

GIS를 활용한 수상 태양광 발전소 입지 분석 Floating Photovoltaic Plant Location Analysis using GIS

이기림* · 이원희**

Lee, Ki Rim · Lee, Won Hee

要 旨

전 세계 화석 에너지의 사용량은 지속적으로 증가하고 있다. 기존의 화석 에너지 사용 국가뿐만 아니라 개발도상국의 화석 에너지 사용량 또한 증대되면서 유한한 화석 에너지의 고갈에 대한 불안감은 커지고 있다. 또한 화석 에너지로 인한 환경오염, 경제적·사회적 문제는 해결해야 할 과제로 남아있다. 태양광은 환경을 해치지 않는 청정 에너지이지만, 태양광 발전소를 설치하는 과정에서 여러 문제가 발생한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 수상 태양광 발전소가 대안으로 떠오르고 있다. 하지만 아직까지 수상 태양광 발전소에 대한 입지 분석이 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 수상 태양광 발전소의 입지 조건을 지형 및 기후 인자를 이용한 계층분석법을 통해 결과를 분석하였다. 그리고 적합분류표에 따라 각각 인자들의 속성정보에 점수를 부여하고, 여기에 가중치를 곱한 뒤 점수를 시각화하여 분석하였다. 그 결과 경상북도 북부지역의 점수 분포가 남부지역보다 높게 나왔다. 특히 안동시의 안동호와 영양군의 저수지가 최적입지로 추출되었다. 낮은 점수가 나온 곳은 강, 하천의 중심부가 아닌 하천의 경계면이었다. 본 연구를 통해 더욱 정확한 수상 태양광 발전소 입지 분석이 될 것이라고 기대한다.

핵심용어 : 수상 태양광 발전소, 신재생에너지, 입지분석, 지리정보시스템, 계층분석법

Abstract

Global consumption of fossil fuels continues to increase. As developing countries use fossil fuel as much as the existing fossil fuel using countries, the total amount of fossil fuel consumed has risen. The finite fossil energy depletion insecurity have become serious. In addition, fossil energy is caused by environmental pollution, economic and social problems remain in assignments that need to be addressed. Although solar power is clean and has many benefits, there are several problems in the process of installing a solar power plant. To solve these problems, floating photovoltaic plants has emerged as an alternative. This floating photovoltaic plants location analysis has not been made yet. In this study, the conditions of the floating photovoltaic plants location is analyzed with the Analytic Hierarchy Process using the terrain and climate factors. The score is assigned to the attribute information of each factor by the classification table. After multiplied by the weight the result is analyzed by visualization of the score. As the result, the score of the northern part of Gyeongsangbuk-do province is higher than the southern part of Gyeongsangbuk-do province. Especially Andongho lake in Andong City and the reservoir in Yeongyang-Gun are extracted as the optimal location. The score of the river boundary is low not the center of the river stream. It is expected that this study would be a more accurate floating solar power plant location analysis.

Keywords : Floating Photovoltaic Plant, New Renewable Energy, Location Analysis, Geographic Information System, Analytic Hierarchy Process

1. 서 론

석유, 석탄 등의 화석 에너지원은 인류에게 매우 중요한 자원이지만 머지않은 미래에 고갈될 위기에 놓여

있다. 화석에너지로 발생하는 온실가스는 매년마다 지구온난화와 기후변화의 문제를 일으켜 전 세계의 이슈가 되고 있다. 화석 에너지에서 나오는 이산화탄소를 줄이지 못할 경우 2100년까지 지구의 평균온도는

Received: 2016.02.15, revised: 2016.03.11, accepted: 2016.03.17

* 정회원 · 경북대학교 융복합시스템공학부 연구원(Member, Researcher, School of Convergence & Fusion System Engineering, Kyungpook National University, geolee@knu.ac.kr)

** 교신저자 · 정회원 · 경북대학교 융복합시스템공학부 교수(Corresponding Author, Member, Professor, School of Convergence & Fusion System Engineering, Kyungpook National University, wlee33@knu.ac.kr)

6.4°C 상승이 될 것으로 예측되고 있다(IPCC, 2007). 따라서 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 화석 에너지를 줄이기 위해 노력하고 있으며, 신재생 에너지에 많은 투자를 하고 있다(Lee and Lee, 2015).

우리나라는 화석 에너지의 해외 의존도가 크기 때문에 신재생 에너지 개발은 필수적이다(Lee, 2013). 정부는 2030년까지 화석 에너지 비중을 83%에서 61%로 축소시키고, 신재생 에너지의 비중을 2.4%에서 11%까지 확대시킬 계획이다. 특히 태양광 발전소는 현재 대비 공급규모를 44배 늘릴 전망이다.

하지만 태양광 발전소를 설치하는 데는 여러 난제들이 있다. 가장 큰 문제는 넓은 면적이 필요하다는 것이다. 또한 발전소 설치를 위해 산림을 벌목하게 되면서 청정에너지로서의 장점이 무색하다. 이런 문제점을 해결하기 위해 하천, 댐, 저수지와 같이 물 위에 태양광 발전소를 설치하는 수상 태양광 발전소가 하나의 방법으로 떠오르고 있다. 수상 태양광 발전소는 앞서 제시된 문제점을 해결해줄 뿐만 아니라 태양광 모듈의 그늘에 의한 광 차단 효과로 인해 녹조류 발생을 억제하여 수질을 개선시키는 장점이 있다. 하지만 아직까지 수상 태양광 입지분석에 대한 연구는 미비하다. 수상 태양광 발전소와 관련된 국내 연구를 보면 수상 태양광 발전시스템 설계 및 요소기술 분석(Jin, 2014), 수상 태양광의 시공기술에 관한 실증연구(Choi and Yi, 2013), 수상 태양광 발전 시스템 기술 동향(Won, 2015) 등과 같이 수상 태양광 발전소에 대한 기술적인 연구 밖에 찾아볼 수 없다. 수상 태양광 발전소 입지 분석 연구로는 수상 태양광 발전시스템 개발을 위한 적지조사에 관한 연구(Lee et al., 2012)가 있지만 공간정보를 활용한 방법이 아니며, 위성사진만을 이용한 현장조사를 통해 적지를 분석하였다. 해외 연구로는 Scenarios for use of floating photovoltaic plants in Brazilian reservoirs (Elissandro et al., 2015)에서는 브라질의 저수지 세 곳에서 지상 모듈과 수상 태양광 모듈을 전력 생산량을 비교하였으며, A Case Study on Suitable Area and Resource for Development of Floating Photovoltaic System(Choi, 2014)에서는 수상 태양광 발전소를 설치할 때 바람, 안개 등 제약적 조건을 배제한 적지 조사를 연구하였다.

본 연구에서는 일사량이 풍부하고, 공업지역이 넓어 전력 수요가 많은 대구광역시와 경상북도를 중심으로 수상 태양광 발전소 입지 분석을 수행하였다. 먼저 낙동강 줄기를 중심으로 수상 태양광에 영향을 미치는 지형 및 기후인자들을 분석하고, 인자들을 수집된 자료와 크리깅 보간법을 이용하여 데이터화 하였다. 그 다음

각 데이터의 적합분류표를 만들고, GIS와 계층분석법을 통해 구해진 가중치를 이용하여 입지에 대한 점수를 구하였다. 구해진 입지 점수를 시각화시켜 최적의 수상 태양광 발전소 위치를 분석하였다.

2. 연구 대상지 및 이론적 배경

2.1 연구대상지

연구 대상지는 대구광역시와 경상북도를 중심으로 분석하였다. 대구광역시와 경상북도는 공업지역이 넓어 전력 수요가 크다. 대구광역시와 경상북도는 일사량이 풍부하여 태양광 발전소를 설치하기 적합한 기후적 요건을 갖추고 있다. 하지만, 산이 많아 평야지대가 부족한 곳이다. 그렇다고 도심지에 설치하기에는 토지매입비용이 높기 때문에 그 대안으로 수상 태양광 발전소의 설치가 필요하다고 보여 진다.

2.2 계층분석법

계층분석방법은 의사결정 목표와 평가기준이 다수이며 복합적인 경우 상호 배타적인 대안들의 체계적인 평가를 지원하는 의사결정지원기법의 하나이다. 계층분석방법은 1970년대 초반 Satty 교수가 의사결정과정의 비능률성을 개선하기 위해 개발하였다(Kim et al., 2005). 계층분석방법의 특징은 복잡한 문제를 계층화하고, 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 비교를 통해 중요도를 도출한다.

공간정보를 분석하기 위해서는 GIS를 통해 데이터베이스를 구축하는 것이 중요하다. 그러나 구축을 위한 분석과정에서 의사 결정 문제가 발생하고, 이를 해결하기 위한 방법이 계층분석방법이다(Park et al, 1998; Lee and Lee, 2015). 본 연구에서는 분석인자들 간의 우선순위를 결정하기 위해 계층분석방법이 사용되었다.

2.3 크리깅 보간법

크리깅 보간법은 주변 값을 이용하여 미지 점의 속성 값을 예측하는 방법이다(Lee, 2010). 크리깅 보간법은 단순 거리에 관한 함수를 사용하는 역거리가중법(IDW: Inverse Distance Weighted)과 달리 통계학적인 거리를 이용하여 점 정보들 간의 선형 조합으로 미지 점의 값을 예측한다. 또한 거리만을 이용하는 것이 아니라 주변에 이웃한 값 사이의 상관강도를 반영하기 때문에 다른 보간법에 비해 더 정확한 특징이 있다. 본 연구에서는 크리깅 방법 중 정규 크리깅(Ordinary Kriging) 방법을 사용하였다. 정규 크리깅은 고정 경향이 없기 때문에 다른 공간 보간법보다 정확도가 높으며, 보간

값의 오차를 최대한 줄인다(Park and Kim, 2011).

3. 연구방법

본 연구에서는 수상 태양광 발전소 입지분석에 있어 필요한 인자를 분석하고, 래스터 자료로 구축하였다. 래스터자료로 구축된 인자들은 ArcMap의 재분류 기능을 사용하여 적합 분류를 하였다. 그 다음 래스터자료를 폴리곤 SHP 파일로 변환하여, 계층분석방법을 통해 구해진 가중치를 부여한 후 점수를 합산하였다. 합산된 점수를 래스터 자료로 만들어 시각화하여 입지분석을 한다. 연구 방법 순서도는 Fig. 1과 같다.

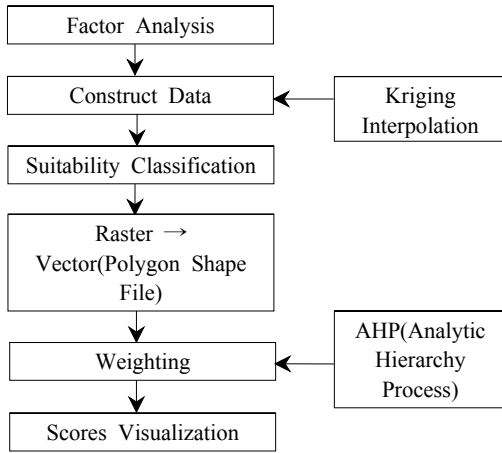


Figure 1. Method of Study

Table 1. Factors

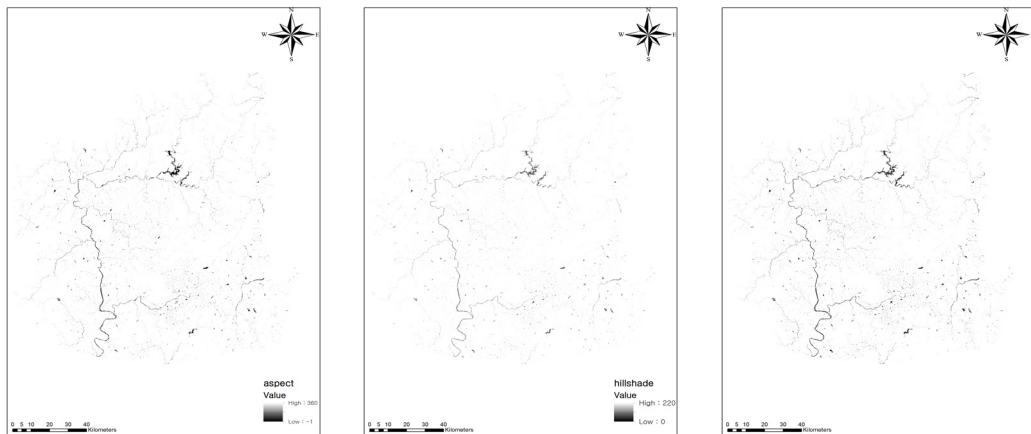
| Factor | Details Factor |
|------------|---|
| Topography | Aspect, Shaded Relief, Stream |
| Climate | Average Temperature, Average Humidity, Number of Days with Precipitation, Number of Foggy Days, Precipitation, Radiation, Sunshine Duration |

3.1 사용인자 분석

GIS를 이용한 공간분석에서 분석인자는 분석 결과에 영향을 미치므로 분석인자 결정은 매우 중요하다(Lee and Lee, 2015; Brewer et al., 2015). 본 연구에서 사용되는 분석인자는 Table 1과 같다.

3.1.1 지형 인자

지형 인자의 세부인자는 Fig. 2와 같이 (a)향, (b)음영기복도, (c)하천으로 지정하였다. 태양광 발전소에 있어 향은 매우 중요한 역할을 한다. 향의 경우 남향이 가장 좋으며, 그 다음으로 남동, 남서, 평지 지형이 가장 좋다. 음영기복도의 경우 지형의 표고에 따른 음영효과를 시각적으로 표현함으로써 2차원 표면의 높낮이를 3차원으로 보이도록 만든 영상 또는 지도를 말한다. 음영기복도의 값은 한국천문연구원의 동짓날을 기준으로 Azimuth는 230도, Altitude는 10도로 설정하였다. 동짓날을 기준으로 한 이유는 동짓날이 1년 중 해가 가장 짧은 날이며, 짧은 날 해가 잘 비치면 일 년 동안 해가 잘 비치기 때문이다(Lee and Lee, 2015). 하천의 경우



(a) Aspect

(b) Shaded Relief

(c) Stream

Figure 2. Terrain Factors

수상 태양광 발전소에서 가장 중요한 요소이며, 하천 데이터의 경우 환경부 환경공간정보서비스의 중분류 토지피복도 파일에서 내륙수를 추출하였다.

향과 음영기복도 데이터의 경우 DEM(Digital Elevation Model: 수치표고모델)을 이용하여 만들었다. DEM 자료는 ㈜Biz-gis에서 제공하는 지형 등고선을 이용하여, TIN(Triangulated Irregular Network: 불규칙삼각망)을 생성하고, 그 다음 DEM 자료로 만들었다. DEM 자료의 해상도는 정밀한 입지분석을 위해 5m×5m로 하였다. 지형인자의 경우 하천 형태에 맞게 클립 기능을 이용하여 표현하였다. 지형인자는 다음 Fig. 2와 같다.

3.1.2 기후 인자

기후 인자는 수상 태양광 발전소에 있어 가장 중요한 인자이다. 수상 태양광 발전소 입지분석에 있어 사용될 인자는 Fig 3과 같이 (a)평균기온, (b)평균 습도, (c)강수일수, (d)안개일수, (e)강수량, (f)일사량, (g)일조시간으로 정하였다. 기후 인자 중 일사량을 제외한 나머지 인자들은 기상청에서 제공하는 국내기후 평년값자료를 이용하여 데이터를 생성하였다. 일사량의 경우 예전에는 각 지역별로 일사량을 관측하고, 기록하였지만 현재는 대구광역시, 포항시, 안동시에서만 측정·기록하여 경상북도 모든 지역의 일사량을 알 수 없었다. 그 대안으로 Arcgis에서 제공하는 Area Solar Radiation 기능을 이용하여 1년 전체의 일사량 추정 값을 얻었다. 일사량과 일조시간의 경우 수상 태양광 발전소에서 발전량에 가장 중요한 요소이기 때문에 값이 클수록 좋다. 반대로 평균기온, 평균습도, 강수일수, 안개일수, 강수량은 값이 작을수록 좋다. 그 이유로 기온이 높을 경우 태양광 모듈의 온도 또한 높아지게 되고, 모듈의 온도가 높아지면 전압 또한 떨어져 발전량이 줄어들게 된다. 이론적으로 셀 온도가 1°C 상승할 때마다 약 0.4 - 0.5%씩 효율이 저하되며, 셀 온도가 약 25°C일 때 100%의 효율을 낸다. 또한 습도, 강수, 안개가 높을수록 일사를 방해하여 효율을 저하시킨다. 그러므로 최적의 입지조건으로 강수, 안개, 습도가 낮으며, 일사량과 일조시간이 많은 지역이 좋다고 볼 수 있다.

기후 인자 데이터의 경우 일사량은 앞에서 말했듯이 Area Solar Radiation 툴을 이용하였으며, 강수량과 강수일수, 평균기온, 평균습도는 모든 지역의 자료를 얻어 데이터를 생성할 수 있었지만 일조시간과 안개일수의 경우 경상북도 모든 지역의 값을 얻을 수 없어 크리깅 보간법을 이용하여 래스터자료를 만들었다. 기후인자는 Fig. 3과 같다.

3.2 적합 분류

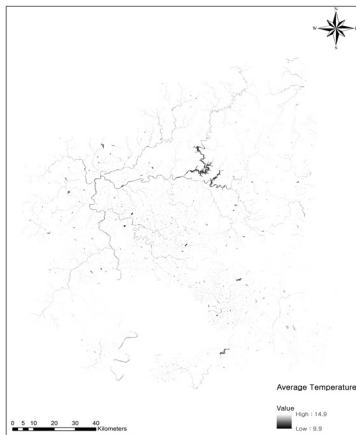
계층분석방법을 통해 가중치를 부여하기 위해서는 인자들에 대한 적합 분류가 필요하다. 적합 분류는 1-5 등급으로 나누어 분류하였으며, 1등급이 매우 좋음, 5등급이 매우 나쁨 순으로 나타낸다. 분류의 기준은 선행 연구를 바탕으로 하였으며, 선행연구가 없는 인자들의 경우는 등 간격으로 분류 할 수 있다(Aran et al., 2008; Ceballos-silva and Lopez-Blanco, 2003; Park and Kim, 2012; Lee and Lee, 2015). 선행 연구와 등 간격을 토대로 분류를 할 때는 Arcgis의 재분류 툴을 이용하였다.

일사량은 기상청에서 작성한 ‘태양에너지 최적 활용을 위한 기상 자원 분석 보고서’의 평균일사량을 기준으로 분류하였으며, 향은 선행연구를 통해 분류하였다(Lee and Lee, 2015; Lee et al., 2008; Kwon et al., 2008). 나머지 인자들도 선행연구를 참고했으며, 선행 연구가 없을 시에는 등 간격으로 분류하였다. 적합 분류는 Table 2와 같다.

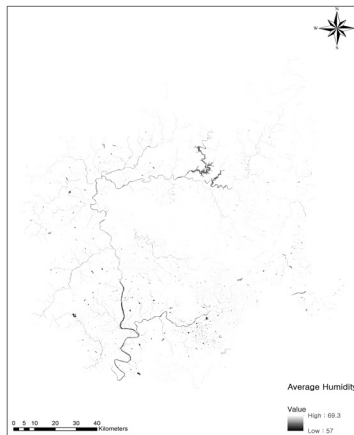
3.3 가중치 부여

3.3.1 가중치 분석 방법 및 우선순위 결정

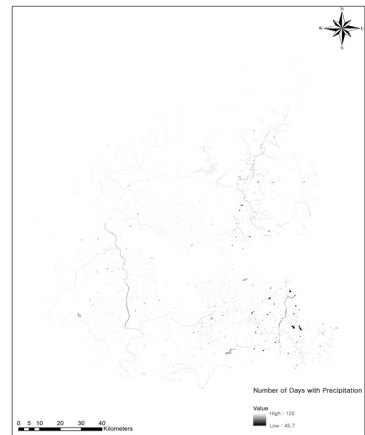
계층분석방법을 이용하여 가중치를 분석한다. 분석 방법은 계층분석을 설정하고, 각 요소들 간의 쌍대 비교를 통해 우선순위를 정한다. 쌍대비교를 할 때는 중요도가 높을 경우에는 높은 점수를 부여하고, 중요도가 낮을 때는 역수로 값을 부여하여 비교 행렬 표를 만든다. 그 다음 C.I(Consistency Index: 일관성 지수)와 C.R(Consistency ratio: 일관성 비율)을 산정한다. C.I는 일관성 지수를 말하는데 평가자의 판단이 일관성 있게 답했는지에 대한 값을 보여주는 지표이다. 아래와 같이 식 (1)은 비교행렬이 일관성을 갖게 되면 특성방정식의 근 λ_{max} 만이 n의 값을 가지고, 나머지 근들은 모두 0이 된다. 하지만 일관성을 가지지 않을 경우 λ_{max} 보다 큰 값을 가진다. λ_{max} 가 n에 가까울수록 일관성 있는 답변을 했는지 보여준다. 식 (2)의 경우 C.R은 C.I를 R.I(Random Index: 무작위 지수)로 나눈 값이다. C.I와 C.R을 구하는 이유는 계층분석방법에서 일관성은 결과에 대한 신뢰성을 높이는데 결정적 역할을 하기 때문이다. Satty 교수는 C.I와 C.R의 값이 0.1 이하일 때만 일관성이 있는 답변으로 판단한다(Satty, 1982). C.I와 C.R은 Eq. (1) and (2)로 계산되어진다.



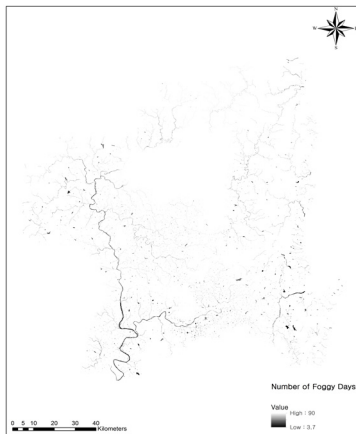
(a) Average Temperature



(b) Average Humidity



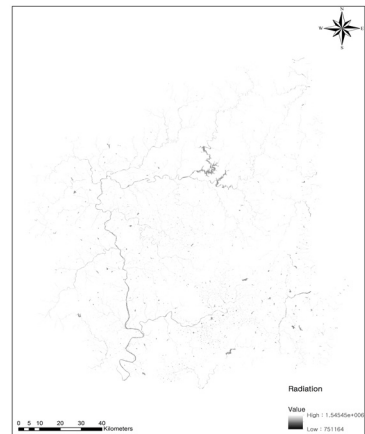
(c) Number of Days with Precipitation



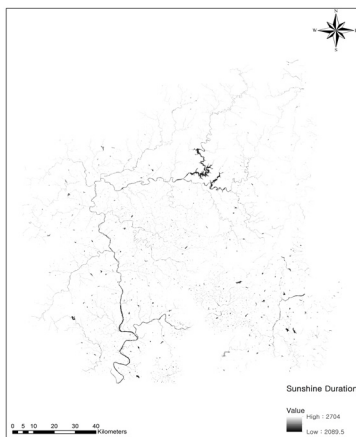
(d) Number of Foggy Days



(e) Precipitation



(f) Radiation



(g) Sunshine Duration

Figure 3. Climate Factor

Table 2. Suitability Classification Table

| Factor | Aspect | Shaded Relief (8 bits: 0-255) | Average Temperature(°C) |
|--------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Rate | | | |
| 1 | South, Flatland | > 220 | 10.9> |
| 2 | Southeast, Southwest | 132 - 176 | 10.9 - 11.9 |
| 3 | East, West | 88 - 132 | 11.9 - 12.9 |
| 4 | Northeast, Northwest | 44 - 88 | 12.9 - 13.9 |
| 5 | North | 0 - 44 | 13.9 - 14.9 |
| Factor | Average Humidity(%) | Number of Days with Precipitation | Number of Foggy Days |
| Rate | | | |
| 1 | 59.46 > | 60.56 > | 20.96 > |
| 2 | 59.46 - 61.92 | 60.56 - 75.42 | 20.96 - 38.22 |
| 3 | 61.92 - 64.38 | 75.42 - 90.28 | 38.22 - 55.48 |
| 4 | 64.38 - 66.84 | 90.28 - 105.14 | 55.48 - 72.74 |
| 5 | 66.84 - 69.30 | > 105.14 | 72.74 - 90.00 |
| Factor | Precipitation(mm) | Radiation(MJ/m2) | Sunshine Duration(hr) |
| Rate | | | |
| 1 | 930.18 > | > 4049.64 | > 2580.14 |
| 2 | 930.18 - 1020.36 | 3452.44 - 4049.63 | 2458.68 - 2580.14 |
| 3 | 1020.36 - 1110.54 | 2855.24 - 3452.43 | 2337.23 - 2458.68 |
| 4 | 1110.54 - 1200.72 | 2258.04 - 2855.23 | 2215.77 - 2337.23 |
| 5 | > 1200.72 | 2258.03 > | 2215.77 > |

Table 3. Priority using the Analytic Hierarchy Process

| | Radiation | Aspect | Sunshine Duration | Shaded Relief | Average Temperature | Number of Days with Precipitation | Number of Foggy Days | Average Humidity | Precipitation |
|---|-----------|--------|----------------------|------------------|------------------------|---|----------------------------|---------------------|---------------|
| Radiation | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Aspect | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Sunshine Duration | 0.33 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Shaded Relief | 0.25 | 0.33 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Average Temperature | 0.2 | 0.25 | 0.33 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Number of Days with Precipitation | 0.17 | 0.2 | 0.25 | 0.33 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Number of Foggy Days | 0.14 | 0.17 | 0.2 | 0.25 | 0.33 | 0.5 | 1 | 2 | 3 |
| Average Humidity | 0.13 | 0.14 | 0.17 | 0.2 | 0.25 | 0.33 | 0.5 | 1 | 2 |
| Precipitation | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.17 | 0.2 | 0.25 | 0.33 | 0.5 | 1 |

$$C.I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} \quad (2)$$

λ_{\max} : 고유치중 가장 큰 값

n : 행렬의 최대고유치, 행 또는 열의 수

Table 3은 AHP 방법에 의한 우선순위를 나타낸 것이다. 우선순위를 정하는 이유는 AHP 방법을 이용하여 의사결정을 할 때 다수의 평가기준을 계층화 한 후 계층에 따라 중요도를 정해가기 때문이다. 우선순위의 경우 위에서 말했듯이 쌍대비교를 통해 인자들을 각각 비교하였다. 쌍대 비교 행렬을 이용하여 수학적으로 풀

게 되면 고유벡터와 고유치를 얻을 수 있다. 고유벡터는 우선순위를 그리고 고유치는 판단의 일관성을 측정하는 수단이 된다. 쌍대비교를 통해 중요도가 높으면 높은 점수를 부여하고, 중요도가 낮으면 역수의 값으로 점수를 부여하여 순위를 매겼다. 인자가 같을 경우에는 1을 부여한다. 쌍대 비교를 위해 전문가의 의견을 받았다.

3.3.2 가중치

가중치 결과는 비교 행렬을 통해 나온 값을 종합하여 결정된다. 만약 가중치를 구했을 때 일관성 지수가 0.1 이 넘을 경우 일관성 있는 답변이 아니므로 다시 조사하고 쌍대비교를 하여 우선순위를 매겨야 한다. 본 연구에서의 일관성 지수가 0.0509이므로 일관성 있는 답변을 얻었다고 할 수 있다. 가중치는 Table 4와 같다.

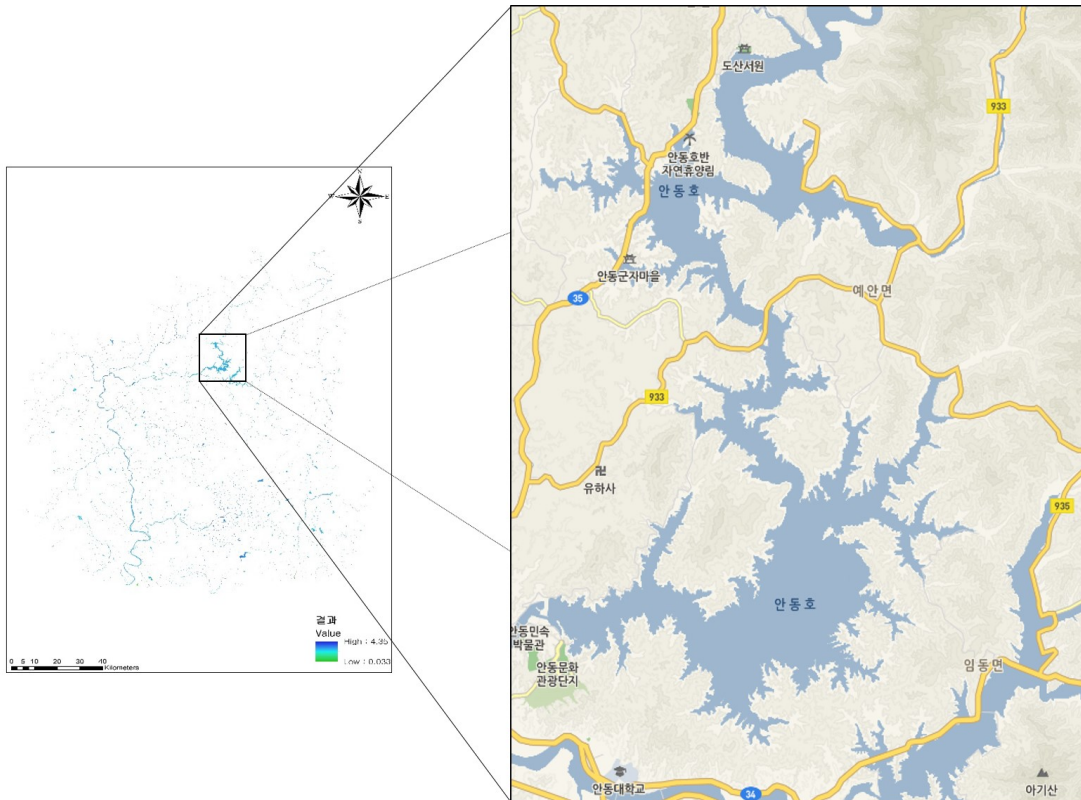


Figure 4. Result

Table 4. Weights

| | Radiation | Aspect | Sunshine Duration | Shaded Relief | Average Temperature | Number of Days with Precipitation | Number of Foggy Days | Average Humidity | Precipitation |
|---------|-----------|--------|-------------------|---------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------|---------------|
| Weights | 0.309 | 0.225 | 0.159 | 0.109 | 0.074 | 0.050 | 0.033 | 0.023 | 0.017 |

4. 결과 및 분석

본 연구에서는 대구광역시와 경상북도의 수상 태양광 입지 분석을 위해 ArcMap을 이용하여 적합분류표에 따라 각각 인자들의 속성 정보에 점수가 부여된다. 점수를 부여 받은 데이터는 매핑을 하였다. 그 다음 계층분석법을 통해 구해진 가중치를 인자별 점수마다 곱한 후 합산한다. 합산된 입지 점수를 시각화 시켜 최적지를 확인하였다.

여러 인자를 고려한 수상 태양광 입지분석을 수행한 결과 가장 낮은 점수는 0.033, 가장 높은 점수는 4.35가 나왔다. 시/군 단위로 볼 때는 안동시, 영양군, 울진군에서 높은 점수가 나왔다. 지역적으로 깊어 말하면 안동시의 안동호와 영양군의 저수지에서 높은 점수가 나왔다. 이렇게 경상북도 북부지역에서 높은 점수가 많이 나온 이유는 과거와 달리 현재 기후 변화 등으로 북부지역의 일사량과 일조시간 등이 상승하였기 때문으로 사료된다. 낮은 점수가 나온 곳은 강의 중심부분이 아닌 하천의 경계면에서 낮은 점수가 나왔다. 기존의 태양과 발전소 입지분석 연구에서는 수상 태양광 발전소 입지분석보다 많은 인자들을 고려해야 되며, 제외해야 할 요소도 많아 지역마다 점수 차이가 많았다. 하지만 수상 태양광 발전소의 경우 태양광 발전소 입지분석에 비해 제외되어야 할 요소가 없어 점수가 고루 잘 퍼져있다고 볼 수 있다. 또한 태양과 관련된 인자의 영향에 따라 최적지 점수가 잘 나오는 것으로 확인된다. 결과는 Fig. 4와 같다.

5. 결론

본 연구는 태양광 발전소의 단점인 높은 토지매입비와 넓은 면적의 사용, 자연환경파괴 등의 단점을 보완할 수 있는 수상 태양광 발전소의 입지 분석을 제시하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 대구광역시와 경상북도의 수상 태양광 발전소 입지 선정에 대한 점수를 산정하고 시각화할 수 있었으며, 시각화 된 지도를 통해 최적 입지를 추출할 수 있었다.

둘째, 경상북도 북부 지역의 점수 분포가 경상북도 남부지역보다 높은 것을 확인할 수 있었다.

셋째, 분석결과 하천의 경계면에서 점수가 낮은 것을 확인할 수 있었다. 이를 고려하여 하천의 경계면에 설치하는 것보다는 중심부에 설치하는 것이 좋다고 판단된다.

본 연구에서는 최초로 GIS를 이용하여 대구광역시와

경상북도 지역의 하천을 중심으로 수상 태양광 발전소 입지분석을 연구하였으며, 다양한 인자들을 고려하였다. 향후 연구에서는 현장조사를 통한 하천, 저수지 등의 유속과 수심, 그리고 주변 지역에 대한 데이터를 취득하여 입지분석 연구를 해 볼 것이다. 또한 기상위성을 통한 일사량 추정, 위성사진을 이용하여 입지분석이 가능한지에 대한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

References

1. Brewer, J., Ames, D. P., Solan, D., Lee, R. and Carlisle, J., 2015, Using GIS analytics and social preference data to evaluate utility-scale solar power site suitability, *Renewable Energy*, Vol. 81, pp. 825-836.
2. Carrion, J. A., Estrella, A. E., Dols, F. A., Toro, M. Z., Rodríguez, M. and Ridao, A. R., 2008, Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: Optimal site selection for grid-connected photovoltaic power plants, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, No. 9, pp. 2358-2380.
3. Ceballos-Silva, A. and Lopez-Blanco, J., 2003, Delineation of suitable areas for crops using a multi-criteria evaluation approach and land use/cover mapping: a case study in central Mexico, *Agricultural Systems*, Vol. 77, No. 2, pp. 117-136.
4. Choi, Y. K. and Yi, J. S., 2013, The technique of installing floating photovoltaic systems, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 14, No. 9, pp. 4447-4454.
5. Choi, Y. K., 2014, A case study on suitable area and resource for development of floating photovoltaic system, *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, Vol. 8, No. 5, pp. 828-832.
6. IPCC, 2007, *Climate change 2007: Mitigation of climate change*, Contribution working group III contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change, Cambridge university press, New York.
7. Jin, T. S., 2014, Design and analysis of state-of-the-Art technologies for development of floating photovoltaic system, *Journal of The Korean Society of Industrial Application*, Vol. 17, No. 4, pp. 227-233.
8. Kim, N. H., Kweon, S. J., Cho, M. S., 2005, The

- study of developing evaluation standard of selecting a tourism development project applying AHP(Analytic Hierarchy Process), *Journal of Tourism Sciences*, Vol. 29, No. 1, pp. 249-266.
9. Kwon, Y. H., Kim, J. Y., Lee, M. J., 2008, Environmental considerations in the siting of solar and wind power plants, *Korea Environment Institute Policy Report*, Vol. 2008, No. 2, pp. 1-157.
 10. Lee, H. S., 2010, Comparison and evaluation of root mean square for parameter settings of spatial interpolation method, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 13, No. 3, pp. 29-41.
 11. Lee, J., Chung, H. M., Lee, S. S., 2008, Analysis on the location of the sunray energy power plants, *Korea Knowledge Information Technology Society*, Vol. 3, No. 3, pp. 31-37.
 12. Lee, K. R. and Lee, W. H., 2015, Solar power plant location analysis using GIS and analytic hierarchy process, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 18, No. 4, pp. 1-13.
 13. Lee, S. H., Lee, N. H., Choi, H. C. and Kim, J. O., 2012, Study on analysis of suitable site for development of floating photovoltaic system, *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol. 26, No. 7, pp. 30-38.
 14. Lee, Y. G., Lee, N. H., Joo, H. J. and Yoon, S. J., 2013, An experimental study on the estimation of wind force coefficient of floating type photovoltaic energy generation system, *New & Renewable Energy*, Vol. 9, No. 1, pp. 60-68.
 15. Sacramento, E. M. D., Carvalho, P. C. M., Araújo, J. C. D., Riffel, D. B., Corrêa, R. M. D. C. and Pinheiro Neto, J. S., 2015, Scenarios for use of floating photovoltaic plants in brazilian reservoirs, *IET Renewable Power Generation*, Vol. 9, No. 8, pp. 1019-1024.
 16. Park, J. H., Yang, I. T. and Choi, K. S., 1998, AHP application method for construction of decision making system by using GIS, *Journal of Industrial Technology*, Kangwon Natl. Univ., Korea, No. 18, pp. 27-34.
 17. Park, Y. M. and Kim, Y. H., 2011, Agriculture location analysis using kriging and analytic hierarchy process (AHP), *Journal of the Korean Cartographic Association*, Vol. 11, No. 2, pp. 75-90.
 18. Park, Y. M. and Kim, Y. H., 2012, An evaluation and suggestion of photovoltaic power plant locations based on environmental and social impacts, and sustainability, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, Vol. 15, No. 3, pp. 437-455.
 19. Satty, T. L., 1982, *Decision making for leader: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world*, RWS Publications, USA, pp. 5-12.
 20. Won, C. S., 2008, Technical trend of floating PV system, *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol. 13, No. 1, pp. 18-23.