

광주광역시 첨단지구 아파트 태양광 잠재 발전량 분석

문혁¹⁾

Analysis of the potential solar power generation capacity in Gwangju
Cheomdan resident area

Moon, Hyuk*

요약 Abstract

본 연구는 도시 지역의 신재생에너지 보급 확대와 에너지 자립도 향상을 목표로 광주광역시 첨단지구 내 아파트 단지를 대상으로 태양광 발전 잠재력을 분석하였다. 수치표면모형(Digital Surface Model)을 활용하여 건물의 경사, 방위 뿐만 아니라 주변 건물로 인한 음영 효과를 반영하였다. 분석 과정에서는 DSM의 해상도 업스케일링, 경사 분석 및 방위 분석 그리고 동지와 하지 기준의 일사량을 산출하였다. 산출된 일사량과 옥상 면적 활용률(30%), 시스템 효율(75%)을 적용하여 단지별 건물 면적 당 잠재 발전 효율(kWh/건물 총 면적)과 일일 총 잠재 발전량(kWh)을 도출하였다.

분석 결과 계절별 일사량 변동에 따른 발전량 차이가 명확히 나타났으며 특정 단지들이 주변 환경의 제약을 적게 받아 상대적으로 높은 발전 효율을 보이는 것으로 확인되었다. 이는 태양광 보급 시 옥상 면적 외에 3차원 공간 특성을 반드시 고려해야 함을 시사한다. 본 연구는 효율적인 태양광 발전 패널 설치 및 우선 순위 결정을 위한 근거를 제공한다.

주요어: GIS, 수치표면모형, 일사량 분석, 태양광 발전, 발전 효율, 태양광 잠재 발전, 공급 예측

1) 전남대학교 지리학과(Department of Geography, Chonnam National University) 4학년

I. 연구의 개요

1. 연구 배경 및 필요성

2025년 현재 기후 위기 및 에너지에 대한 관심도는 지속적으로 증가하고 있다. 대한민국 역시 2050 탄소 중립 목표 달성을 위해 에너지 시스템의 대대적인 전환을 추진하고 있다. 특히 에너지를 대량 소비하는 주거지역에서의 에너지 발전원 확보는 도시 내 미활용 공간인 건물 옥상을 활용하는 태양광 발전이 가장 현실적인 대안으로 주목 받고 있다. 그러나 고밀도 도시 환경에서 태양광 발전 잠재력을 평가할 때는 단순한 수평 면적만을 고려하는 방식은 한계가 명확하다. 건물 간의 복잡한 배치와 높이 차이로 인해 발생하는 음영 현상은 실제 발전 효율에 크게 영향을 미치며 부정확한 잠재력 산정은 태양광 발전 패널 설치 효율 계산을 왜곡시킬 수 있다. 이에 따라 본 연구는 3차원 공간정보인 DSM과 GIS를 활용하여 건물의 경사, 방위, 주변 장애물을 모두 고려하여 일사량을 정밀하게 분석하고 실질적인 태양광 잠재 발전량을 산정하고자 한다.

2. 연구 대상지 현황

본 연구의 공간적 대상지인 광주광역시 광산구 첨단지구에는 아파트 단지가 밀집되어 있으며 1990년 대 택지지구 건설 당시 설정된 고도 제한으로 인하여 타 택지지구 대비 저층 아파트의 비중이 높고 저층 아파트와 고층 아파트가 불규칙하게 존재한다. 이러한 특징으로 인해 옥상 면적이 넓더라도 발전 효율이 떨어지는 단지가 발생할 수 있으며 이는 곧 태양광 발전기를 설치할 때 비효율성을 초래할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 일사량을 정밀하게 분석하고 발전 효율을 정밀하게 계산하고 발전 효율이 높은 아파트 단지를 선별할 필요가 있다.

II. 공간분석 기초

1. 분석의 배경

본 연구의 핵심 목적은 광주 첨단지구 내 아파트 단지의 태양광 발전 잠재량을 도출하고 이를 기반으로 가장 효율적인 보급 적지를 도출하는 데 있다. 본 연구는 단순한 면적 기반의 잠재량 산정이 아닌 고밀도 도시 환경에서 필수적으로 고려하여야 하는 3차원 공간 특성(경사, 방위, 음영)을 모두 반영하며 특히 일사량은 계절적 요인에 의해 크게 변동하므로 태양광 발전에서의 최악의 조건인 동지와 최적의 조건인 하지 두 조건 하에서의 잠재 발전량을 산출하여 분석의 현실성을 확보하였다. 이를 위해 태양광 발전 잠재량 산정을 위한 주요 전제조건 및 가정은 다음과 같다. 먼저 실제 태양광 패널 설치 시 구조물, 설비 공간 등을 제외한 옥상 면적의 30%를 유효 활용 면적으로 가정하였다. 다음 태양광 모듈 및 인버터 등의 발전 시스템 효율은 75%로 일괄 적용하였다. 마지막으로 잠재량 산출 기준으로 DSM을 통해 산출된 일사량(kWh/m^2)에 유효 활용 면적과 시스템 효율을 곱하여 최종 잠재 발전량(kWh/day)을 산출한다.

2. 분석의 범위

본 연구의 공간적 범위는 아파트 단지 밀집도가 높은 광주광역시 광산구 첨단지구이다. 광주광역시는 지역 에너지 자립을 위한 노력을 지속하고 있으나 도시 개발 과정에서 형성된 고밀도 아파트 단지들은 건물 간의 복잡한 배치와 높이 차이로 인해 옥상 공간의 잠재력이 균일하지 않고 음영 발생 가능성이 높다는 특성을 가지고 있다. 이러한 특성으로 인해 단순히 넓은 옥상 면적을 가진 단지가 무조건 높은 발전량을 보장하는 것이 아니며 일조 조건에 최적화된 잠재 발전 적지를 구별하는 것이 필요하다. 이를 위해 첨단지구 내 아파트 단지별 옥상 공간을 세부 분

석하여 실질적인 발전 잠재력의 차이를 파악하는 것이 중요하다.

다음으로 본 연구의 시간적 범위는 2024년이며 일조 조건의 극단적인 차이를 확인하기 위해 동지와 하지 두 시점을 설정하고 두 시점의 하루 일사량 데이터를 기반으로 분석을 수행하였다. 분석이 적용된 모든 아파트들은 2024년 이전에 지어진 아파트들이며 해당 시점의 지형 정보를 기반으로 잠재량을 산정하였다.

본 연구의 내용적 범위는 경사 분석, 방위 분석, 일사량 분석을 포함한 3차원 일사량 분석을 기반으로 한 잠재 발전량 및 면적당 발전 효율 산출이며 태양광 설비의 설치 비용, 운영 비용, 투자 회수 기간 등 경제성에 대한 분석은 본 연구에서 제외하였고 순수 공간적 잠재력 평가에만 집중하였다.

3. 분석의 특징

본 연구는 수치표면모형을 활용하여 지형 뿐만 아니라 지물, 건물 자체의 지붕 경사 및 방위, 지형지물로 인해 발생하는 음영으로 인한 일조 방해를 고려하여 기존의 수치표고모델(DEM)만을 활용한 분석보다 분석의 정확도를 크게 향상시켰다. 또한 계절성을 반영하여 일사량이 가장 적은 동지와 가장 많은 하지의 데이터를 비교함으로써 계절별 발전량의 차이를 보여준다. 그리고 단순히 발전량 합계뿐만 아니라 면적당 발전량을 함께 제시하여 투입 면적 대비 발전 성능이 우수한 최적의 단지를 선별할 수 있는 기준을 제공한다.

<표 1> 자료 출처

자료 유형	데이터 내용	수집 방법 및 출처
3차원 공간 자료	광주광역시 및 전라남도 일대의 수치표면모형(DSM)	일본 우주항공연구개발기구 지구관측 연구센터 ¹⁾
2차원 공간 자료	광주광역시 광산구 건물 풋프린트	브이월드 ²⁾

1) <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS>

2)

https://www.vworld.kr/dtmk/dtmk_ntads_s002.do?dsId=30524

III. 공간분석 방법

1. 자료 수집

본 연구에서 활용한 공간 데이터 및 통계 자료의 수집, 수집 방법 및 출처는 <표 1>와 같다.

2. 수행 방법론

본 연구의 공간분석은 DSM을 활용하여 태양광 잠재 발전량을 산정하는 단계적 절차로 구성되었고 전체 분석 과정은 ‘자료 준비 및 전처리’, ‘3차원 지형 및 일사량 분석’, ‘잠재 발전량 산정’, ‘결과 시각화’의 4단계로 진행되었다. 분석은 Esri의 ArcGIS를 활용하여 수행되었다.

2.1. 세부 분석 방법 및 과정

1) 자료 준비 및 전처리

수집한 수치표면모형을 광주광역시 영역만큼 Clip하여 분석 범위를 한정하였다. 그 다음 분석의 정확도와 연산 속도를 고려하여 수치표면모형의 X,Y 해상도를 기존 28에서 14로 업스케일링하는 전처리 과정을 수행하였다. 이 때 사용한 보간법은 선형 보간법을 활용하였다. 이는 가장 가까운 픽셀의 가중 평균을 통해 새 픽셀의 값을 할당하는 보간법이다. 업스케일링된 DSM은 다음 <그림 1>과

같다.

<그림 1> 수치표면모형(DSM)



다음으로 건물 풋프린트 중 분석에 필요한 아파트를 제외한 건물은 제거하였고 아파트 내에서도 상가동, 경비실 등 실제 사람이 거주하지 않거나 건물의 면적이 작아 실제 태양광 패널을 설치하기에 부적합한 대상은 제외하였다. 또한 아파트 단지를 분류할 때 기준이 될 단지명, 잠재발전량을 산출할 때 변수가 될 건물면적이 유효하지 않은 건물 역시 최종 분석 대상에서 제외하였다.

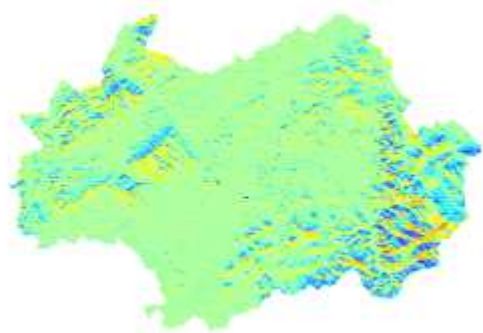
2) 3차원 지형 분석 및 일사량 산정

전처리된 DSM을 기반으로 각 지표면의 각도의 경사각과 방위각을 산출하였다.

이 결과는 태양광 모듈이 받을 수 있는 일사량에 영향을 미치는 주요 변수로 활용된다. 경사와 방위 분석이 완료된 후 일사량 분석 도구를 활용하여 태양의 위치가 극단적으로 변화하는 두 시점의 일일 총 일사량을 계산하였다. 분석 대상이 된 시점은 각각 동지와 하지이며 동지는 일조 조건이 가장 불리한 날을 대표하고 하지는 일조 조건이 가장 유리한 날을 대표한다. 산출된 일사량은 다음 <그림 2>와 <그림 3>과 같다.

일사량의 최저점은 파란색, 최고점은 빨간색이며 동지의 최저 일사량은 225Wh, 최고 일사량은 2314Wh이다. 하지의 일사량은 최저 3149Wh, 최고 6641Wh이다.

<그림 2> 동지 일사량



<그림 3> 동지 일사량



3) 잠재 발전량 및 효율 산정

산출된 동지 및 하지 일사량 래스터 데이터를 건물 풋프린트 폴리곤과 중첩하여 건물 옥상면적 1m²당 하루 일사량의 평균값을 추출하였다. 추출한 평균 일사량 값을 바탕으로 다음 공식을 적용하여 건물(동별)의 하루 잠재 생산량을 계산하였다.

$$PPG = AS * (RA * 0.3) * 0.75$$

PPG : 잠재태양광발전량 (kWh/day)

AS : 건물 별 1m² 평균일사량

RA : 건물 별 옥상 면적

0.3 : 옥상 면적 활용률 30%

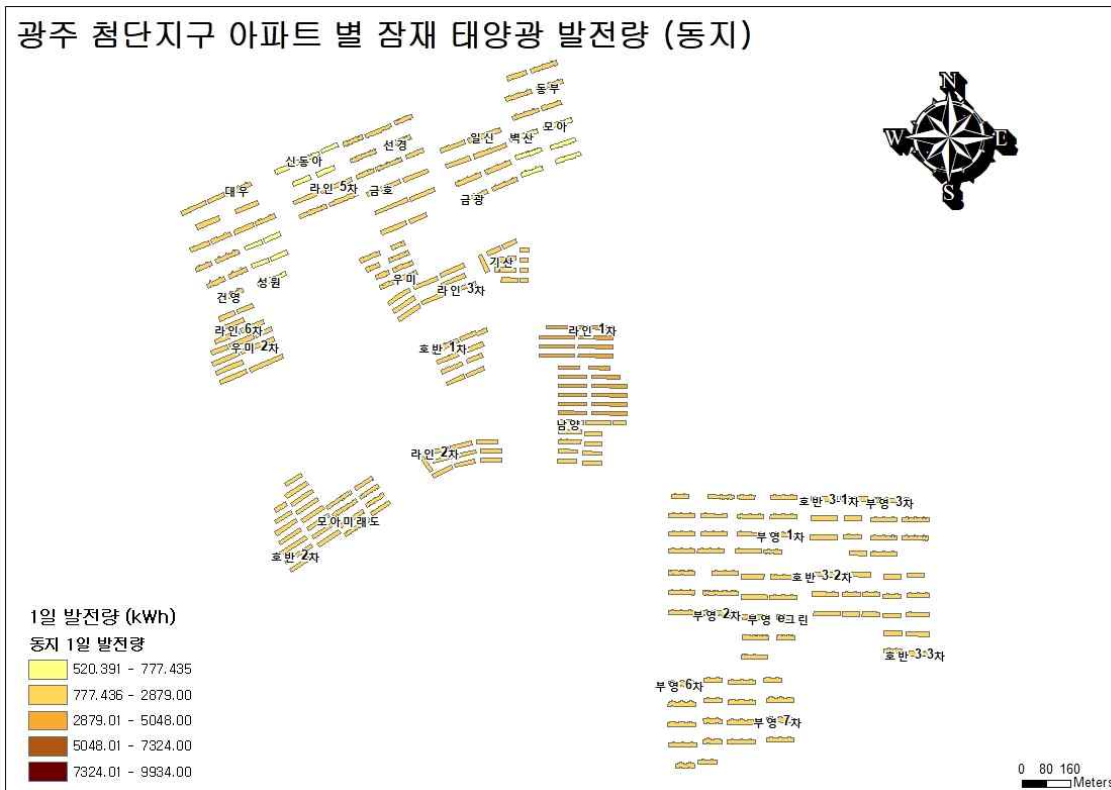
0.75 : 시스템 효율 75%

계산된 건물(동별)의 잠재 생산량을 단지별로 묶어(Dissolve) 단지별 최종 하루 잠재 생산량을 산출하였다. 산출한 단지별 잠재 생산량을 해당 단지의 총 옥상 면적으로 나누어 면적당 발전효율(kWh/m²)을 계산하였다.

<그림 4> 광주 첨단지구 아파트 별 잠재 태양광 발전량 (하지)



<그림 5> 광주 첨단지구 아파트 별 잠재 태양광 발전량 (동지)



<그림 6> 광주 첨단지구 아파트 별 발전효율 (하지)



<그림 7> 광주 첨단지구 아파트 별 발전효율 (동지)



<표 2> 단지 별 1일 총 발전량 통계량

	Mean	Std. Dev	Max	Min
하지 발전량	6,515.77	3,007.25	16,723.86 (라인1차)	2,526.04 (벽산)
동지 발전량	1,388.71	611.09	3,454.76 (라인1차)	520.39 (벽산)

<표 3> 단지 별 발전 효율 통계량

	Mean	Std. Dev	Max	Min
하지 발전 효율	1.09	0.2	1.93 (일신)	0.88 (라인6차)
동지 발전 효율	0.24	0.04	0.39 (일신)	0.17 (라인6차)

IV. 결과 및 논의

1. 연구 결과

본 연구에서 수행한 광주 첨단지구 내 아파트 단지별 태양광 잠재 발전량 및 면적당 발전 효율을 산출하였으며 그 결과는 동지와 하지 기준으로 구분하여 시각화되었다.

1) 단지별 잠재 발전량 분석 결과

분석 대상 아파트 단지들의 하루 총 잠재 발전량의 분포를 동지와 하지를 기준으로 분석하였다. 하지와 동지의 단지 별 하루 총 생산량을 시각화한 지도는 <그림 4>와 <그림 5>와 같으며 통계량은 <표 2>와 같다.

하지 조건에서는 일조 시간이 길고 태양 고도가 높아져 모든 단지에서 발전량이 높게 나타났다. 특히 대형 단지일수록 절대적인 옥상 면적이 크기 때문에 총 발전량이 높게 집계되는 경향이 확인되었다. 단지 발전량 순위 상위권에 해당하는 첨단 라인1차 아파트의 경우 20동의 대형 단지이며 호반 2차의 경우도 15동으로 구성된 대형 단지이다. 부영 1차아파트 역시 16동으로 구성된 대형 단지이며 다른 순위권 아파트와 달리 15층 이상의 고층 아파트이다. 이는 일사 조건이 최적일 때는 단지의 규모가 잠재 발전량을 결정하는 주요 요인임을 보여준다. 동지 조건에서는 첨단 라인 1차의 발전량이 상위권이다. 동지 시기에는 모든 단지가 하지와 달

리 전체적인 발전량이 큰 폭으로 감소하였으며 여전히 라인 1차가 상위권을 차지하는 것을 보아 여전히 아파트의 단지의 규모가 전체 발전량에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 태양광 발전 패널을 설치할 때 단지가 큰 아파트 단지 위주로의 설치가 가장 효율적으로 보이는 문제가 발생한다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 각 단지의 건물 면적 대비 발전량 즉 발전 효율을 확인할 필요가 있다. 아파트 단지 별 발전 효율을 시각화한 지도는 <그림 6>와 <그림 7>과 같으며 통계량은 <표 3> 와 같다.

총 발전량의 절대적인 크기를 배제하고 옥상 면적 1m²당 발전 가능한 전력량(kWh/m²/day)인 발전 효율을 분석하였다. 이 지표는 설치 공간 대비 발전 성능이 우수한 단지를 식별하는 역할을 한다. 분석 결과 일신아파트는 하지와 동지 모두 높은 발전 효율을 기록하였다. 이는 일신아파트가 옥상 면적은 라인 1차보다 작더라도 건물 배치와 방위가 태양광 수광에 매우 유리하며 주변 음영의 영향을 최소화하는 위치에 있음을 의미한다. 또한 잠재 발전량 최대 단지인 라인 1차는 일 16,723.86kWh의 발전량을 보이지만 하지 효율은 0.98kWh/m²로 평균 효율보다 낮게 나타났다. 반면 총 발전량은 상대적으로 낮더라도 일신, 동부, 건영, 벽산 등 일부 단지들은 동지에 0.28kWh/m² 이상의 높은 효율을 보여 태양광 발전 패널 보급 적지 선정 시 규모보다 효율을 우선해야 함을 입증한다.

2. 결과 논의

V. 참고문헌

1) 태양광 발전기 보급 적지 선정 고려 요건

분석 결과 아파트 별 총 태양광 잠재 발전량은 아파트의 규모에 비례하여 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 반면에 발전 효율은 일사량이 높은 단지가 더 높은 것을 확인할 수 있었다. 이러한 분석 결과는 설비 보급의 우선 순위를 총 잠재량 뿐만 아니라 주변의 지형지물과 지형의 경사 등을 모두 고려한 일사량에 따른 발전 효율도 고려해야 함을 함의한다. 물론 라인 1차처럼 총 발전량이 절대적으로 큰 단지들은 도시 전체의 총 발전 목표 달성을 위해 필수적인 거점 역할을 할 수 있기 때문에 효율이 낮더라도 전략적으로 보급 대상지에 포함할 필요가 있다. 또한 발전 효율이 낮은 단지, 즉 일조조건이 낮은 단지의 경우 향후 도시 계획 시 주변 건축물의 높이 및 일조 간격에 대한 고려가 필요할 것으로 보인다.

2) 연구의 한계 및 향후 보완할 사항

본 연구는 발전량 산정에 초점을 맞추었으나 실제 태양광 패널의 가격, 설치 비용, 운영 비용, 전력 판매 단가 등의 경제적 타당성 요소가 제외되었다. 향후 연구에서는 이러한 요소를 포함한 연구를 포함하여야 한다. 또한 최적의 보급 단지 선정을 위한 방법론을 적용하여 최적의 단지를 선정하는 연구를 포함하여야 한다.

공간분석 관점에서 본 연구의 한계점은 동지, 하지 두 시점만으로 단지 내 발전 잠재량을 추정하는 것은 한계가 있다. 그렇기 때문에 연중 시간별 누적 일사량 분석을 통해 보다 정밀한 연 평균 잠재 발전량을 산출할 필요가 있으며 활용된 건물 풋프린트와 DSM 데이터의 생성 시점 및 해상도 차이로 인한 미세한 오차 가능성이 상존한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 더욱더 정밀한 자료 수집 및 자료의 구축이 필요하다.