빅데이터를 활용하여 강의실 자동 배정 알고리즘의 개발한 연구(전상규 외, 2016), 넓은 캠퍼스에서 학생의 이동을 최소화할 수 있는 강의실 배정 시스템을 개발한

연구(이경수 외, 2017), 그리고 수리적 모델링을 통해 강의실 배정 문제를 해결하고자 한 연구(안남수, 2017) 등이 있다.

선행연구들을 종합하면, 수강배정 및 시간표 작성 문제에 대한 접근은 크게 수리적 접근과 확률적 접근으로 구분할 수 있다. 제약조건이 비교적 단순하여 해가 존재하는 경우에는 수리적 모델을 활용한 접근을 통해 해결을 한 반면, 복잡하거나 해가 존재하지 않는 경우는 최적 또는 준최적 해를 탐색하기 위한 확률적 접근이 주로 활용되었다(표 1).

<표 1> 수강배정 및 시간표 작성 시스템 개발 사례

접근법	연구 제목 및 저자	활용 영역
확률적 접근	유전알고리즘을 이용한 강의시간표 작성 시스템 설계(강명주, 2011)	강의시간표 작성
수리적 접근	빅데이터에 근거한 강의실 자동 배정 알고리즘 설계와 학사관리 시스템 적용사례(전상규 외, 2016)	강의실 배정
확률적 접근	유전 알고리즘을 이용한 강의 간 학생 이동을 최소화하는 강의실 배정(이경수, 2017)	강의시간표 작성
수리적 접근	수리적 모델링을 통한 강의실 배정문제 해법에 관한 연구(안남수, 2017)	강의실 배정

다만 대학교의 경우 수강신청이 선착순 방식으로 이뤄지는 특성상, 강의실 배정의 효율화나 학생 개인의 이동 동선을 최소화하는 시간표 작성에 연구의 초점이 맞춰져 있었다. 이로 인해 학생의 선택 결과를 과목과 분반에 배정해야 하는 고등학교의 수강배정 문제와는 구조적 차이가 존재하기 때문에 대학을 중심으로 개발된 모델을 고등학교에 그대로 적용하기에는 한계가 있다. 따라서 고교학점제와 같이 학생 선택이 교육과정 운영의 핵심 원리가 되는 환경에 적합한 수강배정 방안은 추가적인 연구가 요구되고 있었다(표 2).

<표 2> 대학과 고등학교의 수강배정 구조 비교

구분	대학교	고등학교
수강신청 방식	분반별 선착순 신청	일괄 수강신청
배정의 초점	강의실·교수 자원 배정	학생 선택 결과의 분반 배정
선택 실패 처리	미수강(재신청·대기)	미배정(선택과목 변경)
주요 제약조건	강의실 수, 교수 수	분반 수, 이동수업, 교사 시수, 과목당 담당교사 수
행정 책임 주체	개인 책임 비중 높음	학교 책임

### 3. 최적화 알고리즘

최적화 알고리즘(Optimization Algorithm)은 주어진 제약조건을 만족시키는 범위 내에서 목적 함수의 값을 최소 또는 최대화하는 해를 수학적으로 탐색하는 방법을 의미한

다(Hooker & van Hoesve, 2018). 목적 함수의 형태가 명확히 정의되는 경우에는 해석적 접근을 통해 미분 기반 방법이나 경사하강법과 같은 수치적 기법을 활용할 수 있다. 반면, 목적 함수의 형태를 명확히 정의하기 어렵거나 제약조건이 복잡한 경우에는 확률적 탐색 기법을 활용하여 최적 또는 준최적 해를 탐색하게 된다(Sachan & Singh, 2021).

확률적 탐색 기법에는 유전 알고리즘(Genetic Algorithm, GA), 개미 집단 최적화(Ant Colony Optimization, ACO), 입자 군집 최적화(Particle Swarm Optimization, PSO), 시뮬레이티드 어닝링(Simulated Annealing, SA)과 같은 방법이 있다. 복잡한 조합 문제에 널리 활용되어 왔으며, 특히 제약조건이 다수 존재하고 해의 존재 여부를 사전에 명확히 인지하기 어려운 경우, 확률적 접근은 탐색 범위를 유연하게 확장하면서 가장 현실적인 해를 도출하는 데 유용하다는 평가를 받고 있다(Sachan & Singh, 2021).

수강배정 문제는 분반 정원, 분반 수, 이동 수업 영역, 교사 중복 배정 방지 등 다수의 제약조건을 동시에 고려하면서, ‘미배정 선택의 수’와 같은 목적 함수의 값을 최소화하는 해를 찾는 조합최적화(Combinatorial Optimization) 문제로 이해할 수 있다. 즉, 수강배정은 가능한 모든 조합 중에서 교육과정 운영 측면에서 가장 합리적인 배정 결과를 도출하는 과정이며, 이를 위해 최적화 알고리즘을 활용한 수치적 접근이 요구된다(Hooker & van Hoesve, 2018).

조합최적화 문제를 해결하기 위해 다양한 최적화 알고리즘 엔진이 활용될 수 있으며 문제의 구조와 제약조건의 특성에 따라 서로 다른 접근이 적용된다. 본 연구 사례에서는 파이썬 환경에서 구현 가능한 최적화 도구를 중심으로 수강배정 문제 해결 가능성을 탐색하였다. 대표적으로 제약 기반 최적화에 강점을 지닌 Google OR-Tools(Google, 2024)와 확률적 탐색 기반의 유전 알고리즘 구현을 지원하는 DEAP 조합(Kim & Yoo, 2019) 등을 고려하고 있었다. <표 3>은 수강배정 문제 해결에 활용 가능한 주요 최적화 알고리즘 엔진의 특성을 정리한 것이다.

<표 3> 최적화 알고리즘 엔진의 특징

엔진	특징	활용 영역
Google OR-Tools	제약 기반, 빠른 탐색	수강배정, 이동수업 편성
Pyomo	수학적 모델 기반, 다양한 엔진과 연동 가능	논문, 복잡 모델링
IBM CPLEX	안전성이 높음, 스케줄링에 강점을 가짐	복잡한 시간표 작성
DEAP	유전 알고리즘 기반, 자유도가 높음, 튜닝이 필요함	형평성 균형 모델 개발

### Ⅲ. 연구 방법

#### 1. 연구 대상

본 연구의 주된 연구 대상 학교는 재외에 위치한 한국학교인 A학교이다. 재외 한국학교는 대한민국 교육부와 현지 국가의 교육부로부터 동시에 인가를 받아 운영되는 학교로, 초·중등 교육법에 근거하여 국내 교육과정을 준용한다. 이들 학교는 국내의 학교에 비해 상대적으로 높은 수준의 교육과정 자율성을 보장받고 있으나, 교육과정 편성 및 운영 전반에 있어 국내 학교와 동일한 국가 교육과정 기준을 준수해야 하며, 그 이행 여부에 대해 교육부의 관리·감독을 받는다. 또한 국가교육정보시스템(NEIS)을 통해 교육과정이 운영되고 있다는 점에서 제도적 차원에서는 국내 학교와 동일한 행정 체계를 따른다.

A학교는 2020년 재외 한국학교 중 최초로 학생 선택 중심 교육과정을 도입하였으며, 이후 선택 과목 수와 학생의 선택 범위를 지속적으로 확대해 왔다. 2025년 현재에는 고교학점제를 운영하고 있으며, 학년당 5학급으로 편성, 학년별 학생 수는 155명에서 165명 수준이다. 이는 재외교육기관 중 비교적 큰 규모에 해당된다. A학교는 학생 선택 중심 교육과정 확대를 위해 학교 지정 이수 학점을 점진적으로 축소하고 학생 선택 이수 학점을 확대해 왔다. 2015 개정 교육과정에 따른 학년도별 선택 과목 및 이수 학점 현황은 <표 4>과 같다.

<표 4> 학년도별 선택 과목 및 이수 학점 현황(2015 개정 교육과정 운영)

학년도	학년	선택교의 수	학기별 선택과목 수와 학생 선택 수	선택 이수 학점
2021 ~2022	2	2	9과목 중 2과목 선택/ 11과목 중 3과목 선택	18
	3	2	10과목 중 2과목 선택/ 18과목 중 6과목 선택	30
2023 ~2024	2	2	10과목 중 2과목 선택/ 14과목 중 4과목 선택	22
	3	2	11과목 중 2과목 선택/ 19과목 중 6과목 선택	30
2025	2	1	23과목 중 6과목 선택	24
	3	1	26과목 중 8과목 선택	32

A학교를 연구 대상으로 선정한 이유는, 수강배정 업무를 수행하는 과정에서 학교의 교육과정 운영 맥락에 따라 기능을 유연하게 수정·확장할 수 있는 시스템의 필요성을 인식하고, 이에 따라 자체 수강배정 시스템 개발에 지속적인 노력을 기울여 왔기 때문이다. 또한 A학교는 해외에 소재하여 국내 사설 업체의 서비스를 안정적으로 활용하는데 현실적인 제약이 있어, 학교 내부의 역량만으로 자체 시스템을 개발·운영해 왔다는 점도 중요한 선정 이유였다. 특히 수강배정 문제 해결을 위해 수년에 걸쳐 학교 구성원들

이 지속적으로 논의하고 다양한 해결 방안을 실제로 적용해 왔다는 점에서, 수강배정이 고교학점제 운영에서 갖는 의미와 시스템의 개발 과정을 심층적으로 분석할 수 있는 사례로 판단하였다. 더불어 연구자가 해당 학교의 교육과정 운영에 직접 참여한 구성원이어서 교육과정과 관련된 자료를 확보하고 심층적으로 분석할 수 있다는 점이 본 연구 수행의 타당성을 높일 수 있는 요인임을 고려하였다.

또한 본 연구에서는 A학교에서 개발한 최적화 알고리즘 기반 수강배정 시스템의 적용 가능성을 검토하기 위해, 추가로 국내 일반계 고등학교인 B학교와 재외교육기관인 C학교를 연구 대상에 포함하였다. B학교는 학년당 8학급 규모의 중대형 일반계 고등학교, 국가 수준 교육과정의 변화에 따라 선택형 교육과정을 도입·운영해 왔으며, 현재는 사설 업체의 수강배정 시스템을 활용하고 있다. B학교는 국내 일반계 고등학교 중 가장 일반적인 유형에 해당하는 사례로 판단되어 연구 대상으로 선정하였다.

C학교는 학년당 학생 수가 57명에서 60명 수준의 소규모 재외교육기관으로, 교원 수급 여건의 제약으로 인해 선택형 교육과정 운영 경험이 상대적으로 제한적인 학교이다. 고교학점제의 전면 도입에 따라 선택형 교육과정을 도입하였으나, 수강배정 시스템을 별도로 활용한 경험은 없는 상황이었다. 학생 수강신청 자료는 설문지를 통해 수집되었으며, 수강배정 방식에 대한 명확한 기준이나 절차가 아직 확립되지 않은 상태였다. 이러한 상황에서 C학교는 수강배정 결과를 통한 교육과정 관련 의사결정 경험이 부족한 사례로, 수강배정 시스템을 실제로 적용함으로써 그 효용성과 시사점을 탐색하기에 적합한 연구 대상으로 판단하였다.

각 연구 대상 학교의 교육과정 편성안을 분석하여 학생 선택에 대한 개방 정도를 분류하였다. 이러한 분류는 고교학점제에서 학생 선택권이 확대될수록 수강배정 및 시간표 편성과 관련된 행정적 복잡성과 제약 조건이 증가한다는 선행연구 및 정책보고서의 논의에 근거(김영은 외, 2023; 교육부, 2021)하여, 연구자 2인과 전문가 1인의 협의를 통해 기준을 설정하였다. 기준은 단순히 선택 이수 학점의 비중만 고려하는 것이 아니라, 학생이 선택해야 하는 과목 수 대비 선택 과목군에서 제공되는 과목 수도 함께 고려하도록 하였다. 구체적으로 학기별 총 이수 학점 대비 선택 이수 학점의 비율이 60% 이상인 경우를 ‘매우 개방적’, 40% 이상 60% 미만인 경우를 ‘개방적’, 40% 미만인 경우를 ‘일부 개방적’으로 1차 구분하였다. 이후 선택 과목군에서 제공되는 과목 수가 학생이 선택해야 하는 과목 수의 3배 이상인 경우에는 1차의 구분을 유지하고, 그보다 낮은 경우에는 한 단계 낮은 개방 수준으로 재분류하였다. 연구 대상 학교는 모두 선택 과목을 4학점으로 운영하고 있어서 학점의 수가 곧 학생이 구성할 수 있는 선택 조합의 수 증가를 의미했기에 1차 기준으로 결정하였다. 개방 정도는 수강배정 문제의 상대적 난이도를 판단하기 위한 분석적 지표로 활용하였다. 분석 결과, A학교는 ‘매우 개방적’ 수

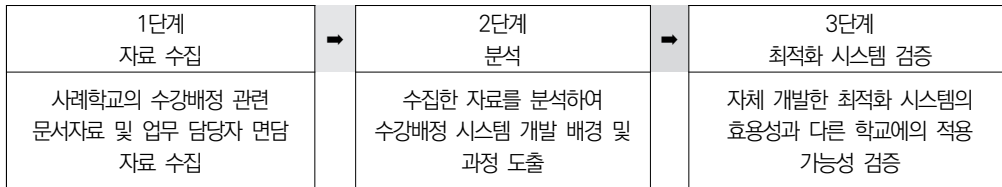
준이었으며, B학교와 C학교는 ‘개방적’ 수준으로 분류되었다(표 5).

<표 5> 연구 대상 학교 현황(2025년 9월 현재, 2015 개정 교육과정 기준)

구분	학년	학급 수	학생 수(학급당 학생 수)	학생 선택 개방 정도	수강배정 시스템 사용 현황
H학교	2	5	165(33)	매우 개방적	최적화 알고리즘을 적용한 자체 개발 시스템
	3	5	155(31)	매우 개방적	
C고등학교	2	8	226(28)	개방적	사설업체 시스템
	3	8	218(27)	개방적	
B학교	2	3	57(19)	개방적	사용하는 시스템 없음
	3	3	60(20)	개방적	

## 2. 연구 과정

본 연구는 고교학점제 운영 맥락에서 수강배정 시스템의 개발 배경 및 과정을 탐색하고, 사례학교에서 개발한 최적화 알고리즘 기반 수강배정 시스템의 효용성과 적용 가능성을 검증하기 위해, 문서 분석·면담·시스템 결과 비교를 결합한 사례연구로 설계하였다. 연구 과정은 자료 수집, 분석, 최적화 시스템 검증의 3단계로 구성하였다(그림 1).



[그림 1] 연구 과정

### 가. 자료 수집

A학교에서 수집한 문서 자료는 2021학년도부터 2026학년도까지의 교육과정 편성표, 교육과정위원회 협의록, 2021학년도 1학기부터 2026학년도 1학기까지의 학생 수강신청 현황 및 수강배정 자료였다. 학생 수강신청 현황 자료는 담임교사 중심의 진로·학업 설계 지도가 진행되는 과정에서 수강신청 과정을 거쳐 수집된 자료였다. 7월에 진행된 2차 수강신청 결과를 바탕으로 개설기준 인원 미달로 인한 폐강된 과목을 결정하고, 이 과목을 선택한 학생의 수강신청을 변경한 결과까지를 포함하고 있었다. 즉 수강배정을 하기 전 최종 자료였다.

이러한 수강신청 자료에는 학생 지도 과정이 일정 부분 반영되었을 가능성이 있으나, 교육과정 편제에 포함된 과목 중 일부를 제외한 대부분의 과목이 실제로 개설되고 있었다는 점에서, 운영 가능한 교원 수와 과목 수에 고려하여 학생의 선택을 광범위하게 제

한하거나 인위적으로 유도하는 수준의 개입은 제한적인 수준에 머무른 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 이를 학교 현장에서 실제로 수강배정에 활용하는 현실적 입력 자료로 간주하였다. 최종 수강배정 결과 자료는 해당 수강신청 현황을 입력값으로 하여 수강배정을 수행한 결과였고, 미배정 선택이 그대로 남아 있는 자료였다. 학생들의 선택을 추가로 변경하여 미배정 선택이 발생하지 않도록 조정된 자료는 수집하지 않았다. 2024학년도 2학기부터 2026학년도 1학기까지의 수강배정 결과 자료는 한국교육과정평가원의 수강신청 시스템 자료와 자체 개발한 최적화 시스템이 자료를 같이 수집하여 두 결과를 비교할 수 있도록 하였다. 한국교육과정평가원 수강신청 시스템의 자료는 동일한 학생 수강신청 데이터로 2~3차례 수강배정을 한 후, 최종본을 도출하고 있어, 중간 결과와 최종 결과를 확인하기 위해 사이트에서 모든 차례의 결과를 확보하였다. 모든 자료의 형태는 엑셀 파일이었다.

A학교에서 직접 개발한 엑셀기반 시스템과 최적화 시스템의 원본 실행파일은 .xlsx, .ipynb의 형태로 수집하였다. 또한 수강배정 업무 담당자와의 면담을 통해, 수강배정 업무 수행에 소요되는 시간, 업무의 곤란도 등에 대한 질적 자료를 수집하였다(표 6). 자체적으로 개발한 최적화 수강배정 시스템의 개발 과정을 파악할 수 있는 자료도 추가로 확보하였다(표 7).

<표 6> A학교 수강배정 업무 담당자에 대한 기초자료 및 면담 차수

년도	담당 과목	전년도 업무	수강배정 업무 경험유무	사용 시스템	면담 차수 및 일시
2021~2022	수학	담임	○	엑셀기반 시스템	2차(2021.2.25., 2022. 9.12.)
2023	수학	교육과정	○	엑셀기반 시스템	1차(2023.9.12.)
2024	과학	대외교류	X	한국교육과정평가원 수강신청시스템	2차(2024.5.12., 2024. 9.11.)
2025	음악	담임	X	한국교육과정평가원 수강신청시스템, 최적화 시스템	2차(2025.5.12., 2025.9.22.)

한편, B학교에서는 A학교의 최적화 수강배정 시스템의 결과와 비교하기 위해 2025학년도 2학기 학생 수강신청 현황과 사설 업체의 시스템에서 도출한 수강배정 결과를 확보하였다. 연구가 진행된 시점에서 2026학년도 1학기 수강배정이 진행되고 있지 않아 가장 최근 자료인 2025학년도 2학기 자료를 수집하였다. B학교는 업무 담당자가 수작업으로 최적화를 진행하고 있었기 때문에, 담당자가 완성한 최종 결과 파일과 수강배정 업무의 난이도 및 업무 과정에 대한 면담 자료를 함께 수집하였다. 마지막으로 동일한 수강신청에 대하여 A학교의 최적화 시스템에서 도출한 수강배정 결과를 수집하였다.

C학교의 경우는 2026학년도 1학기의 수강배정 작업이 진행되고 있었기 때문에, 2026학년도 1학기 학생 수강신청 현황과 A학교의 최적화 시스템을 활용한 수강배정 결

과를 수집하였다. C학교는 사용할 수강배정 시스템을 결정하지 못한 상황에서 A학교의 최적화 시스템 결과를 이용하여 수강배정을 확정하였기 때문에 자체 수강배정 결과는 없었다. 또한 수강배정 결과와 피드백 자료에 기반한 의사결정 과정에 대한 자료를 추가로 확보하였다. 모든 자료는 학생의 반, 번호, 이름 등 개인정보를 완전히 삭제한 상태였다.

<표 7> 수집한 자료 목록

구분	교육과정 편성표	학생 수강신청 현황 및 수강배정 결과	기타 자료(수집 일시)
A학교	2021학년도 ~ 2026학년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021학년도 1학기 ~ 2026학년도 1학기 학생 수강신청 현황</li> <li>• 2021학년도 1학기 ~ 2024학년도 1학기까지의 엑셀기반 시스템 수강배정 결과</li> <li>• 2024학년도 2학기 ~ 2026학년도 1학기까지의 한국교육평가원 수강신청 시스템 수강배정 결과</li> <li>• 2025학년도 1학기 ~ 2026학년도 1학기까지의 자체 개발한 최적화 시스템 수강배정 결과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 ~ 2025년 업무 담당자 면담 자료</li> <li>• 교육과정위원회 협의록</li> <li>• 2021년 ~ 2025년 업무분장안</li> <li>• KIS Kaggle 운영계획 및 결과 자료</li> </ul>
B학교	2025학년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2025학년도 2학기 학생 수강신청 현황</li> <li>• 2025학년도 2학기 사설 업체 수강배정 결과 및 업무 담당자가 작성한 최종 결과</li> <li>• A학교의 최적화 시스템의 수강배정 결과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2025년 업무 담당자 면담 자료(2025.10.22.)</li> </ul>
C학교	2025학년도~ 2026학년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2026학년도 1학기 학생 수강신청 현황</li> <li>• A학교의 최적화 시스템의 수강배정 결과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 결과와 피드백에 따른 의사결정 과정과 결과 (2025.10.10.)</li> </ul>

### 나. 자료 분석

수집한 자료를 분석하여 학생 선택 중심 교육과정의 운영 과정에서 수강배정을 위한 시스템의 개발 배경과 과정을 도출하였다. 본 연구에 참여한 연구자 2명은 자료의 분석을, 외부 전문가 1명은 분석 결과의 타당성 검증을 수행하였다. 연구자와 외부 전문가는 교육과정 행정 업무를 담당하는 경험이 있으며, 2015 개정 교육과정과 2022 개정 교육과정을 현장에 적용하는 교육과정 업무를 담당했다. 또한 수강배정 시스템을 개발한 경험이 있었다. 분석 절차는 다음과 같다.

질적 연구에서 복수 연구자의 독립적 분석과 범주화를 통해 자료 해석의 신뢰도를 확보하는 일반적인 방법(김영천, 2016)에 따라, 먼저 연구자 2인이 독립적으로 수집한 자료를 반복적으로 검토하여 수강배정과 관련된 의미 있는 내용을 도출한 후, 이를 학생 측면, 교육과정<sup>2)</sup> 운영 측면, 교육과정 편성 측면으로 범주화하였다. 이후 분류한 내용을 여러 차례 교차 검증하여 내용 타당도를 확보하였다. 범주에 따른 분류 결과를 토대로 일반화한 결론을 도출하였으며, 그 과정에서 해석의 오류 여부와 과도한 일반화의 가능성을 반복적으로 검토하였다. 이를 통해 최종 결론을 확정하였다. 마지막 단계로 최종 결론과 근거를 외부 전문가 1인에게 검토 의뢰하여 오류 여부를 확인하였다. 외부 전문

2) 본 연구의 논의의 결과에서 제시하고 있는 교육과정은 '학교교육과정'으로 한정한다.

가 1인의 추가 검토 과정을 통해 타당도와 신뢰도를 높이고자 하였다.

#### 다. 최적화 시스템 검증

A학교에서 개발한 수강배정 최적화 시스템(이하 최적화 시스템)의 정확성과 효용성을 검증하기 위해, 한국교육과정평가원 수강신청 시스템의 결과와 최적화 시스템의 결과를 A학교의 2025학년도 1학기부터 2026학년도 2학기까지, 3개 학기에 걸쳐 비교·분석하였다. 비교 항목은 시스템 운영에 필요한 업무 담당자의 전문성 수준, 정확도, 수행 시간의 세 가지였다. 정확도는 두 시스템에서 도출한 미배정 선택의 수를 기준으로 비교하였다. 여기서 미배정 선택의 수는 학생의 선택이 교육과정 운영 과정에서 실현되지 못한 정도를 나타내는 지표로, 수강배정 결과의 교육과정적 타당성을 판단하기 위한 핵심 준거로 활용하였다. 수행 시간은 각종 자료의 입력시간을 제외하고, 시스템이 결과를 산출하는 데 소요된 시간과 면담을 통해 확보한 업무 담당자가 추가로 투입하는 시간을 분석하여, 업무 수행에 필요한 총 시간을 산출하여 비교하였다. 또한 시스템 운영 과정에 대한 기록 자료와 담당자 면담 자료를 분석하여, 업무 담당자에게 요구되는 교육과정 관련 전문성의 수준을 파악하였다.

아울러, 최적화 시스템의 다른 학교 적용 가능성을 확인하기 위해 B학교와 C학교의 수강배정 결과를 분석하였다. C학교는 별도의 수강배정 시스템을 사용하지 않았기 때문에 최적화 시스템의 결과를 중심으로 분석하였으며, 신속한 시뮬레이션 자료의 도출이 학교 의사결정에 미치는 영향을 탐색하였다. 반면, B고등학교의 경우는 사설업체의 수강배정 시스템을 사용하고 있었으므로, 사설업체 시스템을 거쳐 담당자가 수작업으로 완성한 결과와 최적화 시스템의 결과를 비교하여 확장 가능성을 살펴보았다.

### 3. A학교 개발 수강배정 최적화 시스템

A학교에서 개발한 수강배정 최적화 시스템은 파이썬(Python) 언어 환경에서 구현되었다. 개발 환경으로는 사용자 주도의 수정과 확장이 용이하며, 별도의 설치 과정 없이 온라인에서 접근이 가능한 Google Colaboratory(Colab)를 활용하였다. 이는 단위 학교 차원에서 시스템을 지속적으로 수정·보완하며 활용할 수 있도록 하기 위한 선택이었다.

수강배정 최적화 문제를 해결하기 위해 Google OR-Tool(Google, 2024)을 기반으로 한 최적화 알고리즘을 주로 적용하였으며, 제약 조건이 복잡하여 최적 해를 도출하기 어려운 경우에는 진화 알고리즘 기반의 DEAP 모델을 보조적으로 활용하였다. 또한 실제 학교 현장에서 과도한 연산 시간으로 인한 활용상의 어려움을 방지하기 위해, 최적화 연

산은 5분 이내에서 수행하도록 제한하고, 해당 시간 동안 도출된 최선의 해를 결과로 출력하도록 설계하였다.

시스템은 학교별 운영 맥락에 따라 배정 기준을 조정할 수 있도록 설계되었으며, 이 동수업군당 최대 배정 가능 과목 수, 분반 기준 인원, 미배정 선택의 최소화 우선 여부, 동일 이동수업군 내 동일 과목 중복 배치 제한 우선 여부 등의 주요 조건을 사용자가 선택적으로 설정할 수 있도록 하였다. 이를 통해 업무 담당자가 별도의 프로그래밍 수정 없이도 수강배정 조건을 조정하고 결과를 확인할 수 있도록 하여, 실제 교육과정 운영에서의 활용 가능성을 높이고자 하였다.

## IV. 연구 결과

### 1. 수강배정 시스템의 개발 배경과 과정

#### 가. 수강배정 시스템의 개발 배경

A학교에서 수집한 문서 자료에서 수강배정과 관련된 내용을 추출하여 정리한 기초자료는 <표 8>와 같다. 연구자 2인이 각자 추출한 내용을 교차 검증하여 최종적으로 기초 자료를 확정하였다.

<표 8> A학교의 문서 자료에서 추출한 수강배정 관련 내용

추출한 수강배정 관련 내용	
교육과정위원회 협의록	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수강신청 결과를 바탕으로 분반을 우선 확정하였으나, 수강배정 결과에 따라 분반 수가 조정될 가능성이 있으므로 수강배정 결과가 신속히 확정될 필요가 있음</li> <li>• 수강배정 결과에 따라 확정된 분반의 수가 변경되지 않는 범위에서 학생의 수강 변경 요청을 제한적으로 수용함</li> <li>• 미배정 선택이 발생한 학생에게 이동수업 과목의 배정 현황을 함께 안내하고, 새로 이수과목을 설계해야 하는 상황이므로 모든 선택 과목의 변경을 허용함</li> <li>• 미배정 선택이 발생한 학생이 유사한 과목을 이수할 수 있도록 최대한 다양한 과목을 개설하는 것이 수강배정의 문제를 우회적으로 해결하는 방법임</li> <li>• 수강배정 결과를 교과 대표에게 공유하여 교과별 시수표를 작성해야 함</li> <li>• 교과별 시수표 작성 시, 수강배정 결과가 한 과목에 두 명 이상의 교사가 동시에 투입되어야 하는 경우는 교과에서 수용해야 함</li> <li>• 교과별 시수표가 작성 완료된 이후에는 담당 교사를 학생들이 인지할 수 있는 상태이므로 선택 과목 변경이 불가능하다고 규정을 만드는 것이 필요함</li> <li>• 수강배정과 시간표 작성의 어려움이 점점 커지고 있는 상황에서, 교육과정 편성에 있어 선택이 수 학점을 줄이고 공통이수 학점을 확대하는 방향으로 수정할 필요가 있다는 의견이 다수 제기됨.</li> <li>• 미배정 선택이 발생한 학생 비율이 점차 높아지고 있어, 교육과정 편성을 수정해야 한다는 의견이 제기되고 있으며, 동의하는 교사의 수도 많아지고 있음</li> </ul>

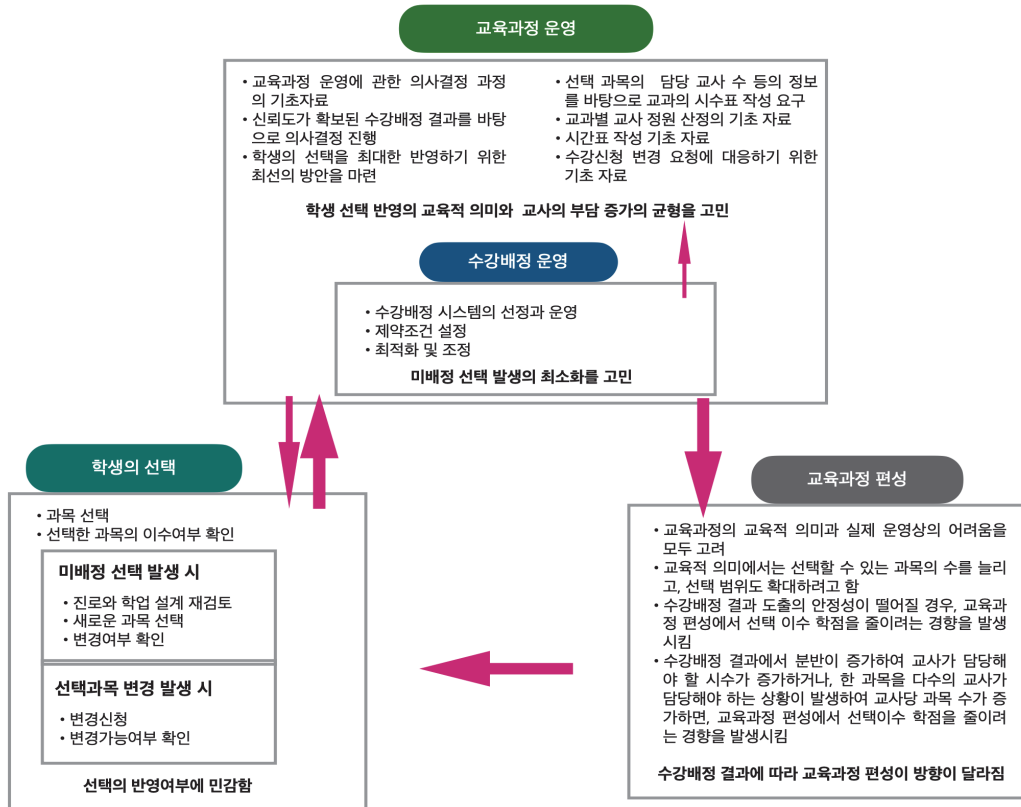
추출한 수강배정 관련 내용	
업무 분장안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선택 중심 교육과정에서 학생이 원하는 과목을 수강하지 못하는 상황은 교육과정의 안정적 운영이란 측면에서 매우 치명적임</li> <li>• 외국어 선택군의 경우, 한 분반만 개설되는 과목은 이동수업 군에 한 번만 배치될 수 밖에 없고, 같은 이동수업 군에 배치된 2과목을 선택한 학생은 미배정이 됨. 따라서 선택군을 통합하는 것이 수강배정의 효율성 향상에는 도움이 될 것으로 보임</li> <li>• 수강배정 업무를 담당할 교사는 역셀을 능숙하게 다룰 수 있고 교육과정 구조를 충분히 이해할 수 있는 교사가 맡아야 함</li> <li>• 전적으로 개인의 능력에 의존하고 있는데, 전혀 모르는 교사가 업무를 수행한다는 것이 가능할지 고민스러움</li> <li>• 수강배정과 시간표는 결과를 산출하지 못하면 학교 운영 자체가 어려운 상황에 빠지게 되는 핵심 행정이므로, 단순히 '되겠지'하는 접근은 지양해야 함</li> <li>• 2년간 담당한 교사를 순환의 원칙에 따라 재배치해야 하지만, 업무에 적합한 교사가 별로 없는 상황에서 순환의 원칙을 지켜야 하는 것에 대한 고민이 필요해 보임</li> <li>• 수강배정 업무를 도와줄 수 있는 교사를 옆자리에 배치한다면 업무 수행이 가능하지 않을까 생각해 봄</li> <li>• 적어도 두 명의 교사가 업무를 수행할 수 있어야 순환의 원칙에 따른 공백을 매울 수 있는데 현재 학교 사정이 여의치 못함</li> <li>• 엑셀에 능통한 교사가 수학과인 경우가 많아 수학과만 수강배정 및 시간표 업무를 담당하게 한다는 수학과와의 이의 제기가 있었음</li> </ul>
기타 자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수강신청을 위한 담임교사의 상담과 교과교사의 교과설명회를 진행하였음. 학생들이 '어려운 과목을 회피하지 않도록 지도하고, 학생 요구를 최대한 수용할 수 있는 수강배정 결과를 도출할 수 있는 시스템의 정비'가 필요함</li> <li>• 1년 단위의 수강신청을 받았기 때문에 2학기 수강배정을 별도로 진행하지 않고 1학기만 우선 개설한 상태임. 이에 따라 2학기 수강변경 시 혼선이 발생하고 있으나, 수강배정 업무의 난이도가 높아 담당자에게 2학기까지 병행하도록 요구하기 어려운 상황임</li> <li>• 수강배정과 시간표 작업에서 미배정 선택이 발생한 학생에 대한 부담감, 연강이 너무 많은 시간표를 배정받은 교사의 민원으로 담당자의 업무 긴장도가 매우 높음. 이와 관련하여 최선의 결과임을 구성원에게 공유하고, 양해를 구하는 과정이 필요함</li> </ul>

추출한 기초 자료를 분석하여 학생 측면, 교육과정 운영 측면, 교육과정 편성 측면으로 분류하고, 세 가지 측면에 서로에게 주는 영향들을 분석하였다. 분석한 결과는 [그림 2]와 같다.

A학교에서 수강배정은 교육과정의 운영과 확정을 위한 핵심 과정으로 기능하고 있었다. 교육과정 편성이 과목과 학점의 배치라면, 교육과정의 운영과 확정은 학생들의 수강신청을 기반으로 과목별 분반 수를 결정하고, 이동 수업을 위하여 분반을 배치하고, 각 분반을 담당할 교과 교사를 선정하여, 시수표와 시간표를 도출하는 일련의 절차로 구성되어 있었다. 본 사례에서는 이 모든 운영 과정에서의 의사결정 기준이 수강배정 결과로 수렴되고 있었으며, 수강배정은 교육과정 운영 전반을 매개하는 핵심 기제로 작동하고 있었다.

수강배정이 의사결정의 기준이 되는 대표적인 예로는 분반 수의 확정이 있었다. 일반적으로 학교는 학생 수강신청 현황을 토대로 폐강 기준과 분반 기준에 따라 분반 수를 확정한다고 알려져 있으나, 실제 운영에서는 학생의 선택권을 보장하기 위해 수강배정 결과에 따라 분반 수를 조정하는 의사결정이 이뤄지는 경우도 있었다. 따라서 분반 수의

최종적인 확정은 수강배정 결과를 확인하고 학생을 위한 최선의 기준을 결정한 후 이뤄지는 것이 일반적이었다.



[그림 2] A학교의 자료를 분석하여 도출한 수강배정 운영 맥락과 시스템 개발 필요 요인

교사들의 입장에서 어떤 과목을 담당할지를 결정하기 위해서는 수강배정 결과가 반영된 이동수업 분반 배치 현황을 반드시 확인해야 했다. 예를 들어 4개의 분반이 개설된 과목의 경우 통상 한 명의 교사가 담당하지만(4학점의 경우 총 16학점으로 학기당 교사 1인의 기준 시수 범위에 해당됨), 하나의 이동수업 영역에 두 개의 분반이 동시에 배치된다면 같은 과목을 담당하는 교사 두 명이 필요한 것이 대표적이었다. 학교는 가급적이면 이동수업 영역에 동일한 과목이 배치되지 않도록 조정하지만, 미배정 선택을 줄이기 위해 부득이하게 동시 배치가 이뤄지는 경우도 있었다. 결국 고교학점제에서 논의되는 ‘다교과 지도’의 문제는 선택 과목 확대라는 구조적인 원인뿐 아니라, 수강배정 결과에 따른 분반 배치 방식에서도 비롯되고 있었다. 즉, 다교과 지도 문제 역시 수강배정 운영의 결과와 깊게 연계된 구조적 현상이었다.

학생의 측면에서 보면, 수강배정 결과는 자신이 선택한 과목을 실제로 이수할 수 있

는지를 확인하는 자료였다. 미배정 선택이 발생할 경우, 학생은 다른 과목을 선택해야 하고, 자신의 진로에 기반한 학업 계획을 수정해야 하는 상황으로 이어졌다. A학교는 이러한 점을 고려하여, 미배정 선택이 있는 학생에게 이동수업 배치 현황을 안내하고, 모든 선택 과목의 변경을 허용하였다. 또한 분반 기준 인원을 다소 초과하더라도 학생 피해를 최소화하기 위해 추가 배정을 허용하였다. 미배정 선택은 단순한 행정상의 결과가 아니라 학생의 학습권, 진로 선택권과 직결되는 문제로 학교가 인식하고 있으며, 그만큼 책임감과 부담감을 느끼는 행정 업무였다.

A학교의 2021학년도부터 2024학년도 1학기까지 매우 낮은 수준의 미배정 선택 비율을 유지하였다. 5개 학기 동안 평균 2~4건, 선택 수가 적은 선택군에서도 최대 8건의 미배정 선택이 발생하는 수준이었다. 8건의 미배정 선택은 선택군 내 과목 편성이 제한적이어서 발생한 불가피한 경우로 판단하고 있었고, 이에 따라 학생들에게 선택 과목의 변경을 요청하는 방식으로 미배정 선택을 최종적으로 정리하고 있었다. 수강배정 결과에 대해 학생과 학부모, 교사 모두 비교적 최선의 결과로 수용하고 신뢰하는 양상을 보였으며, 이는 선택 중심 교육과정 운영의 안정성을 높이고 교육과정 편성에 대한 보다 개방적 논의를 가능하게 하는 요인으로 작용하였다. 하지만 이는 담당 교사의 높은 숙련도와 반복적인 수작업에 크게 의존한 결과였으며, 지속가능성에 대한 우려가 꾸준히 제기되고 있었다.

수강배정 업무를 담당하는 교사들의 능력이 마치 인공지능과 같은 것 같습니다. 엑셀로 작업하는데 이렇게 해내는 것이 대단하고, 최선의 배정 결과를 도출했다고 생각합니다. 능력자가 있어서 정말 다행이라고 생각합니다. 학생과 학부모도 최선의 노력을 하고 있음을 인정하고 있어, 교육과정에 대한 높은 신뢰를 보내고 있어 학교 운영이 원활한 상황입니다. <2023년 1차 교육과정위원회 중 A학교장의 발언>

한편, A학교는 2021년부터 매년 선택과목 및 학점을 확대하기 위해 노력하였고, 그 결과 발생한 수강배정 업무의 어려움과 미배정 선택의 비율 증가는 교육과정 편성에 직접적인 영향을 미쳤다. 기존에는 교육과정위원회의 논의에서는 학생 선택 학점과 선택 과목 수를 확대하는 방향이 지속적으로 검토되었으나, 2024학년도 2학기를 기점으로 미배정 선택이 증가하고 그 추세가 2025학년도까지 이어지면서, 선택 확대 논의는 중단되고 학교 지정 이수 학점을 확대해야 한다는 의견이 증가하였다. 이는 선택과목과 학점 확대가 지속되면서 이러한 방식으로는 수강배정 업무를 안정적으로 유지하기 어렵다는 인식이 확대된 결과이다. 즉 교육과정위원회에서의 논의는 운영 과정에서 발생한 수강배정의 불안정성이 교육과정 편성 기조를 보수화하는 방향으로 작용할 수 있음을 보여주는 사례로, 수강배정이 교육과정 운영을 넘어 교육과정 편성에까지 영향을 미치는 순

환 구조임을 드러냄과 동시에 수강배정 시스템의 정교화가 중요한 과제를 학교 구성원들이 다시 인지하게 되었음을 시사한다.

수강배정과 시간표 편성 작업의 난이도가 너무 높아졌습니다. 학생들의 선택권을 확대하는 것도 중요하지만 원활한 운영 가능성을 확보하는 것도 중요합니다. 2026학년도 교육과정 편성안은 다시 학교 지정 과목을 늘리는 것에 대해 논의를 했으면 합니다. 학교 지정 과목을 선택과목의 이동수업에 포함시켜 운영하면 미배정 선택을 줄일 수 있으므로 교육과정 편성의 수정을 검토할 필요가 있습니다. <A학교 2025학년도 1차 교육과정위원회 회의 중 교육과정부장의 발언>

결국 수강배정은 단순한 행정 업무를 넘어, 교육과정의 운영의 안정성을 전제로 교육과정 편성의 방향을 매개하는 핵심 요인이었다. 동시에, 담당 교사의 경험과 역량에 과도하게 의존하는 기존의 수강배정 방식으로는 선택 중심 교육과정의 지속적인 확대를 감당하기 어렵다는 한계를 분명히 드러냈다. 이러한 문제의식은 수강배정 업무를 보다 체계적이고 안정적으로 지원할 수 있는 새로운 방식, 즉 최적화 알고리즘 기반 수강배정 시스템을 개발하게 된 직접적인 배경이 되었다.

#### 나. 수강배정 시스템 개발 과정

수강배정 시스템의 개발 과정은 수강배정 업무를 담당하는 교사의 교체와 시기적으로 밀접하게 관련을 맺고 있었다. 이는 학교의 수강배정 시스템이 사전에 계획된 구조적 전환이 아니라, 담당자의 경험과 역량에 맞춰 조정된 결과임을 시사했다. 이를 확인하기 위해 각 시기별 시스템의 특성과 운영 방식을 분석하였다.

##### (1) 엑셀 기반 수강배정 시스템의 개발과 운영(2021년-2023년)

2021년부터 2023년까지 사용한 시스템은 엑셀 프로그램의 함수, 수식, 참조 등을 활용하여 업무 담당 교사가 직접 개발한 프로그램이었다. 담당자는 수강배정 과정의 핵심이 ‘이동수업에 어떤 과목 분반을 배치할 것인가?’임을 인식하고 초기 배치 후, 분반 배치를 수정하면 결과가 자동으로 갱신되는 구조로 프로그램을 설계하였다. 이 시스템은 담당자가 반복적으로 분반 배치를 조정하면서 미배정이 발생하지 않는 최적의 조합을 탐색하는 방식으로 운영되었다. 이 시스템의 성능은 담당자의 역량에 크게 의존하였다. 교육과정 편성에 대한 이해도와 엑셀 활용 능력이 높을수록 작업 시간은 단축되고, 결과의 정확도도 향상되었다. 그 결과 2021학년도 1학기부터 2024년 1학기까지 한 학기 평균 2-4건, 최대 8건의 미배정만 발생하는 높은 정확도를 유지하였다. 즉 이 시기의 시스템은 담당 교사의 개인 역량이 시스템의 품질을 결정짓는 구조였다. 이는 수강배정의

정확도가 시스템 자체보다 담당 교사의 전문성에 의존하고 있었음을 보여준다.

## (2) 한국교육과정평가원의 수강신청 시스템으로의 전환(2024)

2023년에 담당 교사가 변경되었지만 교육과정 편성 업무를 담당하던 교사였기 때문에 별다른 어려움없이 시스템을 운영하였다. 일부 함수와 참조를 변경하여 효율성을 높이기도 하였다. 그러나 2024년에 업무 담당자가 다시 교체되었고, 새로운 담당 교사는 기존 엑셀 시스템에 대한 이해가 부족하였다. 교육과정부 내부 논의 결과, 복잡한 구조를 이해하는데 한계가 있고, 유경험자를 더 이상 확보하기 어렵다는 판단에 따라 한국교육과정평가원의 수강신청 시스템으로 전환하기로 결정하였다. 이 시스템은 복잡한 알고리즘을 사용자가 이해할 필요가 없으며, 학교의 기본 정보를 입력하고, 수강신청 자료를 업로드하면 자동으로 수강배정 결과를 생성했다. 그러나 결과의 정확도를 높이기 위해 여러 차례 반복 작업과 수작업 보정이 필요했고, 최종 결과를 확정하는데 약 일주일의 시간이 소요되었다. 그럼에도 불구하고 이 시스템은 업무 진입 장벽을 낮추었다는 점에서 긍정적인 평가를 받았다. 즉, 한국교육과정평가원의 수강신청 시스템은 수강배정 업무의 접근성 개선했으나, 결과의 신뢰성과 운영 효율성은 충분히 확보하지 못한 것으로 나타났다.

정확도는 확실히 낮지만, 이전의 엑셀파일을 이해하고 사용하기에는 너무 어려움이 커요. 업무라는 측면에서 어려운 시스템을 이해하라고 하는 것도 불가능하구요. 원해서 업무를 맡지 않는 경우도 있어서 더 어렵죠. 그래서 정확도는 낮지만 교육부 시스템을 사용할 수 밖에 없는 거죠. 아쉬움이 크지만 현실적인 벽은 어쩔 수 없어요. 이 작업도 일주일동안 다른 것은 안 하고, 수작업으로 미배정만 해결하고 있는데. 조금이라도 줄이고 싶어서 계속 하지만, 쉽지 않네요. <A학교의 2024년 업무 담당자와의 면담 자료>

## (3) 최적화 알고리즘 기반 시스템의 개발(2025)

한국교육과정평가원의 수강신청 프로그램을 사용하면서 미배정 선택 수가 이전의 엑셀기반 시스템에 비해 크게 늘어나기 시작했고, 수강배정 결과에 대해 신뢰하기 어렵다는 의견이 자주 제기되었다. 이를 해결하기 위한 새로운 시스템 개발이 필요하다는 인식이 확산되었다. 코딩을 통한 알고리즘이나 인공지능 모델을 활용한다면 충분히 해결할 수 있다는 생각을 가진 교사도 있었다. 수강배정 시스템에 많은 관심을 가지고 있던 교사는 학생과 공동으로 문제를 해결하기 위한 개발 프로젝트를 기획하였다. 코딩 역량이 우수한 학생들과 함께 최적화 알고리즘을 탐색하는 대회를 개최하여 다양한 아이디어를 수집하고 성능을 비교 검증한다면 개발 기간을 단축시킬 수 있다는 것이 기획의 취지였다. 약 2개월간 4개 팀, 총 12명의 학생이 미배정 선택의 수를 최소화하는 수강배정 시

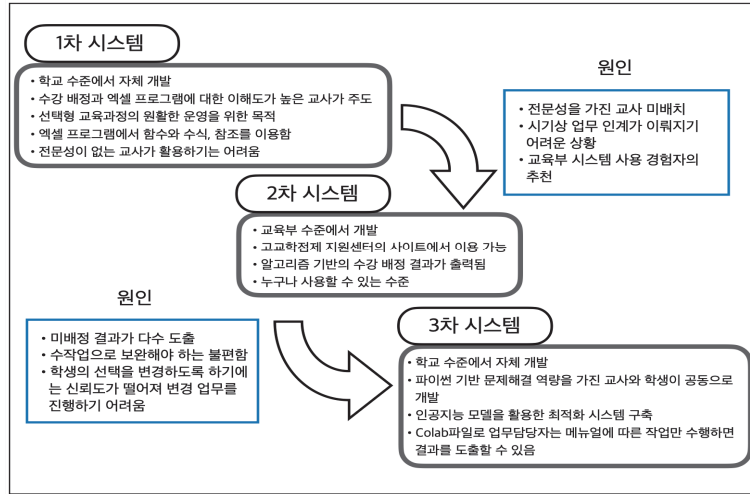
시스템 개발에 참여하였다. 학생들은 매주 수강배정 결과를 비교·공유하며 알고리즘과 배정 조건을 지속적으로 보완하는 과정을 거쳤고, 그 결과 2025년 2학기에 최적화 알고리즘을 활용한 새로운 수강배정 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 파이썬을 기반으로 개발되었으며, Colab 환경에서 누구나 몇 번의 클릭만으로 수강배정 결과를 도출할 수 있도록 설계되었다. 2026학년도 1학기의 경우 한국교육과정평가원의 시스템(2015 개정 교육과정 지원 시스템)에서는 70건의 미배정이 발생했던 것과 달리, 새로운 최적화 시스템에서는 모든 선택이 배정되는 결과가 도출되고 있었다. 이는 수강배정의 정확성과 접근성을 동시에 확보할 수 있는 시스템적 전환이 가능함을 보여주는 결과였다.

<표 9> A학교 수강배정 시스템의 변화와 특징

시기	시스템	담당자 특성	주요 특징	최초 수강배정에서 미배정 선택이 발생한 건수	핵심 의미
2021~2023	엑셀 기반	교육과정·엑셀 역량 높은 교사	수식·참조 자동화, 반복 수정 방식	평균 2-4건(최대 8건)	개인 역량 중심
2024	고교학점제 지원센터	신규 담당자, 기존 시스템 이해 부족	사용 용이성 높음, 반복 작업 필요	최대 70건	진입 장벽 완화, 정확도 저하
2025	최적화 알고리즘 기반	교사·학생 공동 개발	최적화 알고리즘 적용, 자동 배정	다수 학기에서 0건	정확도 향상, 시스템 혁신

#### (4) 수강배정 시스템 개발 과정에 대한 해석

A학교의 수강배정 시스템 개발 과정은 수강배정 업무를 수행하는 과정에서 발생한 업무 담당자의 교체로 인한 운영 역량 불균형, 시스템 사용의 진입 장벽 문제, 정확도 향상 요구라는 세 가지 문제를 해결하는 과정이었다. 특히 교사 개인의 기술적 역량이 핵심 요인으로 작용하던 구조에서, 학교의 지원과 학생의 참여를 통해 지속 가능한 시스템으로 전환했다는 점이 중요한 시사점이었다. 또한 학생이 직접 문제 해결 과정에 참여함으로써 학생의 문제해결력을 향상시킬 수 있는 과제를 발굴하였고, 자신이 제시한 해결책의 효과를 직접적으로 확인할 수 있다는 점에서 교육적 의미도 컸다. 무엇보다 수강배정의 중요성을 인식하고 꾸준히 개선하려는 학교 차원의 의지가 시스템 발전의 근본적인 원동력이었다. A학교의 사례는 수강배정 문제가 단순히 ‘어떤 시스템을 사용하는가’의 문제가 아니라, 학교가 수강배정을 어떤 수준의 운영 인프라로 인식하고 관리하는가의 문제임을 보여준다.



[그림 3] A학교에서 수강 배정 시스템의 개발 과정

## 2. 자체 개발한 최적화 시스템의 효용성 검증

한국교육과정평가원의 2015개정 교육과정 지원 수강신청 시스템에서 도출한 수강배정 결과와, 연구 대상 학교에서 개발한 최적화 시스템의 결과를 비교하여 두 시스템 간의 배정 정확도, 결과에 대한 현장 신뢰도, 작업 시간을 비교 분석하였다. 본 연구에서 제시한 ‘현장 신뢰도’는 통계적 신뢰도(reliability)를 의미하는 것이 아니라, 도출된 수강배정 결과가 업무 담당자와 교사, 학생에게 ‘최선의 결과’로 인식되어 교육과정 운영 및 의사결정의 근거로 활용될 수 있는 정도를 의미한다. 비교 대상 자료는 2025학년도 1·2 학기와 2026학년도 1학기 수강배정 결과였다.

한국교육과정평가원 시스템은 업무 담당자가 여러 차례 실행을 반복하여, 가장 적은 미배정 선택이 발생한 결과를 찾아, 수작업으로 추가 수정을 거치는 방식이므로, 시스템의 결과와 수작업을 거친 최종 결과를 살펴보았다. 학생 수강신청 선택의 총합은 학기별로 990개에서 1320개까지였다. 3학년은 과목 선택 수가 8과목, 2학년은 6과목이었기 때문에 선택의 총합은 3학년이 많았다. 2026학년도 1학기에는 시스템의 결과만 확인한 후, 자체 개발한 최적화 시스템을 활용하여 수강배정을 진행한 관계로 수작업 결과가 없었다.

### 가. 최적화 시스템의 정확도와 현장 신뢰도

한국교육과정평가원 시스템이 도출한 수강배정 결과를 보면, 최대 7.29%의 미배정 선택이 발생하였다. 이는 2026학년도 1학기의 2학년 결과로, 전체 960개의 선택 중 70

개의 선택이 배정되지 못한 경우였다. 또한 2025학년도 2학기의 3학년 결과는 시스템에서는 3.31%의 미배정 선택이 발생하였으나, 수작업을 통해 1.45%까지 감소시키고 있었다. 이는 수작업으로 미배정 선택을 가장 많이 줄인 사례였다. 수작업을 통해 미배정 선택을 줄였지만, 나머지 학기에서는 0.1~0.5% 정도의 보정 결과를 보여 성과가 높지는 않았다. 1.45%의 비율은 18개의 미배정 선택에 해당되는 것으로, 최대 18명, 비율로는 11.6%의 학생이 자신이 선택한 과목을 수강하지 못한다는 것을 의미했다. 이는 학교 운영에 많은 어려움이 예상되는 결과였다. 마지막으로 미배정이 전혀 발생하지 않은 학기는 없었다.

동일한 학생 선택 현황 자료를 A학교에서 개발한 최적화 시스템에 투입하여 비교한 결과, 최대 6.15%의 미배정 선택이 감소한 결과가 도출되었다. 수작업을 통해 1.45%까지 미배정을 줄였던 2025학년도 2학기의 2학년은 미배정 선택이 전혀 없는 완전 배정 결과를 생성하였다. 또한 2026학년도 1학기의 3학년 경우는 한국교육과정평가원 시스템에서 45개의 미배정 선택이 발생한 반면, 최적화 시스템에서는 모든 선택이 배정된 결과를 도출, 기존 시스템이 탐색하지 못했던 미배정 최소화 수준의 배정 결과의 도출을 확인할 수 있었다. 결과적으로 한국교육과정평가원 시스템 대비 모든 학기, 모든 학년에서 미배정 선택이 최소가 되는 수준의 배정 결과가 나타났으며, 이러한 점에서 최적화 시스템은 미배정 선택을 최소화함으로써 배정 정확도뿐만 아니라 교육과정 운영의 안정성과 결과에 대한 현장 신뢰도를 함께 개선하는 시스템임을 확인할 수 있었다.

<표 10> 지원센터 시스템과 최적화 시스템의 수강배정 결과 비교(미배정 선택 기준)

학기	학년	선택의 총합	고교학점제 지원센터 결과		최적화 시스템 결과	
			시스템 결과(비율 %)	수작업 결과(비율 %)	시스템 결과(비율 %)	피드백 결과(비율 %)
2025학년도 1학기	2	990	9(0.91)	8(0.81)	0(0.00)	-
	3	1240	32(2.60)	29(2.35)	0(0.00)	-
2025학년도 2학기	2	990	20(2.02)	15(1.52)	0(0.00)	-
	3	1240	41(3.31)	18(1.45)	0(0.00)	-
2026학년도 1학기	2	960	70(7.29)	-	10(1.04)	3(0.31)
	3	1320	45(3.41)	-	0(0.00)	-

\*비율은 선택의 총합에 대한 미배정 선택의 수

한국교육과정평가원 시스템은 이전의 엑셀기반 시스템에 비해 급증한 미배정 선택이 포함된 수강배정 결과를 도출하여, 수강배정 결과에 대한 업무 담당자, 교사, 학생의 신뢰도가 낮아졌다. 특히 업무 담당자와 교사의 수강배정 결과에 대한 확신이 감소하였다. 하지만 최적화 시스템의 수강배정 결과를 통해 미배정 선택이 감소한 결과를 제시하였고, 특히 미배정 선택이 없는 학기의 결과가 공유되면서 현장의 신뢰도는 다시 상승하였

다. 학생들에게 선택의 변경을 요청하던 모습에서 최선의 수강배정을 했지만 불가피한 상황임을 설명하는 업무 담당자의 모습에서도 명확한 설명이 가능한 수준으로 신뢰도가 회복되었다.

학생에게 미배정 선택을 설명하고 변경을 요청하는데 있어, 기존에는 8명 수준이었는데 이젠 약 30명에게 요청하는 상황은 사실 저도 납득하기 어려운 결과입니다. 과연 최선의 수강배정 결과를 얻을 것인가에 대해 확신할 수 없었습니다. 다른 방법이 없었기 때문에 한국교육과정평가원 시스템을 활용했지만 신뢰가 가지는 않았습니니다. 하지만 최적화 시스템은 다시 미배정 선택이 한국교육과정평가원 시스템보다 더 이전의 엑셀 기반 시스템과 비교하더라도 더 우수한 결과를 도출하고 있습니다. 이정도 수준은 충분히 신뢰할 수 있고, 자신있게 학생들에게 변경 요청을 할 수 있는 수준이라고 생각합니다. <2025년 A학교 수강배정 업무 담당자와의 면담 자료>

#### 나. 최적화 시스템의 효율성

한국교육과정평가원의 수강신청 시스템을 직접 활용해 본 업무 담당자와의 면담 자료를 분석하여, 업무 수행에 소요되는 시간과 제약 요인을 도출한 후, 최적화 시스템의 작업 시간과 비교하고 제약 요소의 해결 여부를 확인하였다. 본 연구에서 효율성은 단순한 작업 시간의 단축뿐 아니라, 수강배정 업무 수행 과정에서 요구되는 반복 작업의 용이성과 업무 담당자의 전문성 의존도를 종합적으로 고려한 개념으로 정의하였다.

한국교육과정평가원의 수강신청 시스템은 시간표 편성까지를 목적으로 하는 통합 시스템으로, 학교교육과정 편제, 선택 과목군, 기준 설정 등 다양한 정보를 사전에 입력하도록 설계되어 있다. 이러한 시스템의 목적과 구조적 특성을 감안할 때, 입력 과정에서 소요되는 시간을 최적화 시스템과 직접적으로 비교하는 것을 적절하지 않다고 판단하여, 본 연구에서는 입력에 소요되는 시간은 작업 시간 비교에서 제외하였다.

대신 두 시스템간의 효율성 차이는 결과 도출 이후 미배정 선택을 조정하기 위해 요구되는 수작업의 유무와 그에 따른 작업 시간에서 나타났다. 수강배정 업무 담당자와의 면담에 따르면, 한국교육과정평가원의 수강신청 시스템을 활용할 경우 미배정 선택을 줄이기 위해 최소 일주일 이상의 수작업을 반복적으로 수행하고 있으며, 이는 상당한 시간과 노력을 요구되는 동시에, 결과에 대한 책임을 져야 한다는 부담감이 큰 일임을 의미한다.

이에 비해 최적화 시스템은 최적의 해를 탐색하는 연산 시간을 최대 5분으로 제한하고 있으며, 입력값 설정과 결과 도출까지 약 10분 이내에 완료되었다. 학생 수강신청 현황 파일을 전처리하는 시간을 포함하더라도 총 30분 이내에 수강배정 결과를 얻을 수 있었다. 또한 피드백 자료를 생성하기 위해 분반 기준을 조정하면서 결과를 재출력하는

과정도 10분 이내가 소요되었다. 이러한 결과를 종합하면, A학교의 최적화 시스템은 수강배정 업무 과정에서 반복적으로 요구되던 수작업 절차를 최소화함으로써, 업무 담당자의 물리적, 심리적 부담을 완화하고 수강배정 결과를 보다 신속하게 도출하는데 기여하고 있는 것으로 해석할 수 있었다.

수강배정 작업에 걸리는 시간을 생각하면 새로 도입한 최적화 시스템이 월등히 좋다는 점은 부인할 수 없는 결론이다. 수강배정 결과를 확인하는데 10분 정도면 되고, 학생들의 선택을 수정해서 결과를 확인하는 것도 몇 분의 시간이면 된다는 점은 기존 시스템에서 많은 시간을 투입해 손으로 하나하나 이동시켜야 했던 작업이 필요없다는 것이며, 정확도도 훨씬 좋기 때문에 업무가 대폭 줄어든 느낌이다. <2025년 A학교 수강배정 업무 담당자와의 면담 자료>

최적화 시스템은 정확도의 향상과 작업 시간의 단축이라는 효용성 외에도, 수강배정 업무 수행에 필요한 담당자의 경험과 전문성이라는 제약 요인을 효과적으로 해소하고 있었다. 시스템은 Colab 파일로 구성되어 있어, 사용자는 학생 수강 신청 현황을 정해진 양식에 맞게 정리한 후 업로드하고, 필요한 설정값만 입력하면 자동으로 결과를 얻을 수 있었다. 피드백 자료 생성 또한 실행 버튼 한 번으로 자동 처리되어 즉시 결과가 도출되었으며, 도출된 결과는 엑셀 파일 형태로 정리되어 별도의 후속 작업이 필요하지 않았다. 따라서 최적화 시스템은 교육과정 편성 및 수강 배정의 원리에 대한 깊은 이해가 없더라도, 비교적 짧은 매뉴얼 숙지만으로 결과를 도출할 수 있는 업무 진입 장벽이 낮은 구조를 가지고 있었다. 이는 수강배정 업무가 특정 교사의 경험과 숙련도에 의존해 온 기존 방식의 한계를 극복하고, 학교 규모나 담당자 교체 여부와 무관하게 안정적으로 운영될 수 있는 보편적 수강배정 시스템의 가능성을 보여주는 결과였다.

2025년에 처음으로 교육과정 업무를 맡게 되었고, 수강배정을 1학기 해 보았다. 교육부의 시스템으로 수강배정을 한 결과가 미배정이 너무 많아서 당황스러웠던 기억이 난다. 미배정이 잘 줄어들지도 않고, 시간도 많이 걸리는데, 이렇게 시간을 투자한다고 원하는 결과가 나온다는 보장도 없다는 점이 답답했다. 새로 만들어진 시스템은 결과가 금방 나온다는 점, 사실 Colab으로 만들어져 있어서 시스템을 잘 이해하고 있지는 못하지만, 분반 기준, 이동수업 당 최소·최대 분반 수만 입력하면 자동으로 결과를 출력해주고 있고, 엑셀파일에 4개의 시트로 정보를 일목요연하게 정리해주기 때문에 교육과정의 전문가가 아니라도 충분히 사용할 수 있을 것 같다. 원래는 내년 1학기만 수강배정을 했는데, 올해는 내년 2학기 선택까지 수정배정을 마무리하였다. <2025년 A학교 수강배정 업무 담당자와의 면담 자료>

### 3. 최적화 시스템의 다른 학교 적용 가능성 검증

A학교에서 학생과 교사가 공동으로 개발한 최적화 시스템은 주어진 제약 조건을 모두 만족시키면서 목적함수를 최소화하는 조합 최적화(Combinatorial Optimization) 기반의 제약 충족형 최적화 기법을 사용하였다. 시스템 개발 과정에서 인공지능 모델의 활용을 검토하였으나, 수강배정은 추론이나 예측이 아니라 주어진 조건을 충족하는 최선의 해를 탐색하는 과정이므로, 조합 최적화용 엔진을 사용하는 것이 연산 속도와 결과의 정확도 면에서 모두 우수하다고 판단하였다. 무엇보다도 결과의 정확성과 설명 가능성을 확보하는 것이 중요하다는 점이 알고리즘 기반 개발 방식을 선택한 가장 큰 이유였다.

최적화 시스템의 적용 가능성을 검증하기 위해, 교육과정 구조와 학교 규모가 서로 다른 B학교와 C학교의 수강배정 결과를 분석하였다.

#### 가. 소규모 학교이며 선택군이 분리되어 있는 경우

C학교는 학년당 3개 학급으로 편성되어 있으며, 2학년은 57명, 3학년은 60명 규모의 소규모 재외교육기관이었다. 2026학년도 1학기 수강신청 자료를 최적화 시스템에 업로드하여 수강배정을 실시하였다. 2학년의 경우 선택 과목군은 1개로, 12개 과목 중 5과목을 선택하도록 되어 있었다. 3학년은 선택 과목군이 2개로, 첫 번째 과목군에서는 6개 과목 중 2과목을, 두 번째 과목군에서는 10개 과목 중 3과목을 선택하도록 교육과정이 편성되어 있었다. 분반 기준 인원은 2학년의 경우 27명, 3학년은 26명이었다.

최적화 시스템이 출력한 결과에 따르면, 2학년에서는 5개의 미배정 선택이, 3학년에서는 첫 번째 과목군에서는 1개의 미배정 선택이, 두 번째 과목군에서는 12개의 미배정 선택이 발생하였다. 소규모 학교에서 선택 수에 비해 과목 수가 많을 경우, 과목별 분반이 대부분 1개로만 편성되어 학생이 선택한 과목이 동일한 이동 수업 시간에 배치될 가능성이 높다. 이로 인해 이동 수업 시간에 학생이 선택한 과목이 개설되지 않아 미배정이 발생할 가능성이 높다는 점이 결과에 반영되어 있었다. 반면, 과목별 분반 수가 적기 때문에 한 과목을 2명 이상의 교사가 담당해야 하는 상황은 발생하지 않았다. 즉, 교사별 담당 과목 수를 최소화하는 결과를 도출할 수 있었다. 소규모 학교의 경우 과목별 교사의 수가 소수라는 점에서 운영 여건을 반영한 효율적인 배정이 이뤄졌다고 볼 수 있었다.

또한 시스템은 학교의 의사결정에 필요한 시뮬레이션 자료를 자동 생성하여 제공하였다. 그 결과, C학교는 3학년의 두 번째 과목군에서 미배정 선택을 줄이기 위해 1개 과목을 추가로 분반 편성하기로 결정하였다. 이 조정은 미배정 선택이 12개에서 3개로

감소한다는 시뮬레이션 결과에 따른 의사결정이었다. 2개 과목을 추가 분반할 경우 미배정 선택이 2개로 줄어들지만 분반 간 인원 불균형이 심화되고 교사 배치 효율성이 저하된다는 점에서 미배정이 3개인 경우가 최적의 결과라고 학교 구성원들은 판단하였다. 이는 소규모 학교의 구조적 한계로 인해 일정 수준의 미배정 선택이 불가피한 상황에서도, 최적화 시스템이 미배정 발생의 원인과 감소 가능 범위를 명확히 제시함으로써 학교가 ‘가능한 최선의 선택’을 근거 기반으로 판단할 수 있도록 지원했음을 의미한다. 물론 소규모 학교에서 추가 분반을 편성하는 것이 모든 학교에서 가능한 결정은 아니므로 C 학교의 사례는 일반화할 수 없다는 점은 본 연구의 한계이다.

<표 11> 최적화 시스템으로 도출한 C학교의 2026학년도 2학기 수강배정 결과

학년	선택 과목군의 수	선택 수	편성된 과목 수	미배정(비율)	피드백에 따른 미배정(비율)
2	1	5	12	5(1.75)	-
		2	6	1(0.83)	1개 분반 추가 편성 0(0.00)
3	2	3	10	12(6.67)	1개 분반 추가 편성 3(1.67) 2개 분반 추가 편성 2(1.11)

\* 비율은 선택의 총합에 대한 미배정 선택의 수

### 나. 대규모 학교이며 선택군이 통합되어 있는 경우

최적화 시스템의 확장 가능성을 검증하기 위해, B학교의 선택군이 통합되어 있는 3학년 수강신청 현황을 기반으로 최적화 시스템의 수강배정 결과를 생성하였다. 3학년은 8학급으로, 13과목 중 5개 과목을 선택하는 교육과정 구조를 가지고 있었다. 과목별 선택 인원은 최대 201명에서 최소 22명까지 선택 인원 간의 편차가 매우 컸다. 수강배정은 미배정 선택이 발생하지 않는 것을 최우선 목표로 설정하였다. 또한 하나의 이동수업에는 동일 과목의 분반이 한 개만 배정되도록 하되, 불가피한 경우에는 2개 분반까지 허용하여 한 과목을 담당하는 교사의 수를 최소화하도록 하였다.

최적화 시스템의 수강배정 결과, 모든 학생의 선택이 배정되었다. 하나의 이동수업 영역에 최대 8-10개 분반이 배정되었으며, 동일 과목의 분반이 2개 배치된 경우는 분반으로 나뉜 13과목 중 3과목이었다. 이중 ‘영미문학읽기’는 총 201명이 신청하여 8개 분반이 개설된 과목으로, 중복 배정이 불가피한 사례였으므로 실질적으로는 2개 과목이 중복 배치되었다. 즉, ‘한국사회의 이해’와 ‘세계문화와 미래사회’ 두 과목에서 각각 2명의 교사가 동일 과목을 담당하게 되는 결과가 도출되었다. 분반별 인원 편차는 50% 이상에서 2명 이내로 나타났으며, 가장 큰 편차는 14명이었다. 이는 수업의 질과 관련된 민감한 요인이지만 우선적으로 미배정 선택의 최소화와 동일 과목 중복 배치 완화를 고려한 결과였기 때문에 추가적으로 조정하기는 어려웠다.

&lt;표 12&gt; B학교 최적화 시스템의 수강배정 결과

과목	수강 인원	분반 수	이동1	이동2	이동3	이동4	이동5	중복 배치 여부	분반별 편차
여행지리	69	3	23	20	26	0	0		6
고전과 윤리	47	2	24	23	0	0	0		1
한국사회의 이해	87	4	13	0	0	53	21	○	14
세계문제와 미래사회	73	3	0	0	0	25	48	○	1
물리학Ⅱ	33	2	17	16	0	0	0		1
화학Ⅱ	71	3	23	23	25	0	0		2
생명과학Ⅱ	81	3	27	26	28	0	0		2
지구과학Ⅱ	22	1	0	0	0	0	22		0
언어와 매체	107	4	26	25	28	28	0		3
화법과 작문	110	4	0	27	28	28	27		1
심화 수학Ⅰ	130	5	25	21	28	28	28		7
경제 수학	59	3	19	18	0	0	22		4
영미문학읽기	201	8	21	19	55	56	50	○	9
총계	1090	45	1,090	1,090	1090	1090	1090	실제 2과목	평균 3.9

결과적으로 학교 규모가 크고 선택군이 통합된 교육과정 구조에서는 과목별 분반 수가 많아 미배정 선택 발생 확률이 낮았다. 반면에 동일 과목의 중복 배치 가능성과 분반별 인원 편차가 커질 가능성이 존재함을 확인할 수 있었다. 그러나 최적화 시스템은 이런 문제를 최소화하면서도 모든 학생이 배정되는 결과를 도출하였으며, 규모가 큰 상황에서 안정적으로 적용 가능함을 확인하였다.

사실 업체의 배정결과를 바탕으로 업무 담당자가 수작업을 통해 완성한 수강배정 결과와 최적화 시스템의 결과를 비교·분석하였다. 사실 업체에서 제공한 결과는 미배정 선택이 없는 결과였지만, 동일 과목의 중복 배치를 막기 위해 분반별 인원 기준이 없어 분반별 수강 인원의 편차가 컸다. 분반 기준 인원을 유연하게 조정하여 동일 과목 분반에 동시에 배치되지 않도록 편성 기준을 변경하고 있는 시스템이었다. 업무 담당자는 수작업을 통해 분반별 편차를 줄인 최종 결과를 얻고 있었다. 이에 따라 최적화 시스템에서도 분반 최대 인원 기준을 상향 조정하여 수강배정을 다시 수행한 결과, 수작업 결과와 동일하게 교사 중복 배정이 해소되는 결과를 도출할 수 있었다.

이는 수강배정 결과가 수업의 질을 고려한 분반 인원 기준을 우선할 것인지, 혹은 교사의 다교과 지도 부담 완화를 우선할 것인지와 같은 학교의 운영 기준에 따라 달라질 수 있음을 의미한다. 결과적으로 최적화 시스템은 학교가 설정한 운영 기준을 명시적으로 입력하여 서로 다른 우선순위에 부합하는 수강배정 결과를 유연하게 도출할 수 있는 확장성과 조정 가능성을 지닌 시스템임을 확인할 수 있었다. 물론 학교별로 수강배정의 방향과 운영 기준이 다르기 때문에, 본 연구에서 제안한 최적화 시스템의 성능은 세 가

지 학교 환경에 한정하여 검증되었으며, 이러한 점에서 결과의 일반화에는 한계가 있다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 고교학점제의 운영의 핵심인 학생 선택 중심 교육과정에서, 핵심 행정 과제 중 하나인 수강배정 시스템을 자체적으로 개발·운영 중인 사례를 바탕으로 개발 배경과 과정을 탐색하고, 최적화 알고리즘 기반 수강배정 시스템의 효용성과 확장 가능성을 검증하였다.

사례 학교의 교육과정 운영 자료를 분석한 결과, 수강배정은 단순한 행정 절차를 넘어 교육과정 운영의 안정성과 교육과정 편성 방향을 동시에 매개하는 핵심 기재로 작동하고 있었다. 학생 선택 중심 교육과정에서는 수강배정 결과가 분반 수의 확정, 이동수업 배치, 교사 시수 결정, 시간표 작성 등 교육과정의 운영 및 확정과 관련된 주요 의사결정의 기준으로 기능하고 있었고, 미배정 선택의 증가는 교육과정 편성 기초의 변화를 유발시킬 수 있는 주요 요인으로 작용하고 있었다.

이러한 운영 맥락에서 수강배정은 고교학점제에서 단순한 기술적 문제가 아닌 교육과정 운영 의사결정을 좌우하는 핵심 요소임을 보여준다. 즉 학생의 선택, 교육과정 운영 및 확정, 교육과정 편성 기초가 수강배정 결과를 매개로 상호 영향을 미치는 구조 속에서, 수강배정 경과에 따라 교육과정 운영의 안정성이 흔들리거나, 교육과정 편성 방향이 수정되는 상황이 발생한다. 이러한 점에서 안정적이면서 지속 가능한 수강배정 시스템의 필요성이 제기되었다.

사례 학교가 자체 개발한 최적화 시스템의 효용성을 검증한 결과, 지원센터 시스템에 비해 미배정 선택을 감소시켜 최소가 되는 배정 결과를 안정적으로 도출하였다. 정확도가 향상된 수강배정 결과는 현장의 신뢰도를 높여, 중요한 의사결정 과정에서 수강배정 결과를 근거로 최종 결론을 도출하는 데 기여하고 있었다. 또한 수강 배정 결과 도출에 소요되는 시간이 대폭 단축되었고, 업무 담당자의 수작업 보정이 필요하지 않아 업무 효율성이 크게 향상되었다. 이를 통해 최적화 시스템은 정확도와 현장 신뢰도, 작업 효용성 측면에서 지원센터 시스템 대비 개선된 성과를 보였다.

아울러 수강배정 시스템의 운영 변화 과정을 분석한 결과 수강배정 시스템은 단순히 ‘더 좋은 결과’를 자동으로 제공하는 도구가 아니라, 학교가 이를 어떤 수준의 인프라로 인식하고 관리하는가에 따라 수강배정 결과에 대한 정확도와 현장 신뢰도, 효용성이 달라질 수 있음을 확인하였다.

최적화 시스템을 교육과정 구조와 규모가 상이한 학교에 적용한 결과, 두 학교 모두에서 안정적인 수강배정 결과를 도출할 수 있음을 확인하였다. 특히 최적화 시스템은 빠른 시뮬레이션 결과 제공을 통해 의사결정의 신속성을 확보할 수 있었고, 분반 기준 인원이나 이동수업 배치 기준, 교사 중복 배정 허용 여부 등의 학교별 운영 기준의 차이에 따른 결과를 유연하게 생성하여 학교별 여건과 의사결정 방향을 반영할 수 있는 확장성을 지니고 있었다.

A학교의 수강배정 시스템의 개발 과정을 통해, 수강배정 업무가 개별 교사의 경험과 역량에 따라 처리될 경우 학교 운영의 안정성과 지속성이 확보되기 어렵다는 점이 확인되었다. 반면, 학교 구성원이 공동으로 참여하여 수강배정 기준과 알고리즘을 체계화하고 이를 시스템으로 구현한 경우, 반복적인 개선과 적용을 통해 수강배정 결과의 신뢰도와 효용성을 제고할 수 있음을 보여주었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 고교학점제의 안정적 운영을 위해 수강배정 업무를 담당 교사 개인의 역량에 의존하는 구조에서 벗어나, 학교 차원의 지속 가능한 시스템으로 전환할 필요성이 있다. 고교학점제 전면 시행 이후 학교 간 운영 격차가 확대되고 있는 상황에서, 목적에 맞는 운영 방향을 선택하기 위해서는 수강배정 결과가 정확해야 하며, 빠른 시뮬레이션 결과를 제공할 수 있어야 한다. 수강배정의 어려움이 증가될수록 교육과정 편성의 보수화로 이어질 가능성이 높아진다는 점에서 수강배정에 대하여 더 높은 수준의 관심이 필요하다.

아울러 A학교 사례 분석 결과, 수강배정의 질과 효용성은 담당 교사의 경험과 역량에 따라 크게 달라질 수 있으며, 단일 절차가 아닌라 수차례 반복을 통해 의사결정의 피드백 자료를 도출해야 하는 업무임이 확인되었다. 이러한 연구 결과를 토대로 할 때, 교육부(2025b)의 *고교학점제 운영 개선 대책*에서 강조한 AI기반의 수강신청 시스템 고도화 사업에서는 사용자 편의성과, AI기반의 수강배정 피드백 기능이 필수적으로 고려될 필요가 있다. 수강배정 업무를 담당하는 교사의 역량에 무관하게 일정 수준 이상의 수강배정 결과를 도출할 수 있어야 하며, 교육과정에 대한 이해도가 충분하지 않더라도 활용 가능한 시스템이 현장에는 요구된다. 또한 본 연구에서 확인된 바와 같이 수강배정 과정에서 반복적인 피드백을 통한 의사결정이 핵심적으로 작동하므로, AI기반 시스템은 다양한 배정 결과와 그에 대한 피드백을 우선적으로 제공하여 신속하면서도 효율적인 의사결정이 가능하도록 설계될 필요가 있다.

또한 사례 연구의 특성상 제한된 수의 학교를 대상으로 수행되어, 수강배정 시스템의 활용이 교사의 업무 인식이나 교육과정 운영 문화에 미치는 영향을 정량적으로 분석하지 못했다. 따라서 다양한 유형의 학교를 대상으로 한 비교 연구와 함께, 수강배정 시스템 도입이 교육과정 운영 전반에 미치는 중·장기적 효과를 분석할 필요가 있다. 또한 수강배정 결과의 공정성 인식, 교육 주체의 수용성 등을 평가하여 제시할 경우, 고교학점제 운영 개선에 보다 풍부한 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 강명주(2011). 유전알고리즘을 이용한 강의시간표 작성 시스템 설계. **한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집**, 19(1), 289-292. <http://dx.doi.org/10.47116/apjcri.2025.11.28>
- 강현식(2018). **고교학점제 이해와 안착방안(CP 2018-11)**. 진천: 한국교육개발원.
- 김송이, 김원진(경향신문. 2025. 5. 14.). 시간표 짜기부터 교과서 배분까지... 고교학점제 타고 학교로 들어온 사업체들. **자료출처(검색일 2025. 9. 20.)**:  
<https://www.khan.co.kr/article/202505061719001>
- 한국교육과정평가원 고교학점제 지원센터 수강신청시스템 홈페이지  
<https://www.hscredit.net/common/greeting.do>(검색일: 2025. 9. 20.)
- 교육부(2015). 2015 개정 교육과정. 세종: 교육부.
- 교육부(2017). 고교학점제 추진 방향 및 연구학교 운영 계획. 세종: 교육부.
- 교육부(2021). 고교학점제 종합 추진계획. 세종: 교육부.
- 교육부(2022). 2022 개정 교육과정. 세종: 교육부.
- 교육부(2025a). 고교학점제 안정적 운영 지원 종합 추진 계획. 세종: 교육부
- 교육부(2025b). 고교학점제 운영 개선 대책. 세종: 교육부.
- 김성혜, 윤영선, 노은희, 박소영(2021). 교육과정 온라인 지원 시스템 활용 실태 분석 연구. **교육과정평가연구**, 24(1), 29-52. <https://doi.org/10.29221/jce.2021.24.1.29>
- 김영은, 허예지, 백경선(2023). 고교학점제 연구·선도학교의 교육과정 편성·운영 현황과 경향 분석. **중등교육연구**, 71(2), 179-207.
- 박지한, 김아영(2021). 고교학점제 안착을 위한 부분도입기의 과제: 고교학점제 1차 연구 학교 운영 결과에 대한 텍스트 분석을 중심으로. **학습자중심교과교육연구**, 21(24), 309-331. <http://doi.org/10.22251/jlcci.2021.21.24.309>
- 박준홍(2025). 고교학점제에서의 학교 운영 체계와 문화에 관한 모니터링 연구. **교육과정평가연구**, 28(3), 99-138. <https://doi.org/10.29221/jce.2025.28.3.99>
- 안남수(2017). 수리적 모델링을 통한 강의실 배정문제 해법에 관한 연구. **한국산학기술학회논문지**, 18(10), 580-587. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.10.580>
- 우선영(2025). 고교학점제 운영에 따른 고등학교 교사의 직무 변화 탐색: 미운영교과의 비교를 중심으로. **교육과학연구**, 54(3), 213-238. <https://doi.org/10.15854/jes.2023.9.54.3.213>
- 장재훈(에듀프레스. 2025. 4. 9.). 고교학점제, 교원 10명 중 8명 '회의적'.. 수업·행정부담

- 가장 커. 자료출처(검색일 2025. 9. 20.): <https://www.edupress.kr/ews/articleView.html?idxno=20550>
- 이경수, 김우성, 최혜봉, 홍신(2017). 유전 알고리즘을 이용한 강의 간 학생 이동을 최소화 하는 강의실 배정. **한국지능정보시스템학회 추계학술대회 논문집**, 154-155.
- 이영희, 윤지현, 윤정현(2022). 고교학점제 운영 과정에서 고교 교사들이 겪는 어려움에 대한 인식과 역할 내용 탐색. **학습자중심교과교육연구**, 22(22), 447-463. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2022.22.22447>
- 이상은, 장덕호(2019). 고교학점제 학생 선택형 편성 과정에 나타난 쟁점과 과제. **학습자중심교과교육연구**, 19(14), 109-136. <https://dx.doi.org/10.22251/jlcci.2019.19.14.109>
- 임종현, 황재운, 안영은(2023). 고교학점제 도입 과정에서 나타난 학교 현장의 문제점 및 해결 방안: 서울 일반고 사례를 중심으로. **교육문화연구**, 29(5), 25-52. <https://doi.org/10.24159/joec.2023.29.5.25>
- 서혜경, 차성현(2020). 2015 개정 교육과정 적용에 따른 일반고 학생의 과목 선택기준에 대한 중요도-수행도 분석. **교육문화연구**, 26(1), 353-374. <https://doi.org/10.24159/joec.2020.26.1.353>
- 정용석(2024). AI시대 대비 단위학교기반 영재교육과정 개발 및 적용: 속진과 심화에 기반한 AI융합교육과정. 부산대학교 대학원.
- 진상규, 김승환, 이순교, 정태수(2016). 빅데이터에 근거한 강의실 자동 배정 알고리즘 설계와 학사관리 시스템 적용사례. **정보처리학회 추계학술발표대회 논문집**, 23(2), 348-351.
- Google (2024). *CA-SAT* **솔버**. 자료출처(검색일 2025. 10. 15.): <https://developers.google.com/optimization?hl=ko>
- Hooker, J. N. & van Hoes, W. J. (2018). Constraint programming and operations research. *Constraints*, 23(3), 172-195.
- Kim, J. & Yoo, S. (2019). Software review: DEAP (Distributed Evolutionary Algorithm in Python) library. *Genetic Programming and Evolvable Machines*, 20(1), 139-142.
- Sachan, R. K. & Singh, K. D. (2021). Nature-Inspired Optimization Algorithm: Research Direction and Survey. *arxiv:2102.04013*.
- Sandia National Laboratories (2023). *Pyomo Documentation 6.7.2*. 자료출처(검색일 2025. 10. 15.): <https://pyomo.readthedocs.io/en/6.7.2/index.html>

ABSTRACT

## **A Case Study on the Development and Implementation of a School-Led Course Allocation System for the High School Credit System**

**Jihye Kim**

Teacher, Bugil Girls' High School, Korea

**Yongseok Jeong**

Teacher, Korean International School HCMC, Vietnam

This study reexamines the course allocation problem, a core challenge in the operation of the high school credit system, from the perspective of curriculum operation decision-making, and examines the effectiveness and scalability of an optimization algorithm-based course allocation system developed and operated using internal school capacity. Analysis of curriculum operation at a case school (A School) showed that course allocation functioned as a mediating mechanism for curriculum-related decisions, including class section determination, moving-class placement, teacher workload assignment, and timetable construction. Changes in the system between 2021 and 2025 further indicated that course allocation systems are shaped by schools' perceptions and staff competency. Comparison with the course registration system provided by the Korea Institute for Curriculum and Evaluation for the High School Credit System showed that the optimization system reduced unassigned course selections by up to 6.25% and, in some semesters, achieved complete assignment of all student selections, while also improving administrative efficiency. Application to two schools of different sizes demonstrated scalability: in a small-scale school, unassigned selections were reduced from 6.67% to 1.67%, and in a large-scale school, all selections were assigned while more faithfully reflecting school-specific allocation priorities. These findings suggest that course allocation should be reconceptualized as a curriculum operation decision-making issue and that optimization models offer a practical approach for supporting the stable implementation of the high school credit system.

*Key Words: High School Credit System, Course Allocation System, Student Choice-Centered Curriculum, Optimization Algorithm*