

## 철도 유희부지 활용방안: 군집분석을 활용한 태양광발전 입지 제안\*

강은경

경희대학교 일반대학원 빅데이터응용학과  
(luckiness1@khu.ac.kr)

권지윤

경희대학교 일반대학원 빅데이터응용학과  
(kwon31403@khu.ac.kr)

양선욱

경희대학교 일반대학원 빅데이터응용학과  
(seonuk.yang@khu.ac.kr)

양성병

경희대학교 경영대학 경영학과 & 빅데이터응용학과  
(sbyang@khu.ac.kr)

지구온난화와 기후변화 등의 유례없는 기상이변으로 전 세계 곳곳이 극심한 몸살을 앓고 있으며, 경제적 손실 또한 눈덩이처럼 불어나고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 2016년 ‘파리기후변화협정(The Paris Agreement)’이 체결되어 지구의 평균온도 상승을 1.5℃ 아래로 유지하기 위한 정부간 협의체가 결성되었으며, 우리나라도 2050년 탄소중립을 선언함으로써 기후제약을 막기 위한 노력을 진행하고 있다. 특히, 온실가스 배출로 인한 기온상승은 수출 의존도가 높은 우리나라 경제는 물론 환경과 사회 전반에 부정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 또한, 교통수단의 다변화가 가속화되면서 수단선택의 변화도 크게 증가하고 있는 가운데 저성장 시대의 개발 패러다임이 도시재생으로 변화함에 따라, 노선의 수요 감소, 선형 개량, 도심 철도의 외곽 이설 등에 영향을 받아 증가하고 있는 철도 유희부지 활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 한편, 철도 유희부지를 활용한 태양광발전은 ‘재생에너지 3020’의 태양광발전 목표를 일부 달성하면서도, 입지를 둘러싼 환경훼손과 주민 수용성 문제에서 자유로워질 수 있는 장점에도 불구하고, 설비설치나 설비 계획에 있어 미진한 상황이다. 이에, 본 연구에서는 국가철도공단과 재생에너지클라우드플랫폼에서 제공하는 데이터를 활용하여 태양광발전 설비 설치 가능한 적합 유희부지를 발굴 및 분석하는 알고리즘을 개발하고, 사용자가 원하는 조건을 고려한 잠재적인 적합 지역을 탐색 및 도출함으로써, 개발 초기 설비나 확충 등에 소요되는 막대한 비용을 절약할 수 있는 방안을 마련하고자 하였다. 본 연구는 다양한 군집분석을 활용하여 철도 유희부지에 태양광발전 설치입지를 도출할 수 있는 최적의 알고리즘을 개발하고, 면적, 설치용량, 발전량, 예상수익 등이 모두 높은 ‘태양광발전 설치 적극권장 지역’ 202곳을 도출하였다. 이를 바탕으로 경제와 환경을 동시에 고려한 관점에서 의사결정자의 합리적인 판단을 도울 수 있을 것으로 기대한다.

**주제어** : 철도 유희부지, 태양광발전, 군집분석, 자기조직화지도, 입지분석

논문접수일 : 2022년 11월 14일    논문수정일 : 2022년 12월 7일    게재확정일 : 2022년 12월 12일

원고유형 : 학술대회 Fast Track    교신저자 : 양성병

### 1. 서론

최근 유례없는 기상이변으로 전 세계 곳곳이 극심한 몸살을 앓고 있다(박경서, 2015). SBS의

시사고발 탐사보도 프로그램인 ‘뉴스스토리’에 따르면, 지구표면의 평균온도는 30년 안팎의 자연 변동 주기를 보여주고 있는데, 2014년부터 상승 주기를 맞으면서 지구온도가 자연스럽게 상승하게

\* 이 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020S1A5B8103855).

되었고, 여기에 인간의 온실가스 배출에 따른 인위적인 효과가 더해져 극단적인 기상현상이 잦아지고 있는 것으로 분석하였다(SBS, 2022). 폭염과 고산지대 빙하의 해빙, 해수면 상승 등 복합 재해가 원인이 된 파키스탄의 여름 대홍수, 유럽과 미국 서부의 가뭄과 폭염, 국내 중부지방의 8월 집중호우와 9월의 잦은 태풍 등은 모두 이러한 ‘뜨거워진 지구’를 보여주는 단적인 예이다(SBS, 2022). 또한, 세계기상기구(World Meteorological Organization: WMO) 및 뮌헨재보협(Munich Re)의 보고서에 의하면, 지구온난화 및 기후변화에 따른 자연재해로 전 세계적으로 2022년 상반기에만 하루 평균 사망자가 115명, 경제적 손실이 650억 달러(약 84조 8,000억원)에 달하는 것으로 나타났으며(SBS, 2022), 이러한 경제적 손실은 1970년대에 비해 약 7.8배 증가한 것으로 밝혀졌다(이용성, 2022).

기후변화로 인한 피해를 줄이기 위한 국제적인 노력의 일환으로, 1988년 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)가 결성된 바 있으며, 이후 ‘파리 협정(The Paris Agreement)’이 2016년 발효됨으로써, 2100년까지 지구 평균온도 상승이 산업화 이전에 비해 1.5℃를 넘지 않도록 하는 것을 최우선 과제로 삼게 되었다(Chadwick, 2021). 우리나라의 경우, 2030년까지 온실가스 배출량을 2017년 대비 50% 감축해야 한다는 UN(United Nations)의 권고에 따라, ‘지속가능한 저탄소 녹색 사회 구현’을 위한 ‘제2차 기후변화대응 기본계획’을 확정하였으며(탄소중립포럼, 2021), ‘2050 탄소중립’을 선언함으로써 화석연료의 사용을 줄이는 대신 태양광과 같은 재생에너지 사업에 많은 관심과 투자를 이어가고 있다(이호준, 2022). 또한, 2020년 말 기준, 국내 철강, 전자, 반도체

등 한국의 8대 주요수출 기업의 전력 소비량이 국내 재생에너지 발전량보다 약 네 배 많은 것으로 나타났는데, 이렇게 저조한 재생에너지의 발전량은 수출의존도가 높은 국내 산업계에 위협요소로 작용할 수 있다(강명운, 2022; Lee, 2022). 전체 전력의 약 64%를 화석연료에서 얻는 우리나라의 경우 화석연료를 신속히 대체할 지속가능한 에너지원이 필요한 가운데, 한국 경제의 탈탄소화를 가져오는 가장 저렴한 수단으로 태양광발전이 주목받고 있다(Lee, 2022).

한편, 고성장 시대의 개발 패러다임이 저성장 시대를 거치며 도시재생으로 변화함에 따라, 해당 지역의 도시적 특성을 반영하는 철도 유희부지 활용에 대한 관심이 높아지고 있다(김다혜, 양승우, 2021). 기술 발전으로 인한 교통수단의 다변화가 가속화됨에 따라, 철도의 경우, 노선의 수요 감소, 선형 개량, 도심 철도의 외곽 이설 등의 영향으로 유희부지가 크게 증가하고 있기 때문이다(홍지나, 2021). 그러나, 철도 유희부지의 높은 활용 가능성과는 달리, 현재 국내에서 태양광발전으로 활용되고 있는 부지는 극히 미미한 수준에 그치고 있으며, 제대로 된 활용계획 또한 부재한 상황이다. 임성희(2022)는 철도 유희부지를 활용한 태양광발전 사업의 부진을 별도의 환경적 및 구조적 제약이 아닌 사업의 활성화를 촉진할 제도적 공백에서 그 이유를 찾았으며, 이에 따라 관계부처는 부지 활용에 관한 의지를 보임으로써 제도적 공백을 보완할 필요가 있다고 주장한 바 있다. 따라서, 입지를 둘러싼 환경 훼손이나 주민 수용성 문제에서 자유로운 철도 유희부지를 이용한 태양광발전 설비확대 추진이 필요한 시점이다(임성희, 2022).

이에, 본 연구에서는 국가철도공단과 재생에너지 클라우드플랫폼에서 제공하는 빅데이터를 크롤링

(Crawling)하여 (1) 태양광발전 설비 설치 가능한 적합 유휴지를 발굴 및 분석하는 알고리즘을 개발하고, (2) 군집분석(Cluster Analysis)을 활용하여 사용자가 원하는 조건을 고려한 잠재적인 적합 지역을 탐색 및 도출함으로써, 부지 마련 및 설비확충 등에 소요되는 막대한 비용을 절약할 수 있는 방안을 제안하고자 한다. 본 연구의 결과가 향후 철도 유휴부지를 활용한 태양광발전 부지 선정의 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

## 2. 이론적 배경 및 선행연구

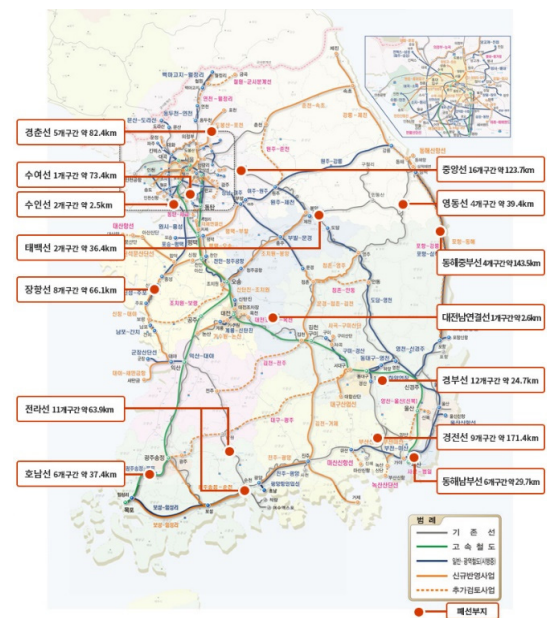
### 2.1. 철도 유휴부지 활용방안

국토교통부(2015)의 ‘철도유휴부지활용지침’에 따르면 철도 유휴부지는 철도 폐선부지와 철도 부지 중 철도운영 이외의 용도로 사용하더라도 철도운영 및 안전에 지장을 주지 않는 부지로 정의하였다. 철도부지로서 고유의 행정목적 상실하여 더 이상 활용되지 않는 철도 유휴부지는 국유재산으로 국가 목적 이외의 활용이 엄격히 금지되며, 중앙정부에만 활용권한이 있다(최승범, 김종호, 2018). 지방자치단체(이하 지자체)에서의 활용에 한계가 있는 철도 유휴부지는 대개 철로 주변으로 길게, 소규모로 형성되어 있어 활용 가능성은 매우 낮지만, 지역 특성에 맞게 지역재생의 관점에서 활용될 필요가 있다(홍지나, 2021). 이러한 유휴부지의 활용은 철도의 자산가치를 유무형으로 증대시킬 수 있는 방법이므로 부동산 관리 및 처분과 관련하여 다방면에서 활용방안을 강구해야 한다(김현웅, 김현기, 2003).

철도 유휴부지의 전국 노선별 현황을 살펴보면 (<그림 1> 참조), 경춘선(약 82.4km/1,539,302m<sup>2</sup>), 수인선(약 2.5km/75.159m<sup>2</sup>), 장항선(약 66.1km

/1,583,488m<sup>2</sup>), 중앙선(약 98.2km/2,017,655m<sup>2</sup>), 호남선(약 37.4km/744,714m<sup>2</sup>), 전라선(약 63.9km/1,421,647m<sup>2</sup>), 대전남연결선(약 2.6km/129,569m<sup>2</sup>), 영동선(약 39.4km/968,711m<sup>2</sup>), 태백선(약 36.4km/414,011m<sup>2</sup>), 동해남부선(약 63.9km/1,421,647m<sup>2</sup>), 경전선(약 31km/557,237m<sup>2</sup>) 등 총 20개 노선 약 901.8km, 19,410,935m<sup>2</sup>로 나타났다(국가철도공단, 2020).

철도 유휴부지와 관련된 선행연구는 주로 역사(驛舍) 개발의 관점(김현웅, 김현기, 2003; 이유빈, 이재규, 2021)과 지역재생의 관점(윤주, 문대섭, 2016; 최승범, 김종호, 2018; 김다혜, 양승우, 2021; 이하림, 황세원, 2021; 홍지나, 2021; 전권식, 이명식, 2022)에서 이루어진 것을 확인하였다(<표 1> 참조). 이에, 본 연구는 경제적 및 환경적인 관점에 더욱 주안점을 두고 연구를 진행하고자 하였다.



<그림 1> 철도 유휴부지 구간 및 위치도 (국가철도공단, 2020)

〈표 1〉 철도 유희부지 관련 주요 선행연구

분류	연구내용	저자(연도)
역사(驛舍) 개발관점	철도역 구내 공간의 기본 구성을 정의하고, 유희부지의 활용방안을 수익도모형사업, 운영지원형사업, 지역서비스형 사업으로 구분하여 제시하고자 함	김현웅, 김현기 (2003)
	문화유산으로 지정된 폐간이역(신촌역, 남평역, 원창역, 송정역, 반곡역, 구둔역, 남창역)을 대상으로 철도 유희부지의 용도변경, 개조와 보수 등에 의한 방법을 적용시켜 폐공간 활용 필요성을 파악하고자 함	이유빈, 이재규 (2021)
지역재생 관점	철도 폐선부지 현황과 지역개발에 사용된 제반환경 사례를 살펴보고 지역주민과 지역의 주요 이슈를 파악하고자 함	윤주, 문대섭 (2016)
	철도 유희부지를 지역재생의 관점에서 지자체의 활용사례를 분석하여 유형화하고, 지자체가 국유재산 활용함에 있어 긴밀한 거버넌스 체제의 구축을 정책적으로 제안하고자 함	최승범, 김종호 (2018)
	일본에서 도시 맥락에 맞추어 지역 활성화를 촉진하는 철도고가 하부공간의 활용사례를 분석하여, 도시공학적 맥락에서 우리나라의 철도 유희부지 관련 사업의 가이드라인을 제시하고자 함	김다혜, 양승우 (2021)
	수도권 내 인구 과밀화 현상과 관련하여 철도 차량기지의 주거복합개발 가능성을 살펴보기 위해 신정차량기지에 설립된 양천아파트 개발 사례의 현황과 문제점을 고찰하고, 차량 유희부지의 해외 입체복합개발 사례를 추가로 검토하여 시사점을 도출하고자 함	이하림, 황세원 (2021)
	길게 뻗은 형태의 선형부지 중 하나인 구(舊) 해운대역 유희부지 전체를 문화전시 시설로 활용함으로써 지역 상권을 살리는 방안을 마련하고자 함	홍지나 (2021)
주거지가 절대적으로 부족한 홍콩에서 청완오 차량기지와 쓰레기 매립지를 활용하여 주거단지로 개발된 로하스파크의 사례를 살펴보고 향후 우리나라의 철도 유희부지와 연계된 주거지 등 개발에 기초자료로 활용하고자 함	전권식, 이명식 (2022)	

## 2.2. 태양광발전

온실가스와 다량의 오염물질 배출이 물과 관련된 재해(예: 태풍, 집중호우)나 건강과 관련된 위험요소(예: 폭염, 열대성 질병)를 크게 증가시키는 원인으로 지목되고 있는 가운데(배주은, 김충호, 2021), 온실가스 감축이라는 당면과제를 해결하기 위한 방법으로 저탄소 녹색기술을 활용한 신재생에너지에 대한 관심이 확산되고 있다(이지영, 강인준, 2010). 신재생에너지는 신에너지(예: 수소에너지, 연료전지, 석탄을 액화·가스화한 에너지 등)와 재생에너지(예: 태양에너지, 풍력, 수력, 지열에너지, 해양에너지, 생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오에너지 등)로 구분될 수 있다(산업통상자원부, 2004). 이 가운데 재생에너지 자원은 고갈되지 않고 무한 재생해

서 얻을 수 있으므로 지속가능성이 크고, 에너지 발생 시 온실가스 및 다른 오염물질을 발생시키지 않는 장점이 있다(한국전력공사, 2022). 또한, 지구온난화와 대기오염 문제를 완화하는 효과가 있으며, 에너지 자원이 부족한 한국의 입장에서는 해외 수입의존도를 낮출 수도 있다(신재희, 2022). 이렇게 많은 장점에도 불구하고 개발 초기, 발전이나 송전 설비 확충 등에 큰 비용이 필요하고, 설치과정에서 주변환경과 생태계에 영향을 미칠 수 있어 환경 문제에서 자유로울 수 없다는 단점도 존재한다(신재희, 2022).

한편, RE100(Renewable Energy 100)은 기업에서 사용하는 전력에너지를 풍력 및 태양에너지 100%로 대체하려는 기업들의 자발적인 글로벌 연합으로(Lee, 2022), 풍력과 태양광 등 재생에너지 지원만 인정된다(이호준, 2022). 대한상공회의소

(2022)의 보고서에 따르면, 글로벌 공급망 현안으로 부각되고 있는 RE100으로 인해 국내 제조분야 대기업 10곳 중 3곳이 제품 생산과정에서 글로벌 수요기업(예: 애플, BMW, 폭스바겐 등)으로부터 재생에너지 사용을 요구받은 것으로 확인되었다. RE100에 참여하고 있는 글로벌 기업은 애플, 구글, BMW 등 379개사가 있고, 국내 기업은 SK 7개사, 현대자동차, LG 에너지솔루션 등 22개사가 있으며, 삼성전자는 2022년 말 현재 가입을 추진 중에 있다(대한상공회의소, 2022). RE100에 가입하지 않았을 때 삼성전자와 SK하이닉스, 현대자동차 등의 대기업이 가장 큰 영향을 받을 것으로 예상되며(Lee, 2022), 산업분야로는 자동차산업과 반도체 산업, 디스플레이 산업의

수출량이 각각 15%, 31%, 40%까지 감소하는 등의 타격이 있을 것으로 예상되고 있다(강명운, 2022).

또한, 산업통상자원부(2017)의 신재생에너지 정책인 “재생에너지 3020”은 2016년 기준으로 7%인 재생에너지의 발전량 비중을 2030년 기준으로 20%까지 확대하는 것을 목표로 하는 하고 있다. 2020년 국내 발전량 비중을 보면 석탄 35.6%, 원자력 29%, LNG 26.4%, 신재생에너지 6.6%에 이르고 있으나(한국전력공사, 2021), 태양광과 풍력발전 비중은 4.7%로 세계 평균인 10.3%의 절반에도 못 미치고 있는 상황이다(신재희, 2022). 우리나라의 태양광발전소 현황은 <표 2>에서와 같이, 서울특별시를 비롯한 17개 시도에 2022.10.25 기준 120,963개소가 설치되어 있고 전체 태양

<표 2> 태양광발전소 현황(재생에너지클라우드플랫폼, 2022)

구분	발전소 개소 (2021년 누적)	태양광발전소 개소 (2022.10.25 기준)		태양광발전소 용량 (2022.10.25 기준)		태양광발전량 (2021년도 기준)	
		지역별 (개소)	전국대비 portion(%)	지역별 (MW)	전국대비 portion(%)	지역별 (MWh)	전국대비 portion(%)
서울	505	532	0.4	47	0.2	51,654	0.2
부산	527	629	0.5	157	0.8	167,066	0.8
대구	748	898	0.7	119	0.6	121,768	0.6
인천	642	685	0.6	99	0.5	114,075	0.6
광주	1,335	1,469	1.2	234	1.2	250,700	1.2
대전	433	486	0.4	41	0.2	41,874	0.2
울산	368	443	0.4	80	0.4	87,578	0.4
세종	344	397	0.3	59	0.3	63,135	0.3
경기	8,226	9,637	8.0	1,208	6.2	1,233,252	5.9
강원	6,963	7,917	6.5	1,516	7.7	1,596,546	7.7
충북	7,702	9,046	7.5	1,115	5.7	1,140,472	5.5
충남	14,146	16,414	13.6	2,496	12.7	2,775,270	13.4
전북	24,150	27,292	22.6	3,752	19.1	3,851,989	18.6
전남	15,771	17,906	14.8	4,164	21.2	4,615,979	22.3
경북	13,820	17,162	14.2	2,644	13.5	2,639,940	12.7
경남	6,929	8,439	7.0	1,352	6.9	1,409,332	6.8
제주	1,534	1,611	1.3	517	2.6	578,483	2.8
합계	104,143	120,963	100	19,600	100	20,734,113	100

광발전량이 2021년 기준 약 21TWh에 이르고 있으나(재생에너지클라우드플랫폼, 2022), 이는 삼성전자의 한 해 전력소비량인 26.95TWh 보다 적은 수준인 것으로 나타났다(강명운, 2022). 따라서, 정부의 재생에너지 설비 확대 추진은 기후위기 극복뿐만 아니라 우리나라의 주요 수출산업에도 커다란 힘이 될 수 있을 것으로 판단된다(Lee, 2022).

<표 3>에 정리한 바와 같이, 태양광발전과 관련된 선행연구는 일부지역에 한정하여 입지조건을 평가했거나(이근상, 이종조, 2018; 배주은, 김충호, 2021) 입지타당성을 평가한 연구(박정일 등, 2010; 박유민, 김영호, 2012; 이기림, 이원희, 2015; 이근상, 이종조, 2018)가 대부분이고, 특정 유휴자원을 활용하여 시너지 효과를 낼 수 있는 연구는 많이 부족한 상황이다. 이에, 본 연구에서는 경제적, 환경적인 관점에서 시간이 지날수록 늘어나고 있는 전국의 철도 유휴부지를 활용하여 정부의 ‘재생에너지 3020’ 목표를 달성할 수 있으면서 입지를 둘러싼 갈등에서도 자유로워질 수 있는 알고리즘을 군집분석을 활용하여 개발하고자 한다.

### 2.3. 군집분석

군집분석은 데이터의 상호 유사성을 기반으로 개체들의 다양한 속성을 동질적인 특징을 가진 집단으로 분류하는 방법으로(김성호, 백승익, 2001; 이충기, 2016), 심리학, 사회학, 경제학, 공학 등 다양한 학문 분야에서 사용하고 있다(권순재 등, 2017; Hair et al., 2019). 특히, 경영학 분야에서는 기업의 가치를 극대화하기 위해 군집분석의 군집화 결과를 활용하고 있으며(이수현 등, 2017), 이는 빅데이터 처리에도 용이한 것으로 알려져 있다(권순재 등, 2017). 군집분석은 크게 계층적 군집분석(Hierarchical Clustering)과 비계

층적 군집분석(Non-hierarchical Clustering)으로 나누어지며(Jain et al., 1999), 가까운 관측치끼리 순차적으로 묶어가는 계층적 군집분석의 경우 응집(Agglomerative)과 분할(Divisive)의 두 가지 방법이 있다(이충기, 2016; Hair et al., 2019). 구체적으로 응집의 하위방식에는 단일연결법(Single Linkage Method), 완전연결법(Complete Linkage Method), 평균연결법(Average Linkage Method), 중심연결법(Centroid Method), 와드연결법(Ward Method) 등이 있다(권순재 등, 2017). 비계층적 군집분석은 계층적 군집분석에 비해 계산속도가 빠르나, 군집의 개수를 구하는 명확한 기준이 없어 연구자의 해석이 달라질 수 있다(권순재 등, 2017). 비계층적 군집분석 방식에는 사전에 지정한 군집의 목표 숫자가 달성될 때까지 관측치를 재할당하는 프로토타입 기반의 K-means(Hair et al., 2019), 분포기반의 혼합분포군집(박다인, 윤상후, 2017), 군집이 일정 이상의 밀도를 가지도록 하는 밀도기반의 DBSCAN(성노운, 남기환, 2018), Kohonen(1998)이 제안한 그래프 기반의 자기조직화지도(Self-Organizing Map: SOM)(이수현 등, 2015) 등이 있다. 본 연구에서는 계층적 군집분석에서 군집의 도출능력이 가장 우수하고 상대적으로 이상치에 덜 민감한 방법으로 알려진 와드연결법에 의한 덴드로그램(Dendrogram)(김성호, 백승익, 2001; 김동연 등, 2022)과 군집수가 늘어남에 따라 모형의 설명력이 얼마나 증가하는지를 보여주는 엘보우 기법(Elbow Method)을 활용하여 군집의 수를 확인하였고(김종대, 이유석, 2019), 비계층적 군집분석 방법으로 분류할 수 있는 K-means, DBSCAN, SOM 등을 순차적으로 실시하여 그 결과를 비교함으로써 최적의 태양광발전 설치입지를 제안하고자 하였다.

〈표 3〉 태양광발전 관련 선행연구

분류	연구내용	분석방법	저자(연도)
입지분석	초기 설비 투자비용이 많이 들어가는 신재생에너지 중 지형요인과 기후 요인의 영향을 많이 받는 태양광과 풍력의 입지 선정에 초점을 맞추어, 지리정보시스템(GIS)을 활용한 요인선정, 기준수립, 적지분석 등의 과정을 연구하여 적용함	GIS를 활용한 입지분석	박정일 등 (2010)
	환경적·사회적 영향을 충분히 고려하지 않은 기존 태양광발전소를 대상으로 입지타당성을 평가하고 최적의 입지선정을 위한 지표를 제공하고자 함	크리깅(Kriging), 네트워크분석(ANP)	박유민, 김영호 (2012)
	우리나라에서 신재생에너지 중 전기생산 비율이 가장 높은 태양광발전소의 입지조건을 사회, 문화, 경제 등 다방면에서 요인을 고려하여 가중치를 부여하고 계층분석법을 실시한 후, 향후 입지분석에 필요한 가이드라인을 제시하고자 함	계층분석법	이기림, 이원희 (2015)
	항공 LiDAR 자료를 활용하여 DEM 자료를 구축하고, 2017년 1년 동안의 태양광 일사량을 분석하여 8개 사면방향에 대한 일사량을 상호비교 분석한 후 사면방향과 적정 경사도를 고려한 태양광발전소 입지를 분석하여 신재생에너지 관련 업무를 효과적으로 지원하고자 함	수치표고모델(DEM)을 활용한 일사량 계산	이근상, 이종조 (2018)
	태양광발전 시설의 입지에 영향을 미치는 요인을 도출하여 서울시 신재생에너지 보급확대를 위한 정책적 시사점 제시	이항로짓모형	이동성, 임재욱 (2019)
	물리적, 환경적, 사회적 문제의 원인이 될 수 있는 태양광발전 시설의 입지조건이 적절한지 평가하기 위해 경남 거창군 태양광발전 시설을 대상으로 입지현황을 유형화하고, 입지 유형별 특성을 분석하여, 태양광발전 시설의 입지 유형별 관리 방안에 정책적 시사점을 도출하고자 함	군집분석	배주은, 김충호 (2021)
주민 수용성	태양광발전을 중심으로 한 신재생에너지와 사업전반에 대한 일반 국민의 인식을 파악하고, 계층적 베이지안 모형을 이용한 신재생에너지 사업에 대한 국민의 선호도를 정량적으로 측정된 후, 주민 수용성을 높이는 기초자료로 활용하고자 함	설문, 선택형 컨조인트 분석	함애정, 강승진 (2018)
	신재생에너지 입지선정 과정에서의 낮은 국민 수용성과 갈등관계는 신재생에너지의 보급 및 확대와 관련하여 장애요인으로 작용하고 있어, 지역 주민의 수용성 강화와 발전원별 비중 확대에 기여하고자 함	조건부 가치측정법	이혜정 등 (2020)
기술개발 및 시장동향	우리정부의 온실가스 감축목표 달성을 위해 독일, 일본, 호주, 스페인의 신재생 확대 정책과 그 영향에 대해 조사하고 우리의 신재생 확대 정책에 필요한 시사점을 도출하고자 함	세계 각국 정책 요약	원동규 등 (2017)
	신재생에너지 관련 R&D 과제를 대상으로 ‘재생에너지 3020 정책’에 맞추어 지속가능한 환경을 조성하기 위해 상대적 효율성을 분석하고 R&D 과제별 가이드라인을 제시함	자료포락분석(DEA)을 활용한 효율성 분석	우청원 (2019)
	현장진단 장치를 이용한 주기적인 성능진단 평가로 태양광발전소의 효율적인 운영방법을 제시하고자 함	사례연구	고석환 등 (2021)

### 2.3.1. K-means 군집분석

일반적으로 비계층적 군집분석을 지칭하는 K-means는(Hair et al., 2019), 군집을 결정하는 가

장 보편적인 방법이다(이충기, 2016; 권순재 등, 2017). K-means는 대규모 데이터를 빠른 시간 안에 효율적으로 분석할 수 있는 기법이기도 하나, 연구자가 군집의 수를 몇 개로 정하는지에 따라

정확도에 차이가 있을 수 있다(김성호, 백승익, 2001; 이충기, 2016). 연구자가 초기 중심값을 이용하여 군집의 수인 K를 임의로 결정하기 때문에, 분석 결과를 연구자 임의대로 도출할 수 있다는 위험성이 있다(권순재 등, 2017). K-means는 연구자가 설정한 군집수대로 관측치를 각 군집에 반복 할당하게 되는데(이충기, 2016; Hair et al., 2019), K-means에서 최적의 군집을 형성하는 기준은 군집내 관측치간 거리를 최소화하고, 군집간 거리를 극대화하는 방법이라 할 수 있다(이충기, 2016; 김동연 등, 2022; Xu & Tian, 2015).

### 2.3.2. DBSCAN 군집분석

밀집도 기반 군집분석 중 하나인 DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)은 임의의 데이터로부터 ‘epsilon(eps)’ 주변 영역내의 최소 데이터 개수인 ‘min points (minPts)’를 입력하여 minPts를 충족하면 군집을 형성하는 방법이다(이민혁 등, 2017). 이민혁 등 (2017)의 연구에 따르면, DBSCAN은 매개변수인 eps와 minPts를 지정하긴 하지만 K-means에 비해 사전에 군집의 개수를 정의할 필요가 없고, 군집의 결과가 이상치에 영향을 받지 않는 특징이 있다. 또한, DBSCAN은 초기에 선정되는 객체에 의해 군집 분류 결과에 영향을 받지 않기 때문에, K-means의 이론적 한계를 극복한 방법으로 볼 수 있다(이민혁 등, 2017).

### 2.3.3. SOM 군집분석

데이터마이닝 기법 중 군집분석을 위해 가장 보편적으로 이용되는 것이 자기조직화지도, 즉 SOM이다(박도형 등, 2014). Kohonen(1998)이 개발한 비지도 학습모형(Unsupervised Learning Model)

인 SOM은 Kohonen Neural Network라고도 불리는 대표적인 자율신경회로망이다(조준한 등, 2009). SOM은 시각화(Visualization)와 축약화(Abstraction)라는 두 특징을 통해 고차원 데이터를 저차원 그리드에 질서있게 매핑하는 효과적인 도구이다(Kohonen, 1998). SOM은 학습단계에서 피드백 과정이 없어 실시간 학습처리가 가능한 모델로서, 훈련데이터를 학습할 필요가 없어 자기조직화가 가능하며, 연속적인 학습이 가능하여 추가 입력 데이터에 대한 군집화가 가능한 특징이 있다(조영성 등, 2014).

## 3. 연구방법

### 3.1. 데이터 수집

본 연구는 철도 유희부지 데이터와 태양광발전 입지정보 데이터를 이용하여 철도 유희부지를 활용한 태양광발전 설치입지를 제안하였다. 국가철도공단(<https://www.kr.or.kr/main.do>)이 공공데이터포털(<https://www.data.go.kr>)을 통해 제공하는 19,900개의 철도 유희부지 데이터를 Python 3.9.13 버전에서 수집하였다. 한국철도시설공단이 관리하고 있는 철도 유희부지의 데이터 현황은 <표 4>와 같다. 철도부지가 소속된 본부를 나타내는 ‘지역본부’, 부지의 현 위치를 나타내는 ‘재산 소재지’, 부지가 속한 노선 정보인 ‘노선명’, 국가나 지자체가 작성하는 공적장부(공부)에 기재된 면적을 나타내는 ‘면적(area)’, 현재 부지의 활용 가능 여부를 나타내는 ‘분류’, 현재 토지의 용도를 나타내는 ‘현재 사용현황’ 등의 정보를 포함하고 있다. 본 연구에서는 향후 토지의 용도 계획을 의미하는 ‘향후 사용계획’과 관련된 데이



〈표 4〉 철도 유휴부지 데이터 현황

데이터명	데이터 설명	데이터 타입
지역본부	철도소속본부	문자형
재산 소재지	부지 주소	문자형
노선명	부지가 속한 노선	문자형
면적(area)	토지 면적(m <sup>2</sup> )	숫자형
분류	활용 가능 여부	문자형
현재 사용현황	현재 토지의 용도	문자형
향후 사용계획 및 추진사항	향후 토지의 용도 계획	문자형
Plan_category	향후 토지 사용계획 종류	문자형

〈표 5〉 철도 유휴부지 데이터 정보

향후 사용계획	데이터 개수	카테고리	개수
-	13	계획없음	2,297
미사용	1,594		
없음	4		
계획없음	361		
활용계획 검토중	325		
계속 사용허가(태양광)	124	태양광사용	224
사용허가(태양광)	62		
태양광부지 사용허가	2		
태양광발전 사업	36		
합계	2,521	합계	2,521

터 중 ‘잔여지’, ‘도로’, ‘자전거도로’, ‘행복주택’, ‘2016년 철도 유휴부지 활용사업’, ‘사용허가(레일바이크)’ 등 태양광발전 설치가 불가하다고 판단되는 부지를 제외한 2,521개의 데이터를 선정하여 분석에 활용하였다. 사용된 2,521개의 데이터에 대한 자세한 내용은 <표 5>와 같다.

태양광 입지정보 데이터는 재생에너지클라우드플랫폼(<https://recloud.energy.or.kr>)을 활용하여

수집하였다. 구체적으로 재생에너지클라우드플랫폼의 태양광발전량 예측을 통해 경제성 분석을 실시하여 태양광발전 사업에 유용한 정보를 제공하는 ‘맞춤서비스’ 기능을 사용하였다. 앞서 수집한 2,521개의 철도 유휴부지의 주소 데이터와 현 주소지 명칭이 동일하지 않은 경우 일치화 작업을 진행하였고, 일치화된 주소 데이터를 selenium 패키지와 응용프로그램 chromedriver를

〈표 6〉 태양광발전 입지정보 데이터 현황

데이터명	데이터 설명	단위
realty_price	공시지가	원/m <sup>2</sup>
land_category	지목	-
insolation	연평균 일사량	kWh/ m <sup>2</sup> /day
sys_connection	계통연계	유무만 판단 계통연계 여유용량> 설치용량이면 '가능', 아니거나 계통수단이 없으면 '불가능'으로 입력됨
capacity	설치용량	kW
generation_quantity	발전량 (15년 중 예상발전량)	kWh
economic_feasibility	예상수익 (15년간 누적발전매출금)	천원 30 kWh 미만: 소형태양광 고정가격계약 매입(한국형 FIT 방식) 30 kWh 이상: 고정가격계약 경쟁입찰(SMP+IREC 방식)

이용하여 ‘맞춤서비스’에 입지조건을 입력함으로써 해당 주소에 대한 태양광발전 입지정보를 수집하였다. 수집한 태양광발전 입지정보 데이터는 부지의 공시지가인 ‘realty\_price’, 지목(토지의 사용목적에 따른 토지의 종류)에 해당하는 ‘land\_category’, 연평균 일사량을 나타내는 ‘insolation’, 계통연계의 여유용량 유무를 나타내는 ‘sys\_connection’, 태양광발전 설치용량을 의미하는 ‘capacity’, 15년간 태양광발전 설치 총 예상발전량을 나타내는 ‘generation\_quantity’, 태양광발전 설치를 통한 15년간 누적발전매출금인 예상수익을 나타내는 ‘economic\_feasibility’ 등으로 구성되어 있으며(〈표 6〉 참조), 해당 데이터를 기존 철도 유희부지 데이터에 추가하여 데이터를 확장하였다.

### 3.2. 데이터 전처리

본 연구에서는 보다 정확한 분석을 위해 수집한 데이터에 대한 전처리 과정을 진행하였다. 우선 사용할 수 없는 데이터를 분석에서 제외하기

위해 수집한 데이터 중 계통연계가 불가능한 데이터, 설치용량이 0인 데이터, 지목이 없는 데이터를 제거하였다. 이후 태양광발전 입지정보 데이터 중 숫자형 데이터인 철도 유희부지 면적(area), 부지의 공시지가(realty\_price), 연평균 일사량(insolation), 태양광발전 설치용량(capacity), 발전량(generation\_quantity), 예상수익(economic\_feasibility) 값에 대해 box plot으로 이상치(outlier)를 확인하였다(〈그림 2〉 참조).

연간 평균 일사량(insolation)를 제외한 5개 변수에서 이상치가 확인되었고, 각 변수마다 IQR (Inter-Quartile Range) 방식을 이용하여, 사분위수 상위 75% 지점의 값과 하위 25% 지점의 값 차이, 즉, 아래의 식 (2)와 (3)에 해당하는 값을 이상치로 판단하고 제거하였다. 이상치를 제거한 결과는 〈그림 3〉과 같다.

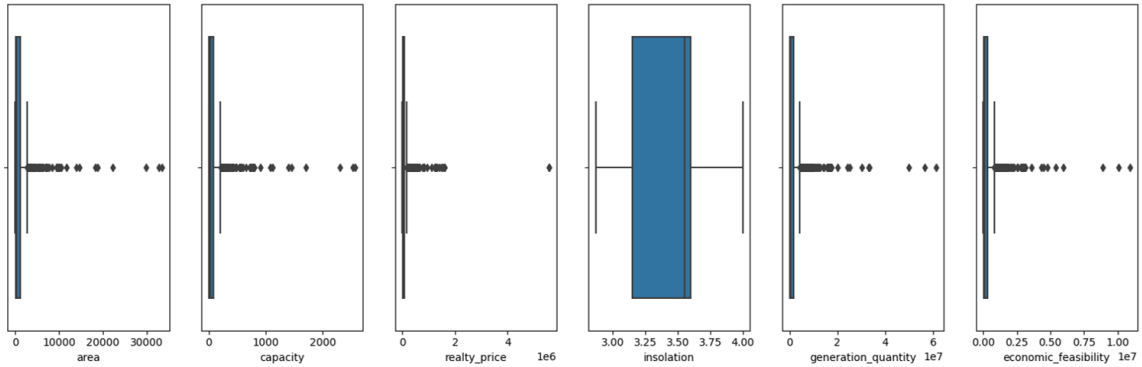
$$Q1 = df[a].quantile(0.25), 1\text{사분위수}$$

$$Q3 = df[a].quantile(0.75), 3\text{사분위수}$$

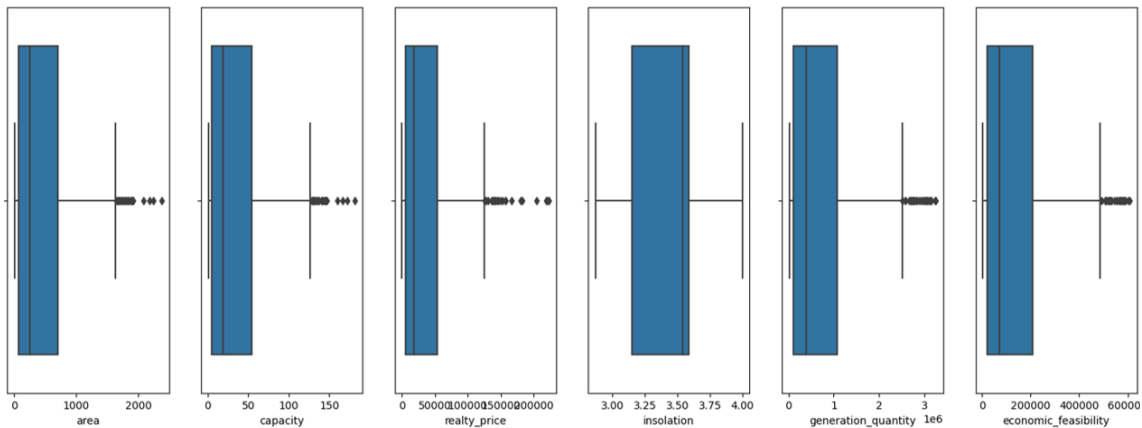
$$IQR = Q3 - Q1 \quad (1)$$

$$\text{lower\_outlier\_index} = df[(df[a] < Q1 - 2*IQR)].\text{index} \quad (2)$$

$$\text{uper\_outlier\_index} = df[(df[a] > Q3 + 2*IQR)].\text{index} \quad (3)$$



〈그림 2〉 이상치 제거 전 데이터



〈그림 3〉 이상치 제거 후 데이터

#### 4. 태양광발전 설치 유휴부지를 위한 군집분석

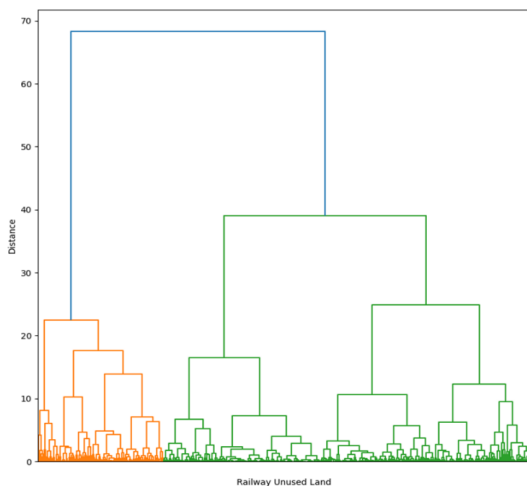
본 연구에서는 앞서 전처리한 데이터를 향후 사용계획에 사용된 변수에 따라 ‘계획없음’ 부지와 ‘태양광발전 설치부지’로 구분하였다. 향후 사용계획 변수 중 ‘없음’, ‘계획없음’, ‘계획없음(매각 추진)’ 값은 계획없음 부지에, ‘계속 사용

허가(태양광)’, ‘사용허가(태양광)’, ‘태양광부지 사용허가’ 값은 태양광 설치부지에 소속시켰으며, 군집분석을 이용하여 태양광발전 설치부지의 비율이 비교적 높은 군집에 포함된 ‘계획없음’ 부지는 태양광발전 설치가 가능한 부지로, 태양광발전 설치부지의 비율이 비교적 낮은 군집에 포함된 ‘계획없음’ 부지는 태양광발전 설치가 불가능한 지역으로 판단하였다.

## 4.1. K-means 군집분석

### 4.1.1. 최적의 군집수 결정

K-means 군집분석을 수행하기 전 최적의 군집수인 K를 도출하기 위한 덴드로그램(Dendrogram)과 엘보우 기법(Elbow Method) 두 가지 과정을 먼저 수행하였다. 객체나 군집이 묶여지는 전체과정을 트리 구조의 형태로 나타내는 덴드로그램은 군집분석에서 사용될 수 있는 그래프 중 하나이다(이경미, 2003). 평균연결법, 중심연결법, 단일연결법, 완전연결법 등 군집 간 연결방식에 따라 다양한 방식의 덴드로그램이 존재하나, 본 연구에서는 각 군집에 포함된 측정치들의 제곱합을 기준으로 군집을 형성시켜 우수한 성능을 선보이는 와드연결법을 사용하여 분석을 진행하였다(김동연 등, 2022; Kuo et al., 2002). SciPy 패키지의 dendrogram() 함수를 사용하여 결과를 시각화하였으며, 그 결과는 <그림 4>와 같다. 그림의 수직선에 해당하는 클러스터 간 거리가 길수록 군집이 잘 나누어진 것으로 판단되는 덴드로그램 특성에 따라, 최적의 군집수는 2개 혹은 3개로 해석될 수 있다.

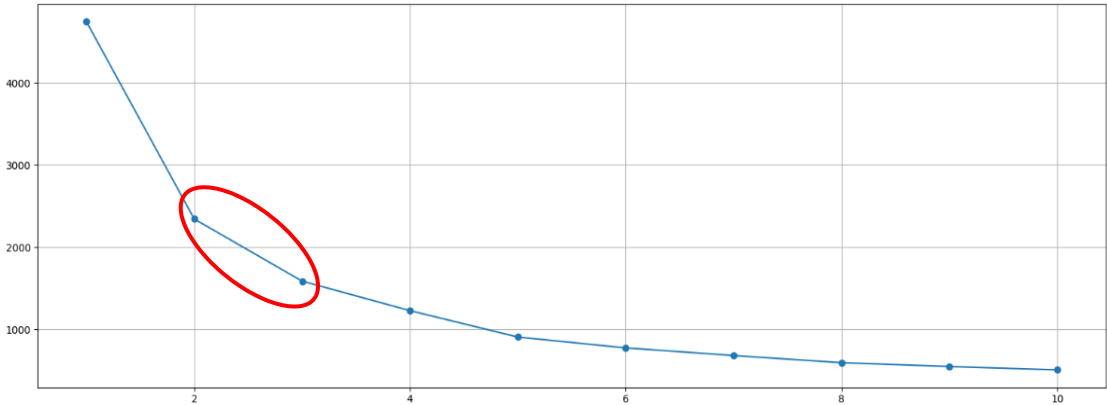


<그림 4> Ward's Dendrogram

추가적으로 엘보우 기법을 활용하여 최적의 군집수를 결정하기 위한 근거를 마련하였다. 엘보우 기법 군집 간 거리의 합을 나타내는 관성(Inertia) 값이 급격하게 작아지는 부분을 최적의 군집수로 결정하는 방식으로(Syakur et al., 2018), 본 연구에서는 sklearn 패키지의 KMeans() 함수를 사용하여 분석을 진행하였다. 엘보우 기법 결과는 <그림 5>와 <표 7>에 나타내었다. <그림 5>에서 x축은 군집수, y축은 관성 값을 의미하며 군집수가 2, 3일 때 그래프의 기울기가 급격하게 작아지는 것을 확인할 수 있다. 그래프의 각 군집수에 대한 관성 값과 관성 감소량을 나타낸 <표 7>을 통해 실제 군집수가 2, 3일 때 관성 감소량은 각 2402.02, 755.68이며, 그 이상의 군집수에 비해 관성 감소량이 상대적으로 매우 큰 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 엘보우 기법에 따른 최적의 군집수는 2개와 3개로 도출할 수 있었다. 이에, 덴드로그램과 엘보우 기법의 결과를 종합하여 K-means 군집분석의 최적의 군집수를 2개와 3개로 결정하고, 이후 분석을 진행하였다.

<표 7> 각 군집수의 관성 및 관성 감소량

군집수	관성(Inertia)	관성(Inertia) 감소량
1	4746.00	-
2	2343.97	2402.02
3	1588.29	755.68
4	1229.27	359.01
5	907.94	321.33
6	776.14	131.80
7	682.97	93.17
8	595.96	87.01
9	549.47	46.48
10	508.12	41.35



〈그림 5〉 Elbow Method

#### 4.1.2. K-means 군집분석

K-means 분석은 앞서 덴드로그램과 엘보우 기법을 통해 도출된 군집수를 2개와 3개로 구분하여, sklearn 패키지의 KMeans() 함수를 이용하여 분석을 진행하였다.

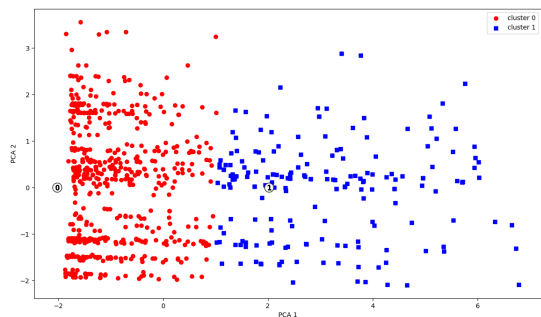
##### (1) 군집 2(K=2)인 경우

군집수를 2로 설정하여 진행한 K-means 군집 분석 결과는 <표 8>과 같으며 PCA(Principal Component Analysis) 알고리즘을 사용한 군집분석 결과를 2차원으로 차원 축소하여 시각화하였다(<그림 6> 참조). 군집0과 군집1로 형성된 분석 결과에서 군집0의 계획없음 부지 545곳과 태양광발전 설치부지 50곳, 군집1의 계획없음 부지 125곳과 태양광발전 설치부지 71곳이 포함되었다. 군집0에 비해 군집1에 태양광발전 설치부지의 포함비율이 높았기 때문에 군집0의 이름을 ‘태양광발전 설치비적합 지역’, 군집1의 이름을 ‘태양광발전 설치적합 지역’으로 설정하였다. 군집수가 2개인 K-means 군집분석의 실루엣 계수는 0.4939, CH 지표는 808.5379로 나타났다.

〈표 8〉 K-means 군집분석 결과(K=2)

군집/ 향후계획	계획 없음	태양광 발전 설치	합계	군집명
군집0	545	50	595	태양광발전 설치비적합 지역
군집1	125	71	196	태양광발전 설치적합 지역
합계	670	121	791	

실루엣 계수: 0.4939/CH 지표: 808.5379



〈그림 6〉 K-means 군집 시각화(K=2)

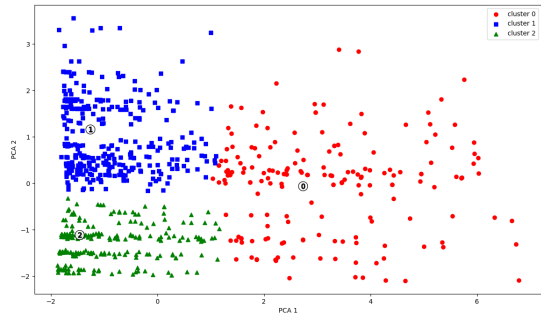
(2) 군집 3(K=3)인 경우

군집수를 3으로 설정하여 진행한 K-means 군집 분석 결과는 <표 9>와 같으며 이 역시 PCA 알고리즘을 사용하여 시각화하였다(<그림 7> 참조). 군집0, 군집1, 군집2로 형성된 분석 결과에서 군집0의 계획없음 부지 118곳과 태양광발전 설치부지 70곳, 군집1의 계획없음 부지 300곳과 태양광발전 설치부지 51곳, 군집2의 계획없음 부지 252곳과 태양광발전 설치부지 0곳이 포함되었다. 군집0은 계획없음 부지 대비 태양광발전 설치부지의 수가 비슷하게 포함되어 있기에 군집 이름을 ‘태양광발전 설치비적합 지역’으로, 군집1은 계획없음 부지 대비 태양광발전 설치부지의 비율이 낮기 때문에 군집 이름을 ‘태양광발전 설치적합 지역’으로, 군집2는 태양광발전 설치부지가 포함되지 않았기 때문에 군집 이름을 ‘태양광발전 설치불가 지역’으로 설정하였다. 군집수가 3개인 K-means 군집분석의 실루엣 계수는 0.4270, CH 지표는 783.3173으로 나타났다.

<표 9> K-means 군집분석 결과(K=3)

군집/향후계획	계획없음	태양광발전 설치	합계	군집명
군집0	118	70	188	태양광발전 설치비적합 지역
군집1	300	51	351	태양광발전 설치적합 지역
군집2	252	0	252	태양광발전 설치불가 지역
합계	670	121	791	

실루엣 계수: 0.4270/CH 지표: 783.3173



<그림 7> K-means 군집 시각화(K=3)

4.2. DBSCAN 군집분석

DBSCAN 분석은 sklearn 패키지의 DBSCAN() 함수를 이용하여 진행하였다. 데이터 간 유사성을 간주하는 최대거리 eps를 0.7로 설정하였으며, 주변 영역내의 최소 데이터 개수 minPts를 10으로 설정하였다. 밀도 기반의 DBSCAN은 분석 과정에서 군집수가 자동으로 결정되기 때문에 별도의 군집수 선정 과정을 거치지 않았다. DBSCAN 분석 결과 최적의 군집수는 3개로 결정되었으며, 분석 결과는 <표 10>에, 분석 결과를 시각화한 내용은 <그림 8>에 나타내었다.

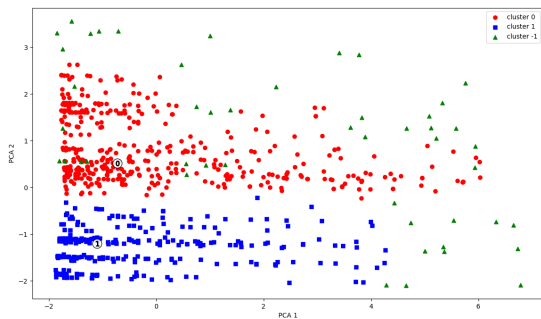
군집-1, 군집0, 군집1로 형성된 분석 결과에서 군집-1에는 계획없음 부지 43곳과 태양광발전 설치부지 5곳이, 군집0에는 계획없음 부지 329곳과 태양광발전 설치부지 116곳이, 군집1에는 계획없음 부지 298곳과 태양광발전 설치부지 0곳이 포함되었다. 군집-1은 다른 군집과 비교하였을 때 포함된 부지의 수가 매우 적었으며, PCA 시각화 결과 군집-1은 전체 부지들이 외곽에 형성된 것을 확인할 수 있었다. 이에 군집-1의 부지들은 이상치로 판단하였고, 군집 이름을 ‘이상치로 판단된 지역’으로 하였다. 군집0은 군집-1에 포함된 5곳의 태양광발전 설치부지를 제외한 모든

태양광발전 설치부지 116곳이 포함되었으므로 군집이름을 ‘태양광발전 설치적합 지역’으로 하였으며, 군집1은 태양광발전 설치부지가 포함되지 않았으므로 군집이름을 ‘태양광발전 설치불가 지역’으로 하였다. DBSCAN 군집분석의 실루엣 계수는 0.2621, CH 지표는 151.7457로 조사되었다.

<표 10> DBSCAN 군집분석 결과(K=3)

군집/향후계획	계획 없음	태양광발전 설치	합계	군집명
군집-1	43	5	48	이상치로 판단된 지역
군집0	329	116	445	태양광발전 설치적합 지역
군집1	298	0	298	태양광발전 설치불가 지역
합계	670	121	791	

실루엣 계수: 0.2621/CH 지표: 151.7457



<그림 8> DBSCAN 군집 시각화(K=3)

### 4.3. SOM 군집분석

SOM 분석은 MminSom 패키지의 MiniSom() 함수를 이용하여 진행하였다. 모델학습을 위한 최적의 파라미터 값은 <표 11>과 같이 설정하였다.

군집의 거리를 측정하는 방식은 가우시안 거리 (Gaussian Distance) 측정 방식을 사용했으며, 거리 측정 공간은 유클리드 평면으로 지정하였다 (김용수 등, 2000). 파라미터 및 지정된 값에 따라 분석을 진행하여 최적의 군집수로 4개, 7개, 8-25개 등의 결과가 도출되었으나, 다른 군집기법과의 비교분석을 위해 최종 군집의 수를 4개로 결정하였다. 또한, 안현준 등(2018)의 제안에 따라 가중치를 초기화하는 방식 중 선형초기화 (Linear Initialization) 방식의 단점을 보완하기 위해 군집이 4개인 파라미터 중에서 양자화 오차 (Quantization Error: QE)가 가장 적은 조합을 선택하였다. 4개로 결정된 SOM 분석 결과는 <표 12>와 같으며, 이 역시 시각화를 진행하였다(<그림 9> 참조). 군집0, 군집1, 군집2, 군집3으로 형성된 분석 결과에서 군집0과 군집3에는 태양광발전 설치부지가 포함되지 않았음을 확인하여, 태양광발전 설치가 불가능한 지역으로 판단할 수 있었다. 사후분석을 통해 두 군집 데이터의 차이를 확인한 결과, 군집0 데이터는 다른 군집에 비해 insolation(일사량) 값이 작고, 군집3 데이터는 다른 군집에 비해 realty\_price(공시지가)가 높은 것을 발견할 수 있었다. 이에 군집0의 이름을 ‘태양광발전 설치불가 지역(일사량 부족)’, 군집3의 이름을 ‘태양광발전 설치불가 지역(높은 공시지가)’으로 명명하였다. 군집1에는 계획없음 부지 164곳과 태양광발전 설치부지 49곳이, 군집2에는 계획없음 부지 130곳과 태양광발전 설치부지 72곳이 포함되었다. 군집1에 비해 군집2는 태양광발전 설치부지가 포함된 비율이 높았기 때문에 군집1의 이름을 ‘태양광발전 설치 소극권장 지역’, 군집2의 이름을 ‘태양광발전 설치 적극권장 지역’으로 설정하였다. SOM 군집분석의 실루엣 계수는 0.4355, CH 지표는 717.6964로 조사되었다.

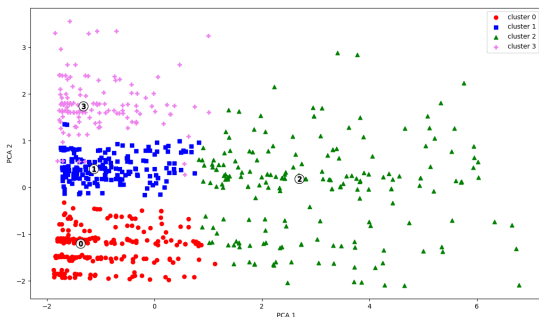
<표 11> 모델 학습을 위한 최적의 파라미터 값

파라미터 (Parameter)	범위	설명
map size	2*2 ~ 5*5	행렬의 사이즈
sigma	0.1 ~ 1.0	Neighborhood의 반경
learning_rate	0.1 ~ 1.0	학습률
init_method	pca, random	초기값 설정방법

<표 12> SOM 군집분석 결과(K=4)

군집/향후계획	계획 없음	태양광 발전 설치	합계	군집명
군집0	246	0	246	태양광발전 설치 불가 지역 (일사량 부족)
군집1	164	49	213	태양광발전 설치 소극권장 지역
군집2	130	72	202	태양광발전 설치 적극권장 지역
군집3	130	0	130	태양광발전 설치불가 지역 (높은 공시지가)
합계	670	121	791	

실루엣 계수: 0.4355/CH 지표: 717.6964



<그림 9> SOM 군집 시각화(K=4)

#### 4.4. 강건성 분석

K-means 분석의 결과 중 군집이 2개인 경우, 실루엣 계수와 CH 지표 값이 가장 높았지만, 태양광발전 설치부지가 포함된 군집과 포함되지 않은 군집이 제대로 구분되지 않아 군집분석이 제대로 수행되었다고 보기 어렵다고 판단하였다. 또한, 군집이 3개인 K-means 분석 결과는 태양광발전 설치가 불가한 군집2를 분류하였지만, 군집 2에 포함된 부지가 252곳뿐이라 태양광발전 설치 입지 제안을 하기에는 군집0과 군집1에 속한 부지 수가 여전히 많다는 문제점이 있다. DBSCAN 분석 결과의 경우, 군집이 3개인 K-means 분석방법보다는 태양광발전 설치가 불가한 부지 수가 많이 도출해냈지만, 실루엣 계수와 CH 지표 값이 나머지 분석방법에 비해 터무니없이 낮은 결과를 보여주었으므로, 군집분석이 제대로 수행되었다고 판단하기에 무리가 있다. 그에 비해 SOM 분석 결과는 실루엣 계수와 CH 지표 값이 비교적 적절하였으며, 태양광발전 설치가 불가한 지역이 376곳이나 추가로 발견되었다.

이러한 K-means, DBSCAN, SOM 분석 결과를 바탕으로, 본 연구에서는 SOM 분석이 군집분석을 가장 잘 수행하였다고 판단하고, SOM 분석에 대한 강건성 분석(Robustness Test)을 추가로 진행하였다. 특히, SOM 분석과정에서 최적의 군집수로 선정된 군집 4개에 대하여 K-means 분석을 진행하였다(Kuo et al., 2002)<표 13> 참조). 그 결과, 태양광발전 설치가 불가능한 부지인 군집3은 잘 분류되었으나 SOM 분석 결과에 비해 부지 수가 적었으며, 나머지 군집0, 군집1, 군집2의 경우는 SOM 분석 결과에 비해 결과가 유의하지 않음을 확인하였다. 또한, SOM 분석 결과의 타당성을 판단하기 위하여 각 군집마다 변수의 평균



(M)과 표준편차(SD)가 유의미하게 다른지를 확인하기 위해 분산분석(ANOVA)을 추가적으로 수행하였으며, 그 결과는 <표 14>와 같다.

<표 13> K-means 군집분석 결과(K=4)

군집/ 향후계획	계획없음	태양광 발전 설치	합계
군집0	61	34	95
군집1	275	41	316
군집2	107	46	153
군집3	227	0	227
합계	670	121	791

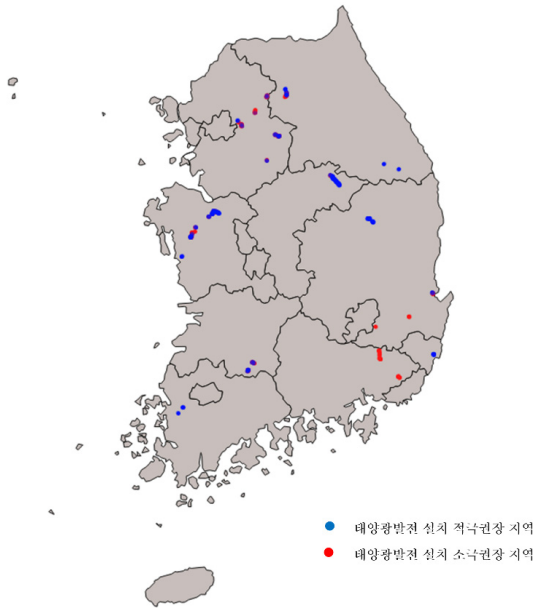
ANOVA 분석 결과, ‘태양광발전 설치불가 지역’으로 판단한 군집0과 군집3은 태양광발전 설치에 영향을 주는 면적, 태양광발전 설치용량, 발전량, 예상수익이 군집2에 비해 낮은 것을 확인하였다. 특히, 군집0은 일사량이 다른 군집에 비해 낮다는 문제가 있었으며, 군집3은 공시지가가 다른 군집에 비해 너무 높다는 문제가 존재하였다. 반면, ‘태양광발전 설치 적극권장 지역’으

로 판단한 군집2는 면적, 태양광발전 설치용량, 발전량, 예상수익 모두 다른 군집에 비해 높은 수치를 보여주고 있으며, 공시지가가 중간 정도인 것으로 보아, ANOVA 분석 결과 역시 태양광발전 설치에 가장 적합한 군집으로 판단하였다. ‘태양광발전 설치 소극권장 지역’인 군집1은 군집0이나 군집3과 비교했을 때, 면적, 태양광발전 설치용량, 발전량, 예상수익이 유사하였다. 그러나, 군집1은 군집0이나 군집3에 비해 상대적으로 중간 정도의 공시지가를 가지며, 일사량이 가장 높았다. 이렇게 적절한 공시지가와 높은 일사량 덕분에 군집1이 군집0이나 군집3과는 다르게 ‘태양광발전 설치가능 지역’으로 분류된 것으로 판단된다. 이에 따라, 최종적으로 ‘태양광발전 설치 적극권장 지역’과 ‘태양광발전 설치 소극권장 지역’으로 도출된 철도 유휴부지를 <그림 10>에 표시하였고, 구체적인 ‘태양광발전 설치 적극권장 지역’은 <부록>에 선로, 주소, 면적 정보와 함께 나타내었다.

<표 14> SOM 군집별 ANOVA 결과

구분	군집0		군집1		군집2		군집3		전체		ANOVA	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	F	사후검정
area	218.89	202.06	204.14	165.44	1188.38	189.24	189.24	174.90	457.63	495.65	773.719***	3=1<0<2
capacity	16.38	15.55	15.21	12.74	90.93	29.40	14.12	13.46	34.73	38.12	773.116***	3=1<0<2
realty_price	6,214	5,566	27,187	17,692	30,070	33,915	113,791	32,457	35,634	43,129	611.721***	0<1=2<3
insolation	3.0774	0.1280	3.6005	0.0772	3.4493	0.2330	3.5768	0.11130	3.3953	0.2675	568.917***	0<2<3=1
generation_quantity	302,126	287,655	326,976	274,308	1,866,139	598,023	300,024	283,587	707,879	781,517	805.988**	3=0=1<2
economic_feasibility	56,922	55,565	61,255	52,846	357,502	111,199	55,834	54,252	134,670	149,627	838.810***	3=0=1<2

M: 평균; SD: 표준편차; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$



〈그림 10〉 태양광발전 설치 권장 지역

## 5. 토론 및 결론

### 5.1. 연구결과 요약

본 연구에서는 철도 유휴부지 데이터와 태양광발전 입지정보 데이터를 바탕으로 K-means, DBSCAN, SOM 군집분석을 실시하여 각 분석 결과를 비교하고, 분석 결과에 대한 강건성 분석을 진행함으로써 태양광발전 설치입지 제안 결과를 도출하였다. K-means 분석의 경우, 덴드로그램과 엘보우 기법을 통해 도출된 최적의 군집수인 2개와 3개, 그리고 SOM 분석에 사용된 군집수 4개에 대해 진행하였다. 군집수 2개의 분석 결과는 실루엣 계수(0.4939)와 CH 지표(808.5379) 값이 가장 높게 측정되었으나, 태양광발전 설치 가능 지역과 설치불가 지역의 분류 결과가 좋지

못하였다. 군집수 3개를 분석한 결과, 태양광발전 설치불가 지역은 잘 분류하였지만 태양광발전 설치가능 지역에 대한 분류가 미흡하였다. SOM 군집분석에 사용된 군집수와 동일하게 군집수 4개로 진행한 K-means 분석 결과 역시 태양광발전 설치불가 지역은 잘 분류하였지만, 태양광발전 설치가능 지역에 대한 분류가 미흡하였다. DBSCAN 분석은 군집수 3개로 진행되었으며, 태양광발전 설치가능 지역과 태양광발전 설치불가 지역은 잘 분류되었으나, 실루엣 계수(0.2621)나 CH 지표(151.7457) 값이 매우 낮아 분석 결과의 타당성을 갖추었다고 판단하기 힘들었다. SOM 분석은 군집수 4개로 진행되었으며, 실루엣 계수(0.4355)와 CH 지표(717.6964) 값 모두 비교적 적정하게 도출되었다. 그 결과, 태양광발전 설치가능 지역인 군집 2개와 설치불가 지역인 군집 2개를 적절하게 분류하였다. 태양광발전 설치가능 지역은 ‘태양광발전 설치 적극권장 지역’과 ‘태양광발전 설치 소극권장 지역’으로 상세하게 분류하였으며, 세 가지 군집분석 방법 중 ‘태양광발전 설치불가 지역’을 가장 많이 분류해낸 장점이 있었다.

이에, 본 연구에서는 군집분석 중 SOM 분석을 이용한 방법이 가장 우수한 분석방법으로 판단하고, SOM 분석 결과에 대한 강건성 분석을 실시하였다. ANOVA 분석으로 진행된 강건성 분석 결과, ‘태양광발전 설치불가 지역’으로 판단된 군집0과 군집3은 각각 일조량 부족과 높은 공시지가로 인해 태양광발전 설치가 불가함을 확인하였으며, ‘태양광발전 설치가능 지역’인 군집1은 군집0과 군집3에 비해 공시지가가 적정하고 일사량이 높은 것으로 확인되어, ‘태양광발전 설치 소극권장 지역’으로, 군집2는 군집0과 군집3에 비해 면적, 설치용량, 발전량, 예상수익 모두

높아 ‘태양광발전 설치 적극권장 지역’으로 판단할 수 있었다.

## 5.2. 연구의 시사점

본 연구의 이론적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 철도 유휴부지에 태양광발전 설치입지를 제안하는 알고리즘을 개발하였다. 데이터 분석은 데이터의 종류와 목적에 따라 최적의 알고리즘이 달라진다. 따라서, 선행연구가 미비했던 ‘철도 유휴부지를 활용한 태양광발전 설치입지 제안’이라는 목적에 부합하는 알고리즘을 개발한 것에 의의가 있다. 둘째, 한 가지 주제에 다양한 군집분석을 활용하여 결과를 비교하고 최선의 답을 도출하였다. 군집분석은 비지도학습의 특성상 정답이 없으며, 분석 결과가 온전히 연구자의 판단에 기반하여 해석된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하고자 다양한 군집분석의 결과를 모두 구한 후, 이들을 비교함으로써 최선의 답을 도출하고자 하였다. 셋째, 공공데이터와 빅데이터 분석을 활용하여 환경 문제를 해결할 수 있음을 보여주었다. 본 연구에서는 철도 유휴부지 공공데이터를 활용하여 재생에너지를 발전할 수 있는 태양광발전의 입지 장소를 선별하였다. 특별한 목적 없이 대중에게 공개되는 공공데이터 속에서도 빅데이터 분석을 활용하면 환경 문제를 해결할 수 있는 단서가 있음을 보인 것에 이론적 의의가 있다.

본 연구의 실무적 시사점은 세 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 태양광발전 관계부처는 본 연구에서 도출된 잠재적인 태양광발전 설치지역을 활용하여 태양광발전 사업을 촉진할 제도적 공백을 메우고, 새로운 정책 입안의 근거자료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 둘째, 태양광발

전 설치 제안자는 본 연구의 알고리즘을 활용하여 태양광발전 설치 가능성이 높은 지역을 우선적으로 고려할 수 있다. 우선순위가 높은 태양광발전 설치입지를 중심으로 사업을 고려함으로써, 선정으로 인한 시간과 예산을 절약함과 동시에 업무 효율을 증가시킬 수 있으리라 기대된다. 셋째, 정부는 태양광발전 설치가 적합한 토지를 추가적으로 확보하여 환경정책 달성에 다가설 수 있다. 환경문제를 해결하고자 다양한 재생에너지 정책이 제안되고 있지만, 태양광 발전기의 설치는 계획 대비 미미한 수준에 그치고 있는 실정이다. 본 연구의 결과를 바탕으로 태양광발전 설치가 적합한 지역을 추가적으로 발굴하여 재생에너지 발전 비율을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

## 5.3. 연구의 한계점 및 향후 연구방향

유의미한 연구결과와 시사점에도 불구하고, 본 연구가 가지는 한계점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서 최적의 군집분석 결과를 도출하는 방법을 다른 문제 해결에 사용할 수 없다. 실루엣 계수와 CH 지표라는 정형화된 수치가 아닌 모든 군집분석의 결과를 바탕으로 적합한 군집분석을 선별하였기 때문에, 본 연구와 다른 주제에서 같은 연구 방법을 사용하기 위해서는 다른 선별 기준이 필요할 것으로 보인다. 향후 연구에서는 일반적인 상황에서도 적용이 가능한 연구 방법을 제안할 필요가 있다. 둘째, 새로운 유휴부지가 증설되면, 기존의 결과가 바뀔 수 있다. 정답이 정해져 있지 않고 데이터들 간의 거리로 군집의 유형을 도출하는 군집분석의 특성상, 새로운 데이터가 추가되면 기존의 분석결과와 달리 군집의 수나 군집에 포함된 데이터가 바뀔 수

도 있다. 이에, 향후 새로운 철도라인이 신설되어 철도 유희부지가 추가된다면, 새로운 데이터를 포함하여 다시 분석을 수행할 필요가 있다. 셋째, 철도 유희부지에만 한정하여 태양광발전 입지를 제안한 것이다. 전 세계적인 환경문제를 해결하고 정부의 환경정책을 완수하기 위해서는 더 많은 재생에너지 발전이 필요하다. 하지만, 본 연구의 결과는 철도 유희부지에 태양광발전을 설치하는 경우에만 한정되어 있다. 향후 연구에서는 철도 유희부지 이외의 유희부지에 대해서도 태양광발전 및 풍력발전 등 다른 재생에너지 입지를 제안할 수 있는 알고리즘을 연구할 필요가 있다.

## 참고문헌(References)

### [국내 문헌]

- 고석환, 신우균, 신주영, 최의성 (2021). 태양광발전소 현장 진단평가 기술: 발전량 시뮬레이션과 다채널 IV 장치를 통한 고장진단. *Bulletin of the Korea Photovoltaic Society*, 7(2), 7-15.
- 국토교통부. (2015). 철도 유희부지 활용지침. 2015. 국토교통부 훈령 제555호.
- 권순재, 김성현, 탁온식, 정현희. (2017). K-Means Clustering 알고리즘과 헤도닉 모형을 활용한 서울시 연립·다세대 군집분류 방법에 관한 연구. *지능정보연구*, 23(3), 95-118.
- 김다혜, 양승우. (2021). 일본 도쿄도 철도고가 하부공간의 활용실태 연구. *도시정책연구*, 12(1), 67-88.
- 김동언, 이청용, 김재경. (2022). 역사 맞춤형 정책 수립을 위한 지하철 역사의 유형화 및 특성 분석에 관한 연구: 서울 지하철 사례

를 중심으로. *인터넷전자상거래연구*, 22(4), 153-170.

- 김성호, 백승익. (2001). 인위적 데이터를 이용한 군집분석 프로그램간의 비교에 대한 연구. *한국지능정보시스템학회논문지*, 7(2), 35-49.
- 김용수, 함창현, 백용선. (2000). 가우시안 데이터에 대한 개선된 신경회로망과 코호넨 자기조직화 특징 지도 성능 비교 연구. *Journal of the Institute of Industrial Technology*, 11(1), 13-18.
- 김종대, 이유석. (2019). 토픽 모형 분석을 활용한 시장 세분화 접근법: 영화 시장을 중심으로. *마케팅연구*, 34(4), 53-72.
- 김현웅, 김현기. (2003). 철도역구내의 유희부지 활용방안 연구. *한국철도학회 학술발표대회 논문집*, 372-375.
- 박경서. (2015). 인도네시아: 연무, 자연재해인가 인재인가? 엘리노 닷 극심한 가뭄, 곳곳 큰 산불 피해 급증 기업형 플랜테이션 농장 증가로 산불 커져 조코위 해결 의지... 산림개발 기업도 앞장 서야. *CHINDIA Plus*, 110, 28-38.
- 박다인, 윤상후. (2017). 시간단위 전력사용량 시계열 패턴의 군집 및 분류분석. *한국데이터정보과학회지*, 28(2), 395-406.
- 박도형, 정재권, 정여진, 이동원. (2014). 자기조직화 지도를 활용한 성장모형 기반의 시장 성장패턴 지도 구축: ICT 제품을 중심으로. *지능정보연구*, 20(4), 1-23.
- 박유민, 김영호. (2012). 환경적·사회적 영향을 고려한 태양광발전소의 기존 입지 타당성 평가 및 지속가능한 입지 제안. *한국경제지리학회지*, 15(3), 437-455.
- 박정일, 박민호, 임이택. (2010). GIS를 이용한 신·재생에너지 적지분석 연구: 태양광 및 풍력발전소를 중심으로. *한국지적정보학회 학술발표대회 논문집*, 129-141.

- 배주은, 김충호. (2021). 태양광발전시설의 입지 현황 및 유형특성에 관한 연구-경상남도 거창군 태양광발전시설 입지의 군집분석을 중심으로. *한국도시설계학회지 도시설계*, 22(4), 101-119.
- 성노윤, 남기환. (2018). 산업군 내 동질성을 고려한 온라인 뉴스 기반 주가예측. *지능정보연구*, 24(2), 1-19.
- 안현준, 신주영, 정창삼, 허준행. (2018). Self-organizing map을 이용한 강우 지역빈도해석의 지역구분 및 적용성 검토. *Journal of Korea Water Resources Association*, 51(5), 383-393.
- 우정원. (2019). DEA를 이용한 청정에너지기술 R&D 효율성 분석: 신재생에너지기술 R&D 과제를 대상으로. *기술혁신학회지*, 22(4), 690-708.
- 원동규, 이병식, 주희천. (2017). 신재생 에너지 지원정책 현황 및 동향 분석: 태양광발전을 중심으로. *한국혁신학회지*, 12(3), 83-115.
- 윤주, 문대섭. (2016). 철도 폐선부지 활용지침에 따른 유휴공간 활용. *Railway Journal*, 19(2), 18-23.
- 이경미. (2003). 군집분석을 위한 시각화 시스템 구현: MUVIS. *Journal of Integrated Design Research*, 2, 171-180.
- 이근상, 이종조. (2018). 항공 LiDAR 자료 기반 태양광발전소 입지 분석. *한국지적정보학회지*, 20(1), 37-47.
- 이기림, 이원희. (2015). GIS 와 계층분석법을 이용한 태양광발전소 입지 분석. *한국지리정보학회지*, 18(4), 1-13.
- 이동성, 임재욱. (2019). 태양광발전시설 입지에 영향을 미치는 요인 연구: 서울시를 중심으로. *서울도시연구*, 20(4), 107-117.
- 이민혁, 전인우, 전철민. (2017). 개선된 DBSCAN 알고리즘을 이용한 대중교통 정류장 군집화 기법. *대한공간정보학회지*, 25(4), 97-106.
- 이수현, 김재운, 정영선. (2017). Fuzzy K-means 군집분석을 위한 다양한 유효성 지수 개발. *경영학연구*, 46(4), 1201-1226.
- 이수현, 박정민, 이형용. (2015). 데이터마이닝 기법을 활용한 비외감기업의 부실화 유형 분석. *지능정보연구*, 21(4), 111-131.
- 이유빈, 이재규. (2021). 폐간이역 유휴공간의 공공적 활용 연구. *한국공간디자인학회 논문집*, 16(3), 179-192.
- 이지영, 강인준. (2010). GIS 기술을 활용한 태양광시설 입지선정에 관한 연구. *대한공간정보학회지*, 18(2), 99-105.
- 이충기. (2016). *관광조사통계분석* 제3판, 경기: 대왕사.
- 이하림, 황세원. (2021). 유휴 철도 차량기지의 주거지 입체 복합개발 방향에 관한 연구-신정 차량기지 환경적, 물리적, 사회적 현안 중심으로. *대한건축학회논문집*, 37(11), 79-86.
- 이혜정, 허성윤, 우종률, 이철용. (2020). 신재생 에너지 발전 사업에 대한 국민 및 지역 주민 수용성 비교 연구-태양광, 풍력, 바이오 발전을 중심으로. *한국혁신학회지*, 15(1), 29-61.
- 전권식, 이명식. (2022). 유휴부지와 차량기지를 연계한 주거단지 개발 기법에 관한 기초적 연구-홍콩 로하스 파크 (LOHAS Park) 주거 단지를 중심으로. *한국생태환경건축학회 논문집*, 22(4), 101-108.
- 조영성, 문송철, 류근호. (2014). 추천시스템에서 구매 패턴 예측을 위한 SOM 기반 고객 특성에 의한 군집 분석. *한국컴퓨터정보학회 논문지*, 19(2), 193-200.
- 조준한, 김성호, 오철. (2009). 도로특성분류를 위한 통계적 군집분석 방법의 비교 연구. *대한교통학회 학술대회지*, 61, 981-986.

- 최승범, 김종호. (2018). 지역재생 관점에서 지방 자치단체의 철도유휴부지 활용에 관한 연구. *사회과학연구*, 31(1), 221-252.
- 함애정, 강승진. (2018). 재생에너지 사업 참여에 대한 국민 선호와 수용성 분석: 태양광발전을 중심으로. *에너지공학*, 27(4), 36-49.
- 홍지나. (2021). 도심지 철도폐선부지를 활용한 문화전시시설로의 재생방안 연구-부산 구(舊) 해운대역을 사례로. *대한건축학회 학술발표대회 논문집*, 41(1), 754-75.

#### [국외 문헌]

- Hair Jr, J. F., Black, W., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis (8th edition)*. Boston: Cengage Learning EMEA.
- Jain, A. K., Murty, M. N., & Flynn, P. J. (1999). Data clustering: a review. *ACM computing surveys (CSUR)*, 31(3), 264-323.
- Kohonen, T. (1998). The self-organizing map, *Neurocomputing*, 21, 1-6.
- Kuo, R. J., Ho, L. M., & Hu, C. M. (2002). Integration of self-organizing feature map and K-means algorithm for market segmentation. *Computers & Operations Research*, 29(11), 1475-1493.
- Syakur, M. A., Khotimah, B. K., Rochman, E. M. S., & Satoto, B. D. (2018, April). Integration k-means clustering method and elbow method for identification of the best customer profile cluster. In *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 336, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Xu, D., & Tian, Y. (2015). A comprehensive survey of clustering algorithms. *Annals of Data Science*, 2(2), 165-193.

#### [URL]

- 강명윤, “삼성전자 전력 소비량, 국내 재생에너지 발전량보다 많다”, ChosunMedia 더나은 미래, 2022, Available at <https://futurechosun.com/archives/63950>.
- 국가철도공단, *철도 유휴부지 위치도*, 2020, Available at <https://www.kr.or.kr/sub/info.do?m=04050401>.
- 대한상공회의소, *국내 제조기업의 RE100 참여 현황과 정책과제 조사*, 대한상공회의소, 2022, Available at [http://www.korcham.net/nCham/Service/Economy/appl/KcciReportDetail.asp?SEQ\\_NO\\_C010=20120935475&CHAM\\_CD=B001](http://www.korcham.net/nCham/Service/Economy/appl/KcciReportDetail.asp?SEQ_NO_C010=20120935475&CHAM_CD=B001).
- 산업통상자원부, *신에너지 및 재생에너지 개발·이용 보급촉진법*, 법제처 국가법령정보센터, 2004, Available at <https://law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=66131#0000>.
- 산업통상자원부, *재생에너지 3020 이행계획(안) 발표*, 2017, Available at [http://www.motie.go.kr/motiee/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs\\_seq\\_n=159996&bbs\\_cd\\_n=81](http://www.motie.go.kr/motiee/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=159996&bbs_cd_n=81).
- 신재희, ‘저스를 수 없는’ 신재생 에너지 확대.. ‘묻지마 신재생’ ‘급격한 에너지 U턴’은 경계, 국민일보, 2022, Available at <https://v.daum.net/v/20220704060053118>.
- 이용성, “기후변화로 상반기 지구촌 경제손실 85조원”...70년대 비 7.8배, ChosunBiz, 2022, Available at [https://biz.chosun.com/international/international\\_economy/2022/08/10/LOQFG6VVPNHQ5KBXJ2NEGT7FAA/](https://biz.chosun.com/international/international_economy/2022/08/10/LOQFG6VVPNHQ5KBXJ2NEGT7FAA/).
- 이호준, 새 정부 탄소중립 키워드는 ‘원전’... 재생에너지 어떻게 되나?, KBS NEWS, 2022, Available at <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=5438846&ref=A>.
- 임성희, [보도자료] 고속도로와 철도 유휴부지를 활용한 태양광으로 서울시 주택용 전력의 최대

- 45% 생산 가능, 녹색연합, 2022, Available at <https://www.greenkorea.org/activity/energy-conversion/energyconversion-energy/94920/>.
- 재생에너지클라우드플랫폼, 발전소 현황, 재생에너지 클라우드플랫폼, 2022, Available at <https://recloud.energy.or.kr/main/main.do>.
- 탄소중립포털, 기후변화대응 타임라인, 2021, Available at [https://www.gihoo.or.kr/netzero/site/cntnts/CNTNTS\\_002.do](https://www.gihoo.or.kr/netzero/site/cntnts/CNTNTS_002.do)
- 한국전력공사, 신재생에너지란, 2022, Available at <https://home.kepco.co.kr/kepco/SM/C/htmlView/SMCCHP001.do?menuCd=FN29030304>.
- 한국전력공사, 에너지원별 발전량 현황, 2021, Available at [https://index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxMainPrint.do?idx\\_cd=1339&board\\_cd=INDX\\_001](https://index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxMainPrint.do?idx_cd=1339&board_cd=INDX_001).
- Chadwick, M., 10분만에 읽는 ‘파리기후변화협정’ A to Z, GreenPeace, 2021, Available at <https://www.greenpeace.org/korea/update/17235/blog-ce-paris-climate-agreement-a-to-z/>.
- Lee, U., *South Korea’s lack of wind and solar hinders exporters*, EMBER, 2022, Available at <https://ember-climate.org/insights/research/south-koreas-lack-of-wind-and-solar-hinders-exporters/>.
- SBS, [뉴스토리] 뜨거워진 지구.. 2022 ‘기후 쇼크’, SBS, 2022, Available at [https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news\\_id=N1006925430&plink=THUMB&cooper=SBSNEWSPROGRAM](https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1006925430&plink=THUMB&cooper=SBSNEWSPROGRAM).

## 부록. 태양광 설치 적극권장 지역

선로	주소	면적(m <sup>2</sup> )	선로	주소	면적(m <sup>2</sup> )	
경강선	이천시 아미리 산 73-2	792	장항선	홍성군 갈산리 226-3 외 1곳	2,413	
경춘선	가평군 대곡리 157-3 외 1곳	2,284		홍성군 고암리 819-9 외 7곳	7,844	
	가평군 대성리 350-1 외 1곳	2,130		홍성군 학계리 121-1 외 20곳	24,222	
	가평군 읍내리 350-2	1,476	전라선	남원시 내척동 498-3 외 3곳	5,257	
	춘천시 근화동 169-2 외 1곳	2,817		남원시 용정리 1072-1 외 9곳	12,246	
	춘천시 정족리 1089-5 외 1곳	2,426	중앙선 수도권본부	남양주시 도곡리 1096-6 외 2곳	3,914	
	춘천시 증리 673-2 외 5곳	6,072		남양주시 이패동 490-5 외 1곳	3,565	
	춘천시 퇴계동 615-2	1,737		양평군 다문리 59-2 외 1곳	1,364	
동해중부 미건설선	포항시 창포동 553-1 외 2곳	3,719		양평군 지평리 134-4 외 7곳	8,550	
	산재 유희부지	단양군 가평리 120-3		782	양평군 화전리 74-2 외 1곳	2,913
울산시 배암동 373-8 외 4곳		5,888	중앙선 강원본부	제천시 고명동 371-4 외 3곳	5,762	
정선군 사북리 산 150-11		802		제천시 대량동 192 외 10곳	12,583	
제천시 강제동 337-3		703		단양군 가평리 110-2 외 4곳	5,336	
제천시 고명동 산 40-3 외 1곳		2,688		단양군 고양리 369-2 외 1곳	3,064	
제천시 대량동 257-2		952		단양군 삼곡리 429-10외 1곳	1,766	
태백시 화전동 14-67		1,585		단양군 상시리 106-2 외 5곳	6,822	
장항선		보령시 관산리 465-2 외 4곳		5,411	단양군 안동리 167-1 외 3곳	5,726
	아산시 궁화리 166-16 외 7곳	10,224		단양군 영천리 442-2 외 1곳	2,395	
	아산시 남성리 216-2 외 6곳	7,369		단양군 하시리 산 2-2 외 3곳	5,455	
	아산시 배미동 149-2 외 4곳	6,041		영주시 강동리 732-2 외 5곳	7,511	
	아산시 빙축동 174-5	1,278		영주시 승문리 1286-1 외 5곳	10,133	
	아산시 신달리 247-2 외 1곳	2,776		영주시 용혈리 415-2 외 6곳	8,185	
	아산시 신언리 80-1 외 1곳	2,405		호남선	무안군 봉산리 805	1,067
	아산시 오목리 402-2 외 3곳	6,185			함평군 고막리 631-2 외 1곳	2,069
	아산시 죽산리 181-14 외 11곳	11,079		소계	124곳	150,162
	소계	78곳	89,621	합계	202곳	239,783



Abstract

## Utilizing the Idle Railway Sites: A Proposal for the Location of Solar Power Plants Using Cluster Analysis

Eunkyung Kang\* · Seonuk Yang\* · Jiyeon Kwon\* · Sung-Byung Yang\*\*

Due to unprecedented extreme weather events such as global warming and climate change, many parts of the world suffer from severe pain, and economic losses are also snowballing. In order to address these problems, ‘The Paris Agreement’ was signed in 2016, and an intergovernmental consultative body was formed to keep the average temperature rise of the Earth below 1.5°C. Korea also declared ‘Carbon Neutrality in 2050’ to prevent climate catastrophe. In particular, it was found that the increase in temperature caused by greenhouse gas emissions hurts the environment and society as a whole, as well as the export-dependent economy of Korea. In addition, as the diversification of transportation types is accelerating, the change in means of choice is also increasing. As the development paradigm in the low-growth era changes to urban regeneration, interest in idle railway sites is rising due to reduced demand for routes, improvement of alignment, and relocation of urban railways. Meanwhile, it is possible to partially achieve the solar power generation goal of ‘Renewable Energy 3020’ by utilizing already developed but idle railway sites and take advantage of being free from environmental damage and resident acceptance issues surrounding the location; but the actual use and plan for these solar power facilities are still lacking. Therefore, in this study, using the big data provided by the Korea National Railway and the Renewable Energy Cloud Platform, we develop an algorithm to discover and analyze suitable idle sites where solar power generation facilities can be installed and identify potentially applicable areas considering conditions desired by users. By searching and deriving these idle but relevant sites, it is intended to devise a plan to save enormous costs for facilities or expansion in the early stages of development. This study uses various cluster analyses to develop an optimal algorithm that can derive solar power plant locations on idle railway sites and, as a result, suggests 202 ‘actively recommended areas.’ These results would help

---

\* Department of Big Data Analytics, Kyung Hee University

\*\* Corresponding author: Sung-Byung Yang

Department of Business Administration/Big Data Analytics, Kyung Hee University

26 Kyunghedae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 02447, Korea

Tel: +82-2-961-9548, Fax: +82-2-961-0515, E-mail: sbyang@khu.ac.kr

decision-makers make rational decisions from the viewpoint of simultaneously considering the economy and the environment.

**Key Words** : Idle Railway Site, Solar Power Generation, Cluster Analysis, Self-Organizing Map, Location Analysis

Received : November 14, 2022 Revised : December 7, 2022 Accepted : December 12, 2022

Corresponding Author : Sung-Byung Yang

## 저자 소개



**강은경**

경희대학교 일반대학원 빅데이터응용학과 박사과정을 수료하였으며, MIS Quarterly 연구동향 탐색: 토픽모델링 및 키워드 네트워크 분석 활용에 관한 연구를 진행한 바 있다. 주요 관심분야는 지식경영, IT 경영, 비대면 마케팅, 공유경제, 비즈니스 애널리틱스, 인과추론 등이다.



**양선욱**

경희대학교 일반대학원 빅데이터응용학과 석사과정을 졸업하였으며, 유튜브 중간광고 설정이 영상이탈의도와 프리미엄 구매의도에 미치는 영향에 관한 연구를 진행한 바 있다. 주요 관심분야는 빅데이터 분석, 소비자 행동 등이다.



**권지윤**

경희대학교 일반대학원 빅데이터응용학과 석사과정에 재학중이며, 유튜브 실시간 방송 시청자의 지속시청의도 및 유료후원의도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구를 진행한 바 있다. 주요 관심분야는 데이터 분석, 데이터 사이언스 등이다.



**양성병**

경희대학교 경영학과/빅데이터응용학과 교수로 재직 중이며, 주요 관심분야는 빅데이터 분석, 온라인 리뷰, 고객관계관리, 지식경영, 온라인 커뮤니티, 전자상거래, 스마트 투어리즘 등이다. MIS Quarterly, Information Systems Research, Computers in Human Behavior, Tourism Management, International Journal of Information Management 등 우수 저널에 다수의 논문을 게재하였다.