

GIS를 활용한 고등학교 신설 입지 선정 연구 : 제주시 평준화고교를 중심으로

오 승 천(제주대학교 박사과정)*
이 인 회(제주대학교 교수)**

요 약

최근 제주특별자치도교육청은 제주시 평준화 일반고 학생수의 증가 문제를 해결하고 교육 여건을 개선하기 위해 제주시 동지역에 일반고를 신설할 계획을 밝혔다. 본 연구의 목적은 공간최적화 기법을 활용하여 신설 고등학교의 최적 입지 후보지를 탐색하는 데 있다. 이에 최적후보지를 탐색하는 방법으로 버퍼링 분석과 특화도 계수를 활용해 현 고등학교의 공간적 분포 특성을 분석한 후, PMP 분석과 MCLP 분석의 2가지 공간최적화 기법을 활용하였다. 주요 연구결과는 다음과 같다. 첫째, GIS의 버퍼링 분석과 특화도 계수 분석, 그리고 학교시설 결정기준과 교육환경평가를 활용하여 탐색한 결과, 제주시 동지의 서부 지역인 외도동, 중심지인 오라동, 오동동, 노형동 지역의 5곳이 최종 입지 후보지로 나타났다. 둘째, PMP 분석과 MCLP 분석을 통해 학생들의 총 이동거리를 최소화하고 이용 가능한 학생수를 최대로 하는 신설 고등학교의 입지 후보지를 도출하였다. 이를 바탕으로 PMP 분석과 MCLP 분석을 활용한 입지 선정에 대해 논의하였다. 본 연구의 절차와 결과는 향후 고등학교 입지 선정에 활용될 수 있을 것이다.

[주제어] : GIS, 입지선정, 특화도 계수, PMP, MCLP

I. 서 론

우리나라 인구는 급격하게 감소하고 있다. 통계청(2021)의 국가통계포털‘ 장래인구 추계: 전국 연령별 추계인구(2020-2070)’에 따르면 15-17세 인구는 2070년까지 지속적으로 감소할 것으로 예측된다. 제주특별자치도의 경우에도 2021년 도내 합계출산율이 0.95명

* 제1저자

** 교신저자(tomlee@jejunu.ac.kr)

■ 접수일(2023.06.30.), 심사일(2023.07.25.), 게재확정일(2023.07.26.)

으로 나타나 지속적으로 인구가 감소하는 것을 알 수 있다. 한편, 2021-2022년 사이의 전국 학급당 학생수도 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 제주특별자치도교육청 2022~2027 중기학생배치계획(2022)에 따르면, 2028년까지 고등학교 학생수가 지속적으로 증가할 것으로 예측된다. 제주특별자치도교육청은 향후 증가하는 학생수 등을 고려하고, 학급당 배치기준을 29명으로 유지하기 위해 학급수를 증설함과 동시에 2028년 평준화 일반고를 신설할 계획이다(중기학생배치계획, 2022). 이를 위해 제주특별자치도교육청은 고등학교 신설에 대한 타당성 용역을 2023년에 진행할 예정이다.

제주특별자치도는 1979년 고교평준화 정책을 도입하였다. 이후 제주시 평준화지역에 대한 일반고 학교당 학급 수, 학급당 학생수 확대 등으로 평준화지역 일반고의 교육여건이 악화되고, 동지역에서 읍면 지역으로의 원거리 통학의 증가에 따른 경제적, 사회적 비용도 증가하였다(강봉수, 정진현, 2011). 또한 저출산 흐름 속에서 제주지역 고교 입학자원의 급격한 감소, 읍면 지역 고등학교 정원 미달 사태 등의 문제가 나타나 이를 해결하기 위해 고교체제 개편 및 개선에 대한 요구들이 나타나고 있다(헤드라인제주, 2011). 이러한 문제들을 해결하기 위해 김민호(2015)는 제주특별자치도 고교체제 개편에 관한 연구에서, 소질과 적성에 따라 자유롭게 배울 수 있는 고교체제로 개선하기 위해 읍면지역 고교의 활성화, 특성화 고교의 구조개편과 더불어 평준화지역 일반고 선택 기회 확대를 제안하기도 하였다.

「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조에 의하면 학교는 공공·문화체육시설로써 기반시설의 한 종류이며, 도시계획시설이기도 하다. 즉, 한번 입지가 선정되면 옮기기 어려운 시설이다. 또한 학교는 지역사회의 중심시설로서(Dewey, 1975) 교육을 받는 개인의 장래에 다양한 양태와 깊이로 지속적인 영향을 미치며, 일정 지역의 주민들을 교육공동체로 묶는 문화적 중추제도이다(심한별, 박소현, 2012). 권진모(2010)는 학교시설 또한 균등한 서비스를 제공하는 형평성과 효율성을 기본 골격으로 하는 도시공공서비스의 하나로 인식하고, 학교의 교육 효과가 최대화될 수 있는 곳에 입지되어야 한다고 주장한다. 따라서 학교 입지의 결정에는 학생수의 변동, 입지, 지역 사회적 역할 등을 종합적으로 세심하게 검토할 필요가 있다(최기석, 2017). 이성용, 하창현(2007)은 학교의 입지 선정 기본원칙으로 도시계획시설의 특성 및 종류에 따라 입지를 선정하는 원칙, 공간적 효율성 및 사회적 형평성 원칙, 법령, 단지적 특성과 도시적 특성, 행정적·절차적 부문을 따르는 원칙을 제시하고 있다.

학교 입지 선정에 관한 연구에서 김경수, 백태경(2007)은 부산시 지역내 학교시설 이적지의 이전 전후의 비교를 통해 입지특성을 분석하였다. 그 결과 학교 입지 선정시 지역의 여건을 감안한 학교시설 입지 선정이 요구되고 명확한 가이드라인을 제시해야 한다고 강조하였다. 문송태(2010)는 대구광역시에 위치한 초등학교의 입지 특성을 조사·분

석하여, 도시발달과 인구변화에 대응하는 학교시설의 입지와 적정배치에 관한 방안을 제시하였다. 그 결과 교육환경, 접근성과 활용도, 적정한 통학구역을 고려하여 학교 입지를 선정하고, 지역사회와 연계하여 도시개발에 대응하는 학교시설계획을 수립해야 한다고 밝혔다. 그리고 김형돈(2013)은 택지개발사업을 진행하는 도시계획 단계별로 학교용지의 입지적 측면을 다룸에 있어서 학교 자체 용지보다는 다른 용지와의 상호 관련 관계를 제시함으로써 실무자가 전체 토지이용계획을 작성하고 지구 단위계획을 작성할 때 활용할 수 있는 학교 용지와 관련되는 용지 간의 입지 근거 및 조건을 제시하였다. 즉, 쾌적한 교육환경 조성을 위해 학교가 학교용지, 공원용지, 주거용지, 근린상업용지, 문화용지에 대한 상호 연관적 관계에서 어디에 어떻게 있어야 알맞은 것인지에 대한 입지 방향을 제시한 것이다.

한편, 이화룡, 동재욱(2011)은 현 법령이 정하는 통학거리와 통학구역 기준에 대한 문제점을 지적하고, 사회·경제적 발전과 인구구조의 변화를 반영한 초·중등학생들의 적정한 통학거리를 제안하여 효율적인 학생수용계획과 신도시 등 개발지 내에서의 합리적인 학교 배치를 제시하였다. 김충녀(2004)는 학교입지 변화와 학생 개개인의 통학거리를 통한 학교의 접근성에 대한 경험적 연구를 통하여 학교입지의 공간적 평등관계를 분석하였다. 그 결과 신설학교 설립시 학교위치, 도시개발, 인구분포 등에 대한 사전조사가 자세히 이루어져야 하고, 통학거리의 불평등 문제의 해결을 위하여 인구밀집지역, 인구감소지역, 외곽지역 등 지역의 특성을 고려하여 학교 규모에 따라 차별성을 두는 학교 입지정책이 필요하다고 강조하였다.

이상에서 보듯이 대부분의 학교 입지 관련 선행연구는 입지의 특성을 파악하고 학교 설립시의 고려사항을 제시하고 있다. 하지만 이러한 선행연구는 실제 사례에서의 공간적 문제에 대한 해결책을 제시하는 데는 미흡한 실정이다. 이러한 한계를 극복하기 위해 최근 들어 공간적 접근, 특히 GIS를 이용하여 공간적 효율성과 형평성을 고려한 연구가 수행되고 있다.

이러한 문제 의식을 바탕으로 본 연구의 목적은 GIS를 활용하여 제주시 동지역 고등학교의 공간적 분포를 분석하고, 공간적 의사결정체계를 바탕으로 이 지역에 평준화 일반고등학교 신설시 최적의 입지를 모색하는 데 있다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다. 첫째, 제주시 동지역 고등학교 공간적 분포 특성을 고려한 입지 후보지는 어디인가? 둘째, 학생들의 평균 이동 거리를 고려한 최적의 입지는 어디인가? 셋째, 학생 수용을 고려한 최적의 입지는 어디인가?

II. 이론적 배경

1. 고등학교 입지 선정의 중요성과 학교시설 결정기준

고등학교를 포함한 학교시설은 균등한 서비스를 제공하는 형평성과 효율성 측면에서 바라볼 필요가 있다. 이러한 관점에서 볼 때, 학교시설은 주민복지의 증진은 물론이고 이용자의 편리성을 고려한 사회적 형평성이 중요한 실천 목표가 되어야 하며, 학교시설의 지역 불균등을 완화하는 것은 매우 중요하다(우종현, 2002). 권진모(2010)에 의하면 학교시설은 교육의 효과가 최대화될 수 있는 곳에 배치되어야 한다. 뿐만 아니라 2025년부터 본격 시행되는 고교학점제에서는 인근 고등학교로의 선택과목 이수에 대한 요구가 높아지게 될 것이다. 이를 위해서 고등학교를 이설하거나 신설할 경우, 학생들이 일과 시간 내에서 이동할 수 있는 거리의 최소화과 학생 수용의 최대화를 고려하여 고등학교의 입지를 선정할 필요가 있다(김성연, 2021). 「도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」 제2조에 의하면 학교에 대하여 도시계획시설을 결정하는 경우에는 그 시설의 기능을 최대한으로 발휘하도록 중요한 세부시설에 대한 조성계획을 함께 결정하도록 하고 있다. 또한 김경수와 백태경(2007)은 동규칙 89조에 의한 학교의 결정기준을 <표 1>과 같이 생활권의 중심기능, 적정배치, 안전성, 교육환경으로 구분하여 제시하고 있다.

<표 1> 학교시설 결정 기준 고려사항

구 분	주요 고려사항
생활권의 중심 기능	<ul style="list-style-type: none"> - 통학권의 범위 - 주변 환경 정비 상태 - 초등학교의 근린주거구역 단위 설치(근린주거구역 중심기능 수행)
적정배치	<ul style="list-style-type: none"> - 지역 전체의 인구규모 - 취학률을 감안한 학생수 추정 - 지역별 인구 밀도
안전성	<ul style="list-style-type: none"> - 급경사지·저지대 등 재해 발생 - 초등학교의 안전성과 편리성(통학거리 1,000미터 이내 배치) - 보행자 전용도로·자전거전용도로·공원 및 녹지 축과 연계
교육환경	<ul style="list-style-type: none"> - 위생·교육·보안상 지장을 초래하는 공장·쓰레기처리장·유해업소·소음·진동·고속도로·철도 등과의 이격 - 일조·통풍 및 배수 - 녹지 등 차단 공간 확보

※ 출처: 김경수, 백태경(2007: 104).

한편, 2008년 개정된 「학교보건법」이 시행됨에 따라 학교용지 선정시 교육환경평가가 의무화되었고, 2016년 「교육환경 보호에 관한 법률」 제정으로 학교설립자, 도시·군관리계획의 입안자, 개발사업시행자 등은 교육환경에 미치는 영향에 관한 평가서를 관할 교육감에게 제출하고 그 승인을 받도록 하고 있다(교육환경정보시스템, 2023).

교육환경평가는 안전하고 쾌적한 교육환경의 근본적인 확보와 학생들의 학습권 보장을 위하여, 학교예정지 및 기존학교 일대의 위치, 교통, 일조, 지형, 환경, 위험시설, 공공시설 등의 항목을 평가하고 위해성이 있는 환경은 사전에 배제하거나 최소화하기 위한 제도이다. 즉 학교설립 이후 학생들에게 제공될 물리적·정서적인 환경 중 부정적이거나 유해 가능성이 있는 환경은 사전에 배제하거나 최소화하는 것이 목적이다. 그 평가 기준은 위치, 크기 및 외형, 지형 및 토양 환경, 대기환경, 주변유해환경, 공공시설 등으로 구분할 수 있으며, 그에 따른 각각의 평가 기준이 마련되어 있다. 이러한 맥락에서 정만교(2011)는 학생안전과 교육환경 보호를 핵심으로 학교입지의 적정성 방안을 모색하였고, 기설학교뿐만 아니라 교육환경평가 사례분석을 통해 교육환경평가제도 시행 이후 신설되는 학교입지의 문제점을 분석하고 개선방안을 제시하기도 하였다.

2. 공간최적화 기법

공간최적화(spatial optimization) 기법은 특정 공간 내의 수요와 공급 관계를 해결하는 데 최적의 입지를 탐색하는 방법론이다. 이러한 공간최적화 기법은 기본적으로 공간적 효율성(spatial efficiency)과 공간적 형평성(spatial equity)에 중점을 두고 있다. 공간의 효율성은 제한된 양의 자원 투입으로 최대치의 목표를 달성하는 것이며, 반면에 공간적 형평성은 공간적 불평등 즉, 행정구역과 같이 공간적으로 정의되는 인구집단 간의 특정 속성이 불평등하게 발생하는 현상을 시정하려는 것에 목표를 둔다(유창호, 이왕무, 박성현, 신승식, 2017). 일반적으로 최적 입지에 대한 탐색은 각 수요 지점에 모든 서비스를 공급하는 시설을 배치시키는 것이 효율적이지만 그렇지 못할 경우에는 다수의 수요를 포섭하는 방안으로서의 공간최적화 기법이 적절하다.

공공시설의 최적입지를 찾아낼 때 사용되는 공간최적화 기법의 모형은 다음 2가지로 대별된다. 첫째는 공간을 유클리드 평면으로 간주하여 어떠한 지점도 최적입지점이 될 수 있는 연속적인 공간을 대상으로 하는 연속모형이다. 연속모형으로는 도시 내 공공시설과 이용자 간의 총 통행거리를 최소화시켜 공공시설의 입지점을 찾는 방안으로 공간적 효율성을 추구하는 베버(Weber)모형이 있고, 공공서비스 이용에 따른 불편이 없도록 공공시설과 시설 이용자 사이의 통행거리를 최소화시키는 곳의 공공시설 입지점을 찾는, 즉 공간적 형평성을 추구하는 라울(Rawls) 모형이 있다. 또 다른 연속모형은 몇 개

의 시설을 입지시키는 것이 최적이며, 각 시설에서 어느 지역의 이용자를 배분 혹은 할당하는 것이 효율적인가를, 공공시설과 이용자간의 총 통행거리를 극소화시키는 것을 통해 해답을 구하는 입지배분모형이 있다(윤대식, 윤성순, 1998).

둘째는 공간 상태를 노드와 링크로 구성된 네트워크로 보아 노드 중의 어떠한 지점에 최적입지가 결정되는 것으로, 불연속적인 공간을 대상으로 하는 이산모형이다. 이산모형은 크게 3가지로 세분화된다. 우선 단일시설 입지모형은 네트워크 상의 노드 사이에서 시설이용자의 총 통행거리를 최소화하는 공공시설의 입지점을 찾는 것이다. PMP(P-median Problem) 모형은 공공시설과 시설 이용자간의 총 통행거리를 최소화시키면서 n 개의 수요노드 가운데 공공시설을 m 개의 수요노드에 입지시키는 분석방법이다. 그리고 MCLP(Maximal Covering Location Problem) 모형은 최대수요 입지모형으로 불리며, 일정한 시간이나 기준거리내에서 가능한 많은 서비스 이용자에게 서비스가 도달되도록 p 개의 시설을 배치하고자 하는 분석방법이다(이성용, 하창현, 2007). 최근에 와서 학교 입지와 관련하여 PMP와 MCLP 모형이 주로 사용되고 있다.

3. GIS(Geographic Information System)를 활용한 선행연구 분석

GIS(Geographic Information System)란 인간생활에 필요한 지리정보를 컴퓨터 데이터로 변환하여 효율적으로 활용하기 위한 지리정보시스템이다. GIS는 지리적 위치를 갖고 있는 대상에 대한 위치자료(spatial data)와 속성자료(attribute data)를 통합·관리하여 지도, 도표 및 그림과 같은 여러 형태의 정보를 제공한다. GIS의 주요 기능은 다양한 도형자료와 속성자료를 가지고 있는 수많은 데이터 파일에서 필요한 도형이나 속성정보를 추출하고 결합하여 종합적인 정보를 분석, 처리할 수 있는 환경을 제공하는 것이다(국가공간정보포털, 2023). 이를 위해 GIS는 시계열 분석, 네트워크 분석, 버퍼링 분석, 가중치 분석, 지형분석 및 중첩 분석 등의 기능을 제공한다. 따라서 GIS에서 제공하는 공간분석의 수행 과정을 통하여, 다양한 계획이나 정책수립을 위한 시나리오의 분석, 의사결정 모형의 운영, 변화의 탐지 및 분석을 실행할 수 있다.

조성아, 김성연(2021)은 서울시를 사례로 GIS 기반 공간최적화 기법을 활용하여 특성화고등학교의 공동실습소 배치의 최적 입지에 대해 탐색하였다. 연구 결과, 학생들의 이동거리를 최소화하는 입지 구성에 대해 확인할 수 있었으며, 5개의 공동실습소를 배치하는 경우 모든 학생을 수용할 수 있음을 제시하였다. 또한 김성연(2021)은 서울시를 사례로 고교학점제 시행에 따라 일반고 학생들의 이동 거리 최소화화 학생 수용 최대화를 고려한 공동교육과정 과목을 개설하는 최적의 학교 입지를 탐색하였다. 그 결과 30% 이상의 일반고에서 공동교육과정 과목을 개설하면 학생들의 평균 이동거리는 625m 이하

이며, 모든 학생을 수용할 수 있음을 밝혔다. 그리고 20% 이상의 대학에서 공동교육과정을 개설하면 전체 대학에서 개설할 때와 동일한 수의 학생을 수용할 수 있다고 분석하였다.

한편, 심종익(2009)은 중학교 배정을 위해 그동안 수작업으로 이루어졌던 부정확한 근거리 표 작성문제를 개선하기 위해, GIS의 네트워크 분석 가운데 입지-배분모델을 기반으로 하는 의사결정 시스템을 제안하였다. 조창희, 동재욱, 이화룡(2019)은 학생배치와 학교설립 업무 관련 기존 시스템에 대한 비교분석과 설문 등 사용자 분석을 통해, GIS 기반 시스템의 기능개선 요소를 도출하여 업무의 생산성을 향상시키고 사용자 만족도를 높이하고자 하였다. 이에 본 연구에서는 GIS를 기반으로 공간적 효율성 및 형평성을 고려하며 현행 법규에 의거하여 최적의 고등학교 입지선정을 모색하고자 한다.

III. 연구방법

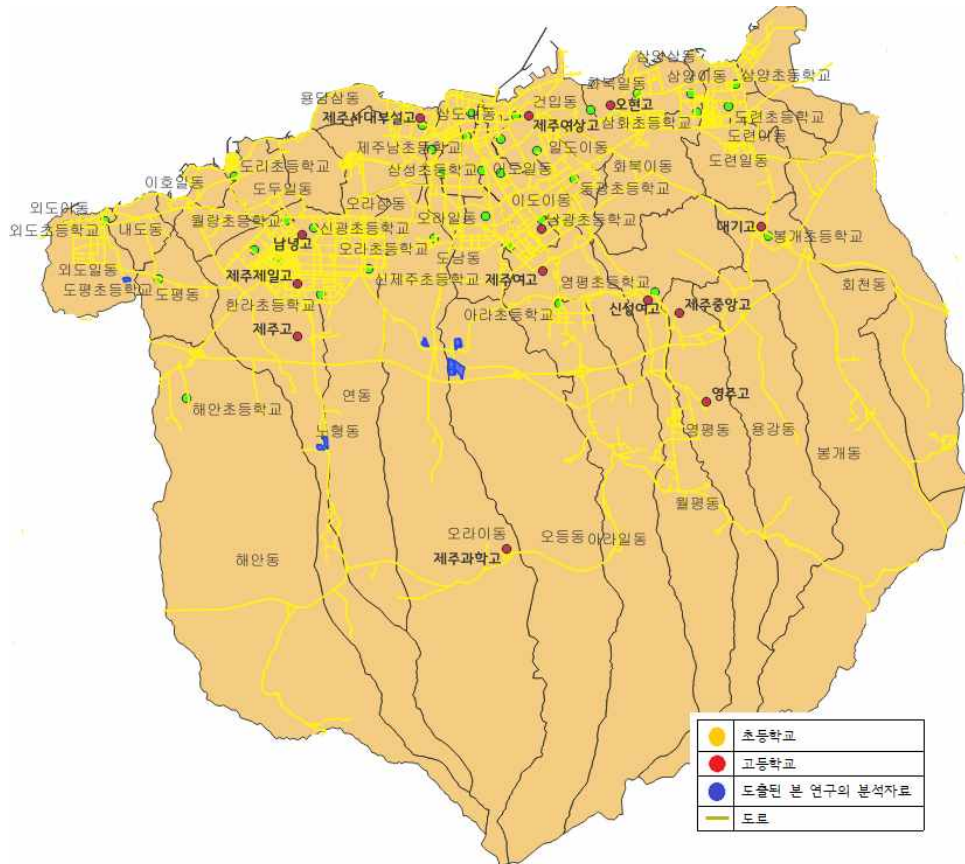
1. 분석자료

본 연구에서는 GIS에서 이용 가능한 자료인 공간 자료와 속성 자료를 활용하였다. 첫째, 공간 자료로는 학교 입지의 공간적 범위를 제한하는데 필요한 읍면동 행정구역, 입지가능지역과 제한 지역을 위한 지적도와 등고선, 추가적으로 입지할 고등학교와의 상관관계를 분석하기 위한 제주시 동지역 평준화와 비평준화 고등학교 위치, 고등학교 학생들의 실거주지를 중심으로 사용하기 위한 제주시 동별 초등학교의 위치, 학생들의 실제 통학거리를 위한 제주시 동지역 내부도로망을 사용하였다. 둘째, 속성 자료로는 특화도계수를 분석하기 위한 고등학교 학생수, 그리고 고등학교 학생들의 실거주지 파악이 어렵기 때문에 그 지역의 고등학교 학생수를 대체하여 사용할 제주시 동별 초등학교의 학생수, 제주시 동지역의 토지 면적 및 소유자 정보 등의 토지임야정보를 사용하였다.

「제주특별자치도교육감의 고등학교 입학전형 실시 지역 지정 및 해제에 관한 조례」에 의하면 제주시 평준화 고등학교는 제주시 동지역(읍·면 지역은 제외)으로 규정하고 있다. 이에 본 연구는 제주시 동지역 평준화 고등학교를 사례로 분석한다. 현재 제주시 동지역 평준화고는 8개교, 비평준화고는 5개교, 초등학교 수는 34개교이다. 평준화 고등학교를 포함한 제주시 동지역의 고등학교 및 제주시 동별 초등학교의 정확한 위치는 주소 기반을 지오코딩하여 도출하였고, 그 자료는 제주특별자치도교육청, 국가교통DB, 국가공간정보포털에서 수집하였다. 이러한 과정을 통해 도출된 본 연구의 분석자료는

1) 분석자료에 대한 보다 구체적인 도출 과정은 73쪽에 후술함.

다음의 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 도출한 제주시 동지역의 분석자료

2. 분석방법

가. 특화도 계수 분석

특화도 계수는 특정 산업이 해당 지역 내에서 차지하는 비중과 전국에서 차지하는 비중을 비교하여 해당 산업이 특정 지역에 집중되어 있는 정도를 나타내는 지역 간 상대 특화도를 측정하는 지수이다(Feser, 2001, 김성연, 이선영, 2015). 본 연구에서는 고등학교 제주시 동별 특화도 계수를 동별 초등학교 학생수 대비 동별 고등학생 수로 산정하였으며, 그 산식은 아래와 같다. 계산된 특화도 계수의 값이 클수록 해당 지역에 고등학교가 그 지역의 학생수에 따른 접근이 충분히 지원, 제공되고 있다고 해석할 수 있다.

$$\text{특화도 계수} = \frac{\text{동별 고등학교 학생수} / \text{동별 초등학교 학생수}}{\text{제주시 동지역 고등학교 학생수} / \text{제주시 동지역 초등학교 학생수}}$$

나. PMP(P-median Problem) 분석

공간최적화 기법은 목적식과 이를 제한하는 제약식으로 구성된다. 최적화는 제약식에 제시된 조건 하에서 목적식의 최적값을 구하는 방식으로 입지를 탐색하는 데 사용한다. PMP 분석은 수요 지점에서의 각 시설까지 가중 거리의 총합을 최소화하는 것을 목적식으로 한다. 본 연구에서는 일반고 입지를 공급지점으로 정의하고, 초등학교 위치 및 학생수를 수요 지점과 가중치로 활용하였다. 이를 정리하면, 초등학교의 학생수를 가중치 a_i 로, 초등학교의 위치를 수요지점 i 로, 기존 평준화고 및 신설 평준화고 입지후보지를 공급지점 j 로 나타냈다. 평준화고의 수는 상수 p , 그리고 d_{ij} 는 수요지점 i 와 공급지점 j 사이의 네트워크 거리로 정의할 수 있다.

목적함수 :

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} x_{ij}$$

제약식 :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \forall i$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} = p, x_{jj} \geq x_{ij}, \forall i, j, i \neq j$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, i \text{의 수요가 } j \text{에 할당되었을 때} \\ 0, \text{그 외} \end{cases}$$

다. MCLP(Maximal Covering Location Problem) 분석

MCLP 분석은 일정 거리 내에 최대한의 학생수를 포섭할 수 있는 입지를 탐색하는 방법이다. 즉, MCLP 분석은 일정 임계 거리 조건하에서 신설 학교가 수용 가능한 학생수를 최대화하는 것을 목적식으로 한다.

목적함수 :

$$\max \sum_{i \in I} a_i y_i$$

제약식 :

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i, i \in I$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p$$

$$x_j = \begin{cases} 1, & j \text{에 신규가 입지하였을 때} \\ 0, & \text{그 외} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, & i \text{의 수요가 포섭되었을 때} \\ 0, & \text{그 외} \end{cases}$$

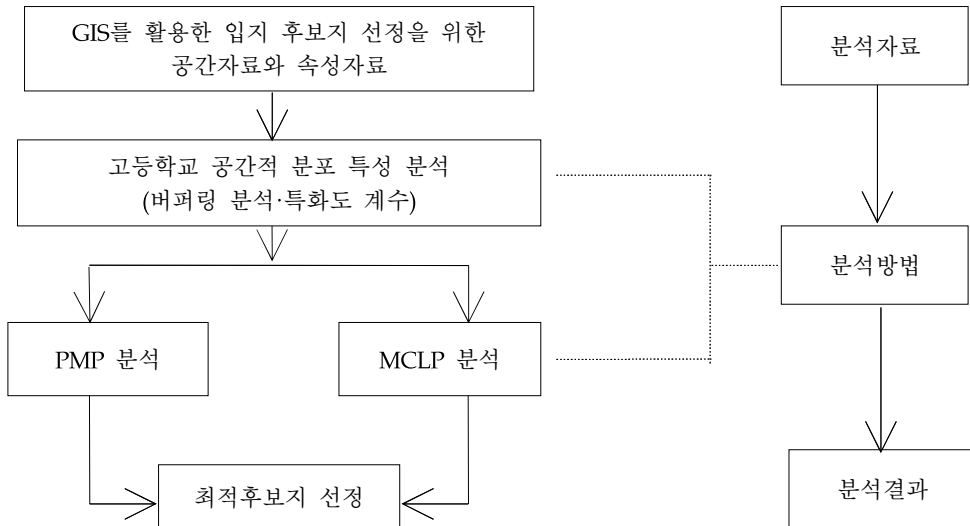
여기서 I 는 수요 지점의 집합을 나타냄

초등학교 위치를 수요지점 I 로, 초등학교 학생수를 가중치 a_i 로, 기존 평준화고 및 신설 평준화고를 공급지점 j 로 나타낸다. 상수 p 는 전체 평준화고의 수로 정의할 수 있다. 고등학교의 경우 MCLP 모형에서의 최대 임계 거리는 교육환경평가에 근거하여 대중교통을 이용한 통학거리 30분을 적용하였다. 그리고 임계거리는 도심 통행 속도²⁾을 15km/h 가정하여 7.5km로 정하였다.

3. 분석절차

본 연구의 분석절차를 제시하면 아래 [그림 2]와 같다.

2) 제주특별자치도 교통정보센터에서 제공하는 구간별 도로평균속도를 이용하여 재설정함.



[그림 2] 분석절차

본 연구에서는 도출한 분석자료를 효과적으로 분석하기 위하여 지리공간분석도구인 QGIS 3.22와 ArcGIS Pro 3.1을 사용하였다. 그 구체적인 절차는 다음과 같다. 첫째, GIS의 버퍼링 기능과 특화도 계수를 이용하여 현 고등학교의 공간적 분포 특성을 분석하였다. 둘째, 학생들의 이동거리를 최소화하는 지점을 찾기 위해 PMP 분석을 활용하였다. 셋째, 일정 거리내에 최대한 많은 학생수를 포섭할 수 있는 지점을 찾기 위해 MCLP 분석을 활용하였다.

IV. 분석결과

1. 고등학교 공간적 분포 특성 분석

본 연구에서는 제주시 동지역 모든 유형의 고등학교가 공간적으로 어떻게 분포되어 있는지를 파악하기 위해 GIS를 활용한 버퍼링 분석을 실시하였다. 고등학교에서의 버퍼는 15세~49세의 평균도보 속도를 기준으로 30분 이내의 거리인 2km를 적용하였다. 버퍼링 분석 결과, [그림 3]에서 보듯이 상대적으로 동지역 서부 외각 지역인 외도동과 내도동, 중심지에 위치한 오라동 지역이 부분적으로 고등학교가 없는 사각지대로 나타났다. 이러한 결과는 단순히 고등학교의 도달 범위에 기초한 공간 분포만을 보여주는 것으로, 각 동별로 학생들에게 고등학교 접근이 충분히 제공되는지에 대해서는 알 수 없

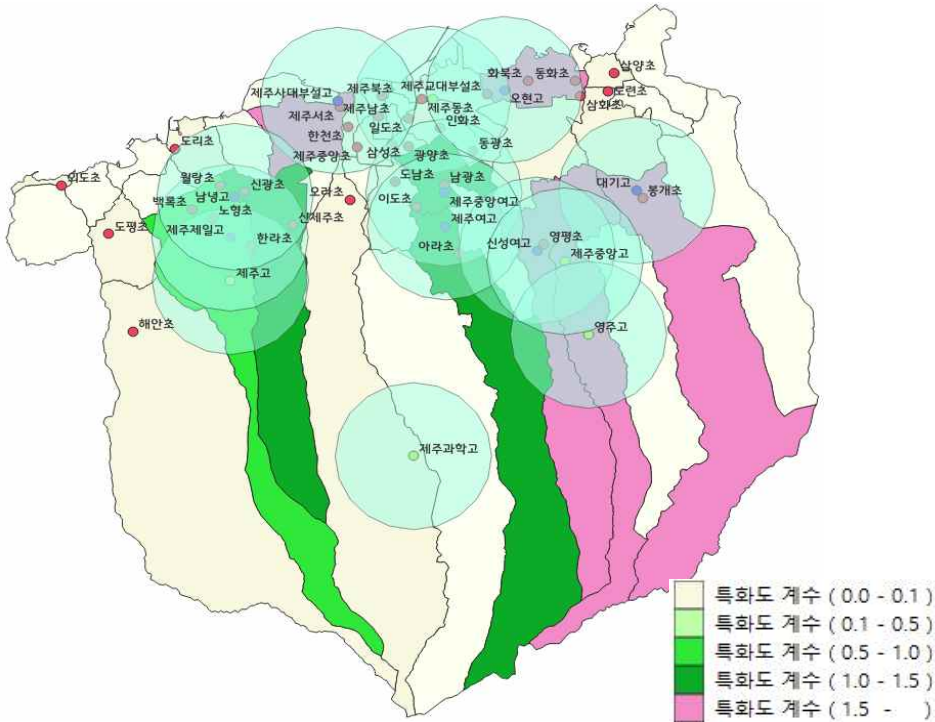
는 한계가 있다. 따라서 제주시 동별로 특화도 계수 분석을 하였고, 그 결과는 아래 <표 2>와 같다.

<표 2> 고등학교 동별 특화도 계수

동지역	특화도 계수	순위	동지역	특화도 계수	순위
월평동	3108.29196	1	용담일동	0.00885692	13
봉개동	10.9524505	2	도두일동	0.00816350	14
영평동	3.45511758	3	삼도이동	0.00664911	15
용담이동	2.83862279	4	도평동	0.00597381	16
화북일동	2.46587033	5	삼도일동	0.00371790	17
건입동	1.41655845	6	도남동	0.00327239	18
연동	1.40340785	7	화북이동	0.00306677	19
아라일동	1.19971961	8	이도일동	0.00245079	20
이도이동	1.11153790	9	삼양이동	0.00215596	21
노형동	0.94477035	10	도련일동	0.00188802	22
오라이동	0.35572730	11	외도이동	0.00152320	23
해안동	0.01994733	12	일도이동	0.00097990	24

※ 주: 초등학교와 고등학교가 존재하지 않는 동은 제외함.

<표 2>에서 보듯이 초등학교와 고등학교가 존재하지 않는 제주시 동지역을 제외하면, 특화도 계수가 큰 지역은 월평동, 봉개동, 영평동, 용담이동, 화북일동 순으로 나타났다. 그리고 특화도 계수가 작은 지역은 일도이동, 외도이동, 도련일동, 삼양이동 순으로 나타났다. 구체적으로 살펴보면, 총 24개 동 가운데 노형동과 오라이동을 비롯해서 15개 동은 특화도 계수가 1 미만이다. 즉 1 미만의 지역은 고등학교 접근이 제대로 이루어지지 않는다고 분석할 수 있다. 반면에 특화도 계수가 1을 넘는 9개 지역은 고등학교 접근이 제대로 이루어지고 있다고 말할 수 있다. 이 중에 연동을 제외한 나머지 동은 구도심지역, 즉 제주시 동지역의 동부에 해당한다. 버퍼링 분석결과와 특화도 계수를 종합하면 [그림 3]과 같다.



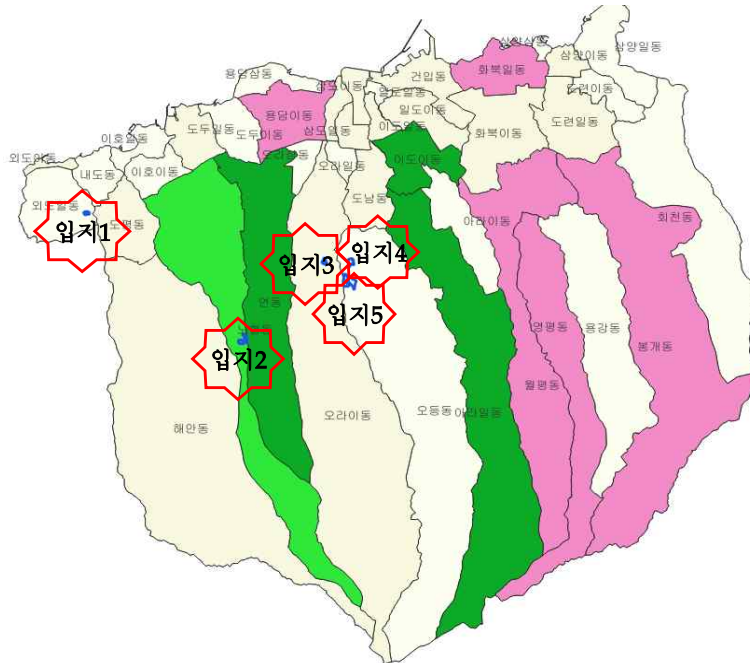
[그림 3] 버퍼링 분석과 특화도 계수를 종합한 결과

또한 앞에서 제시한 분석자료를 바탕으로 입지 제한지역을 제외하고 입지 가능지역을 도출하기 위해 다음의 요소들을 GIS에 적용하여 분석하였다. 1차적으로 a) 토지 용지에 따른 제한구역, 현 고등학교에서 2km 이내 지역³⁾, b) 등고선 400미터 지점⁴⁾ 표시를 입력하여 입지 제한지역을 도출하였다. 2차적으로는 c) 전·담·과수원 지역, d) 공유지⁵⁾, e) 면적 11,529M² 이상인 지역⁶⁾, f) 도로로부터 좌우 100미터 이내 지역⁷⁾을 입력하여 고등학교 입지 가능지역을 또한 도출하였다. 그리고 입지 가능지역과 입지 제한지역을 중첩하여 분석한 결과, 고등학교 신설 입지후보지는 연구방법의 분석자료에서 기술한 것처

- 3) 지역 쏠림 현상과 향후 고교학점제 시행을 고려하여 기존 고등학교에서 걸어서 30분 거리에 해당하는 2Km 이내로 설정함.
- 4) 그 이상의 지점에는 상주 인구가 없음을 고려하여 설정함. ([그림 3]에서 제시한 특화도 계수와 등별 면적과는 관계가 없음.)
- 5) 토지소유주의 경우 최근의 학교 부지 선정 후 토지 매입에 대해 토지 소유주와의 분쟁 소지가 있으므로 계획된 시점에 개교의 어려움이 발생하고 있는 점을 반영하여 사유지는 제외하고 공유지로 설정함.
- 6) 교사와 체육관을 포함하여 27학급 기준 총학생수 870명을 기준으로 설정함(「고등학교 이하 각급 학교 설립·운영 규정」의 기준면적을 적용함).
- 7) 교통의 편의 및 도로 개설 등을 고려하여 설정함.

럼 [그림 1]과 같이 나타났다.

앞에서 제시한 [그림 1]의 분석 자료와 공간적 분포 특성 분석을 종합하면, 제주시 동 지역에서 고등학교 신설을 위한 최종 후보지는 [그림 4]의 5개 지역으로 도출할 수 있다.



[그림 4] 고등학교 신설 최종 5개 후보지

2. PMP 분석결과

[그림 4]에서 도출한 고등학교 신설을 위한 입지 후보지 5개를 바탕으로 PMP 분석을 실시하였다. 우선 PMP 분석을 이용해 고등학교 수에 따라 학생들의 총 이동거리를 최소화하는 입지를 탐색하였다. 이를 위해 본 연구에서는 기존 8개의 고등학교와 입지 후보지 5개를 포함해 총 13개의 학교입지에 대해서 분석하였다. 실제 도로를 이용한 최단 거리를 구하기 위해 사용한 네트워크 분석 결과가 기존 도로망과 중첩되어 나타나는 문제가 있으므로, 시각화의 효율성을 위해 다음 [그림 5]에서는 직선으로 표현하였다. PMP 분석 결과, 학교 수를 9개로 설정한 경우 기존 8개의 학교와 입지 후보지 중에 입지1이 선정되었다. 선정된 입지1을 시각화하면 [그림 5]와 같다.



[그림 5] PMP 분석결과

3. MCLP 분석결과

[그림 4]에서 선정한 고등학교 신설을 위한 입지 후보지 5개를 바탕으로 MCLP 분석을 실시하였다. PMP 분석과 달리, MCLP 분석은 일정 거리 조건 하에서 이용 가능한 학생수를 최대로 하는 입지를 탐사하는 것이다. 본 연구에서는 PMP 분석에서와 같이 기존 8개의 고등학교와 입지 후보지 5개를 포함해 총 13개의 학교입지에 대해서 분석하였다. 실제 도로를 이용한 최단거리를 구하기 위해 사용한 네트워크 분석 결과가 기존 도로망과 중첩되어 나타나는 문제가 있으므로, 시각화의 효율성을 위해 다음 [그림 6]에서는 직선으로 표현하였다. MCLP 분석 결과, 학교 수를 9개로 설정한 경우 기존 8개의 학교와 입지 후보지 중에 입지1이 선정되었다. 선정된 입지1을 시각화하면 [그림 6]과 같다.



[그림 6] MCLP 분석결과

종합하면, PMP 기반 입지 선정과 MCLP 기반 입지 선정 결과 2가지 분석은 모두 후보지1을 고등학교 신설의 가장 적합한 곳으로 지지하였다. 이러한 결과는 공간 특성 분석을 통해 도출한 제주시 동지역의 중심지에 위치한 오라동, 그리고 서부에 위치한 도평동과 외도동 지역이 고등학교를 신설할 수 있는 후보지역이라고 해석한 것과 일치한다. 또한 초등학생 수가 많음에도 불구하고 고등학교가 없었던 외도동 지역은 특화도 계수가 0.0015232에서 1.228684로 상승하는 효과가 나타났다. 뿐만 아니라 공간적 특성 분석 시 사용했던 버퍼링 분석을 후보지1에 적용했을 경우, 외도동과 내도동 지역에 나타났던 사각지대도 사라짐을 확인할 수 있었다. 이는 제주시 전체 동지역에 고등학교가 균형적으로 분포될 수 있음을 보여준다. 따라서 본 연구의 결과 후보지1을 고등학교 신설의 최적 입지라고 판단할 수 있다.

V. 논의 및 결론

본 연구의 목적은 GIS를 활용한 공간적 의사결정체계를 바탕으로 제주시 동지역 평준화 일반고등학교를 신설할 때 최적의 입지를 탐색하는 데 있었다. 이를 위해 현 고등학교의 공간적 분포 특성, 입지 가능지역과 제한 지역, 그리고 학생들의 이동거리를 최소화하고 수용 가능한 학생수를 최대화하는 입지를 탐색하였다. 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, GIS의 버퍼링 분석을 실시한 결과 현 고등학교의 공간적 분포 특성은 상대적으로 제주시 동지역 서부의 외각 지역인 외도동, 내도동 및 중심지의 오라동 지역에서 사각지대가 나타났다. 그리고 특화도 계수 분석 결과, 총 24개 동 가운데 노형동, 오라이동을 비롯해서 13개 동이 특화도 계수가 1 미만으로 나타나, 이 지역은 고등학교 접근이 제대로 이루어지지 않고 있는 것을 파악할 수 있었다. 이러한 버퍼링 분석과 특화도 계수 분석을 종합한 결과, 제주시 동지역의 중심지에 위치한 오라동, 서부에 위치한 외도동, 도평동, 내도동 지역이 고등학교를 신설하는 적절한 입지인 것을 확인할 수 있었다. 또한 학교시설 결정기준과 교육환경평가를 활용해 입지 가능지역과 입지 제한 구역을 설정한 후 GIS의 중첩분석을 활용해 입지 후보지를 탐색하였다. 분석 결과, 최종 입지 후보지로는 동지역의 서부인 외도동, 중심지인 오라동, 오등동, 노형동 지역의 5곳으로 나타났다.

둘째, PMP 분석을 활용해 기존 8개의 고등학교와 입지 후보지 5개를 포함한 총 13개의 학교입지에 대해서 학생들의 총 이동거리를 최소화하는 적정 입지를 탐색하였다. 그 결과 외도동에 위치한 입지 후보지1이 선정되었다. 또한 MCLP 분석을 통해 일정 거리 조건 하에서 이용 가능한 학생수를 최대로 하는 입지를 탐색하였다. 기존 8개의 고등학교와 입지 후보지 5곳을 대상으로 분석한 결과, 외도동에 위치한 입지 후보지1이 동일하게 선정되었다. 즉, PMP 분석과 MCLP 분석을 활용해 최종 입지를 선정한 결과, 2가지 분석방법 모두 입지 후보지1을 최적의 장소로 도출하였다. 그러므로 입지 후보지1은 학생들의 총 이동거리를 최소화하고 이용 가능한 학생수를 최대로 하는 신설 고등학교의 입지라고 판단할 수 있다.

본 연구의 분석 결과를 바탕으로 2가지에 대해서 논의하고자 한다. 첫째, PMP 분석과 MCLP 분석을 활용한 입지 선정의 방식에 대한 것이다. 입지를 선정하는 방법은 다양하다. 하지만 이 2가지 방법을 활용하면 보다 객관적으로 입지를 선정할 수 있다. 김성연(2021)은 PMP 분석과 MCLP 분석을 통해 서울시에서 일반고 학생들의 이동 거리 최소화와 학생 수용 최대화를 고려한 공동교육과정 과목을 개설하는 최적의 학교 입지를 탐색하였다. 그리고 조성아, 김성연(2021)은 PMP와 MCLP 분석을 동시에 활용하여 실제 도로와 고등학교의 위치를 공간적으로 분석함으로써 연구의 정확도를 높이고 객관

적인 기준에서 공간적 의사결정을 도출하였다. 이처럼 2가지 분석방법을 적용해서 동일한 입지가 선정되었을 경우 이동거리를 최소화하고 수용성을 최대화할 수 있는 곳이라고 판단할 수 있다. 그러나 이 연구의 결과와 달리 PMP 분석결과와 MCLP 분석결과가 다르게 나왔을 경우에는 지역사회가 추구하는 가치와 목적에 따라 학생들의 이동거리 최소화 또는 학생수 최대화라는 조건을 고려해서 입지를 선택할 수 있다. 본 연구에서는 현재의 공간적 특성을 고려한 후 총 이동거리의 최소화와 최대 수용이라는 좀 더 객관적인 방법을 이용해 입지를 선정하였다. 이러한 공간최적화 기법은 앞으로 학교 입지를 선정할 시 유용하다는 것을 시사한다.

둘째, 제주도 지역의 평준화고는 「제주특별자치도교육감의 고등학교 입학전형 실시 지역 지정 및 해제에 관한 조례」상 제주시 동지역으로 제한되어 있다. 그리고 제주시 동지역의 인구가 증가하고 있고 평준화 일반고가 동지역에 집중적으로 몰려있음으로 인해 지역의 발전이 편중되는 현상이 발생하고 있다. 향후 지형 균형 발전을 위해서 뿐만 아니라 고교학점제를 효과적으로 운영하기 위해서는 평준화고교의 범위를 확장할 필요가 있다. 특히 동지역과 접해 있는 애월읍과 조천읍까지 그 범위를 확대하는 것도 고려해 볼 필요가 있다. 김충녀(2004)는 도시 팽창, 교통망의 발달, 주거지역의 분화과정을 고려하여 대전시가 광역화되면서 나타났던 인문계 고등학교의 단일 학군제 문제를 해결하기 위해 도시내부구조의 변화에 상응하는 새로운 학군 설정을 강조하였다. 동일한 맥락에서 김민호(2015)가 제주시 평준화고 지역의 일반고 선택 기회를 확대하기 위해, 단기적으로는 평준화 지역의 일반고 신설과 특목고 및 특성화고를 일반고로의 전환을, 장기적으로는 제주시 동지역 인접 읍면의 일반고부터 평준화 지역으로 편입하면서 평준화 지역을 읍면으로 확대하는 것을 제안하기도 하였다.

이상의 논의를 바탕으로 한 연구자의 결론은 다음과 같다. 첫째, 제주도 조례에 의거한 현 상황에서 일반고를 신설한다면 학생들의 이동거리와 최대 수용가능성을 고려하여 외도 지역을 최우선 지역으로 선정할 수 있다. 둘째, 제주시 동지역과 같이 고등학교가 집중적으로 배치됨으로써 인구 쏠림 현상이 나타나고 지역이 균형적으로 발전하는데 장애 요인이 발생할 경우, 관련 법적 규정을 변경해 제한지역을 확대하는 방안도 혁신적으로 고려해야 한다. 셋째, 향후 학령인구 감소와 도시계획 등으로 고등학교가 추가로 신설되거나 이설될 경우, 본 연구에서 사용한 특화도 계수, PMP 분석, MCLP 분석 방법을 적용하여 공간적 효율성과 형평성을 최대화하는 공간적 의사결정을 실행할 수 있다.

마지막으로 본 연구는 고교선택(선지원 후추첨)과 관련한 학부모 및 학생들의 선호도와 모방학습, 학생들의 통학수단에 따른 이동거리의 차이, 학생들의 실거주지 등 실제 문제의 특성을 모두 고려하지 못한 한계가 있다. 따라서 향후 후속연구에서는 다양한 배경 변인을 고려한 연구가 수행될 필요가 있다.

참고문헌

- 강봉수, 정진현. (2010). 제주지역주민의 교육요구 조사연구(II): 제주의 고등학교 교육쟁점과 그 대안. **교육과학연구**, 12(2), 455-479.
- 교육환경정보시스템. (2023). <https://eeis.schoolkeepa.or.kr/institution/view01.do>에서 2023. 4. 1. 인출.
- 국가공간정보포털. (2023). <http://www.nsdi.go.kr/lxportal/?menu=2725>에서 2023. 5. 20. 인출.
- 권진모. (2010). 울산광역시 중등학교 입지의 도시적 특성에 관한 연구. 석사학위논문. 울산대학교.
- 김경수, 백태경. (2007). 학교시설 이적지의 시설입지 전·후 특성에 관한 연구. **한국지리정보학회지**, 10(2), 103-111.
- 김민호, 유성상, 하지의, 양연숙, 오지은. (2015). 제주특별자치도 고교체제 개편에 관한 연구. 제주: 제주대학교 산학협력단.
- 김성연. (2021). 고교학점제에 따른 일반고의 공동교육과정 과목 개설학교 입지 분석: 서울시를 중심으로. **한국산학기술학회논문지**, 22(3), 148-159.
- 김성연, 이선영. (2015). 서울시 영재교육기관의 공간적 분포특성 분석. **영재교육연구**, 25(5), 711-729.
- 김충녀. (2004). 인문계고등학교의 입지와 통학거리 변화에 관한 연구: 대전시를 사례로. 석사학위논문. 한국교원대학교.
- 김형돈. (2013). 택지개발사업의 쾌적성을 위한 단계별 학교 입지 결정조건에 관한 연구. **대한교육환경연구원학술지**, 12(2), 31-42.
- 김형돈, 김성중, 남정훈. (2009). 도시쾌적성을 위한 학교용지의 입지결정방향에 관한 연구: 학교용지와 공원용지와의 연관적 배치를 중심으로. **대한교육환경연구원학술지**, 8(1), 34-46.
- 문송태. (2010). 대구광역시 초등학교시설 입지와 적정배치에 관한 연구. 석사학위논문. 한국교원대학교.
- 심종익. (2009). GIS기반 학교 배정 의사결정 시스템. **한국정보기술학회논문집**, 7(6), 199-205.
- 심한별, 박소현. (2012). 학교입지의 사회적 쟁점과 결정에 대한 연구: 서울 성산동과 대구 만촌동의 사립학교 이전 갈등사례 분석. **대한건축학회 논문집**, 28(12), 341-352.
- 우중현. (2002). 도시공공서비스 측면에서의 대구시 고등학교 분포 특성. **한국지역지리학회지**, 8(3), 314-325.
- 유창호, 이왕무, 박성현, 신승식. (2017). 공공시설물의 적정입지 선정에 관한 연구. **한**

국지적정보학회지, 19(3), 151-162.

윤대식, 윤성순. (1998). **도시모형론: 분석기법과 적용**. 서울: 홍문사.

이성용, 하창현. (2007). 도시계획시설의 입지선정기준 기초연구. 제주: 제주발전연구원.

이화룡, 동재욱. (2011). 개발지내 학교 적정배치를 위한 학생 통학권역 설정에 관한 연구. **대한건축학회논문집**, 27(6), 77-84.

정만교. (2011). 대도시 지역 학교입지에 관한 연구: 인천광역시를 중심으로. 석사학위 논문. 한국교원대학교.

제주특별자치도교육청. (2022). 2022~2027학년도 초·중·고·특수학교(급) 중기학생배치계획. 제주: 제주특별자치도교육청.

조성아, 김성연. (2021). 서울시의 특성화고등학교 공동실습소 입지 분석. **한국콘텐츠학회 논문지**, 21(4), 393-403.

조창희, 동재욱, 이화룡. (2019). GIS기반 학생배치·학교설립시스템 개선방안 연구. **한국교육시설학회논문집**, 26(1), 9-16.

최기석. (2017). 도시재생에 있어서 학교 중심의 계획요소와 적용에 관한 연구. 박사학위논문. 한국교원대학교.

제주특별자치도교통정보센터. (2023). http://www.jejuits.go.kr/road_statistics/road_statisticsView.do에서 2023. 5. 10. 인출.

통계청. (2021). 주요 연령계층별 추계인구(생산 연령 인구, 고령인구 등)/전국. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1BPA402&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=A41_10&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do에서 2023. 5. 1. 인출.

헤드라인제주. (2011). <https://www.headlinejeju.co.kr/news/articleView.html?idxno=106938>에서 2023. 6. 1 인출.

Dewey, J. (1975). *School and Society*. 송도선 역. (2022). **학교와 사회**. 경기: 교육과학사.

Feser, E. J. (2001). *Introduction to Regional Cluster Industry Cluster Analysis*. Department of City & Regional Planning, University of North Carolina at Chapel Hill.

<참고법규>

고등학교 이하 각급 학교 설립·운영 규정

교육환경보호에 관한 법률

국토의 계획 및 이용에 관한 법률

도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙

제주특별자치도교육감의 고등학교 입학전형 실시 지역 지정 및 해제에 관한 조례
학교보건법

ABSTRACT

A Study on the Selection of New High School Location Using GIS

: Focusing on Equalized High Schools in Jeju

Oh, Seung Chun(Doctoral Candidate, Jeju National University)

Lee, In Hoi(Professor, Juju National University)

Recently, the Jeju Special Self-Governing Province Office of Education announced a plan establishing a general high school in Jeju City to solve the problem of increasing the number of students in Jeju City's general high schools and improve educational conditions. The purpose of this study is to explore the optimal location candidates for a new high school using spatial optimization approaches. For the proposed optimal location methods, PMP analysis and MCLP analysis were used after analyzing the spatial distribution characteristics of current high schools by using buffering analysis and location quotient as a method of proposing the optimal candidate. The main findings are as follows. First, as a result of exploring using GIS buffering analysis, location quotient, school facility determination standards, and educational environment evaluation, Oedo-dong (the western part of the Jeju City), Ora-dong, Odeung-dong, and Nohyeong-dong (the central parts of the Jeju City) were the final location candidates. Second, through PMP analysis and MCLP analysis, site 1 of location candidates was derived as the optimal location for a new high school that minimizes the total travel distance of students and maximizes the number of available students. Based on these results, location selection using PMP and MCLP were discussed. The procedures and results of this study can be used to select a high school location in the future.

[Key words] GIS, Location Selection, Location Quotient, PMP, MCLP