

지형공간정보체계를 이용한 풍력 발전 시설의 입지 분석 Location Analysis for Wind Power System Using Geo-Spatial Information System

이수주* · 송석진** · 강인준***

Lee, Soo Ju · Song, Seok Jin · Kang, In Joon

要 旨

풍력발전은 자연 상태의 무공해 에너지원이며 신재생에너지 중 가장 경제성이 높은 에너지원이다. 최근 소형 풍력 발전의 개발에 따라 단지나 초고층 건축물에도 풍력 발전 시설 설치가 가능해졌다. 이러한 지역에서의 효율적인 발전을 위해서는 적절한 입지 분석이 필요하다. 본 연구에서는 부산시를 대상으로 계층적 분석 기법을 이용하여 풍력 발전 시 요구되어지는 요인들의 상대적 가중치를 산정하고 부산시의 풍속과 풍향의 특징을 나타내었고 지형 공간정보체계를 이용하여 강서구, 기장군, 사하구 지역 내에서 녹산동, 철마면, 다대1동으로 후보지를 선정하였다. 핵심용어 : 풍력발전, 입지분석, 지형공간정보체계, 계층적 분석 기법

Abstract

Wind power generation is the natural source energy without pollution, and the highest economic efficiency among renewable energies. Amid the recent development of small wind power generation, wind power generation facilities can be installed in the super high-rise buildings or complexes. It is necessary to conduct analyses on appropriate locations in a bid to promote efficient power generation in those locations. In this study, relative weight of the elements required for the wind power generation were estimated by using the Analytic Hierarchy Process in Busan City, and the characteristics of wind velocity and wind direction in Busan City were expressed. As a result, 'Dadae 1-dong, Cheolma-myeon, Noksan-dong' was selected as the candidate region inside Gangseo-gu, Gijang-gun, Saha-gu by using the geo-spatial information system.

Keywords : wind power generation, local analysis, GIS, AHP

1. 서 론

풍력에너지는 무공해, 무한정의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 거의 없는 청정에너지로서 각광을 받고 있어 유럽, 미국 등 선진국을 중심으로 전력을 생산하는 발전에너지로 광범위하게 이용되고 있다. 대부분의 풍력발전은 바람의 자원이 풍부한 해안지대 등을 중심으로 대형화에 편중되어 있었지만, 최근에는 발전기 성능의 향상으로 도심지, 공공주택단지 등에 적용 가능한 소형 풍력발전시스템의 사용이 선진국을 중심으로 점차 증가하고 있는 추세이다.

소형 풍력 발전의 시동풍력은 2m/s로 최소 풍속이

2.4m/s인 부산시는 풍력 발전을 하기에 충분한 지역이다. 그러나 적절한 요인을 고려하지 않은 발전기의 설치 환경 파괴 및 발전 설비의 효율을 저하시킨다.

풍력 발전 성능은 지형 및 기후조건에 의해 결정되므로 정확한 입지분석은 풍력 발전 성능향상에 핵심적 요소라 할 수 있다.

1.1 연구 목적

본 연구의 목적은 풍력 발전 시설의 입지분석에서 계층적 분석 방법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 이용하여 기후, 지형 요인별 가중치를 산정하고 지형공간정보체계(GSIS, Geo-Spatial Information System)를

2010년 5월 11일 접수, 2010년 6월 7일 채택

* 정희원 · 부산대학교 대학원 사회환경시스템공학부 석사과정(uju075@pusan.ac.kr)

** 정희원 · 부산대학교 토목공학과 박사수료(songsjin@pusan.ac.kr)

*** 교신저자 · 정희원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 교수(ijkang@pusan.ac.kr)

활용하여 과거 현장답사와 수작업에 의존했던 입지 분석 방법을 객관화, 정밀화하는데 있다. 따라서 본 연구는 주관적인 입지 분석을 탈피하여 객관적이고 정확한 최적지를 선정하는데 초점을 두었다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 부산지역을 대상으로 풍력발전의 요소별 중요도를 파악하기 위하여 AHP기법을 이용하여 요소별 가중치를 부여하고 풍향 요소의 특성과 정확한 데이터를 획득을 위하여 2003~2007년의 풍향 데이터를 이용하여 월별, 계절별 풍향을 분석하고 IDW보간법(Inverse Distance Weight)으로 풍향도를 제작하였고 풍속 데이터는 풍력 발전에 활용 가능한 바람 고도가 100m이내이기 때문에 고도별로 10m, 50m, 80m의 풍속 데이터를 기상청으로부터 획득하여 고도별 풍속을 분석하였다.

또한 지형 요인을 고려하기 위하여 국토지리정보원에서 제작한 1:5,000의 수치지도를 이용하여 등고, 도로, 하천을 Layer별로 도출하여 지형고도, 경사도, 경사방향, 토지이용현황, 도로와의 인접성, 하천과의 인접성을 분석하였다. 최종적으로 분석된 요인별 데이터에 각각 가중치를 주고 중첩을 함으로써 최적지를 선정하였다(그림 1).

1.3 연구 동향

1970년대 말 T.Saaty에 의해 개발된 이후 급속히 보급되어온 다기준 의사 결정법의 하나인 계층적 분석 방법(Analytic Hierarchy Process)은 최종 목표, 단계의 구분, 단계별 평가 기본, 대안 등으로 구성되며 기준과 단계들은 의사결정 유형에 따라 매우 다양하다. 의사결정자는 각 평가 기준에 상응하는 상대적 중요성과 대안의 각 평가 기준에 대한 대안의 선호도를 도출한다(안승범 외, 2003). 일반적으로 평가 기준에 대한 상대적 중요도는 의사 결정 과정에서 지식·경험·직관을 기반으로 하는 쌍대비교를 통해서 전문적인 평가를 유도할 수 있을 뿐만 아니라 측정이 불가능한 정성적 요소에 대해

서도 상대적 평가가 가능하여 현실적인 결과를 도출할 수 있다. 또한 쌍대 비교를 통한 상위 레벨의 각 요소인 평가 항목에 대한 하위 레벨 요소들의 우위를 나타내는 평가 매트릭스를 구축하고 각 요소에 대한 가중치를 산출하여 최적 대안을 선택할 수 있다.

공간의사결정에 AHP기법을 도입하려는 것은 공간문제가 갖는 비구조적인 성격을 어느 정도 구조화할 수 있다는 것이다. 최수명 등(1998)은 의사 결정 기법을 이용한 농촌 지역 시설 적정입지선정 모델에서 농공단지를 사례로 한 연구에서 AHP기법을 이용하였고 김영 등(2001)은 다기준 의사 결정 모형과 GIS를 이용한 공원 입지 선정에서 GIS와 AHP기법을 이용하여 후보지를 선정하였다. 안승범 등(2003)은 계층 분석 방법을 이용한 화물 터미널 입지선정에 관한 연구에서 AHP기법을 이용하여 후보지를 선정하였다. 선행 연구에서처럼 많은 시설물 입지 선정에 AHP기법을 적용하였으나 풍력 발전 시설 입지선정에 적용시킨 연구는 없었으며 풍력 발전을 설치하기 위해 고려되어야 할 요인들이 체계화되어 있지 않은 실정이다. AHP기법의 이론은 공간정보와 관련된 다기준의사결정과정에서 절대적 그리고 상대적인 중요도를 측정함에 있어 유연성을 제공하여 준다. 특히 공간분석에서 AHP기법의 활용은 적지 분석에서 장점을 가지고 있으며 이에 대한 연구 관심은 증가하고 있다. 적지분석에서 인자에 가중치를 설정하는 방법에 있어 유연성을 확보하는 동시에 객관화된 정보의 질을 확보할 수 있기 때문이다.

2. 풍력 발전 시설의 입지 분석

2.1 AHP 기법을 이용한 가중치 산정

본 연구에서는 GIS 분석 기법을 이용하여 적지 분석을 수행하였으며, 보다 합리적인 풍력발전 적지 기법을 제시하고자 풍력 발전과 도시 계획 관련 분야 전문가(부산시 시청 연구 기관 20명)를 대상으로 적지 인자별 가중치를 부여하는 AHP 기법을 적용하여 적지분석을 수행하였다. 평가조사표와 함께 평가지침, 자원평가의 표준목표체계를 직접 방문하여 20부를 전달하였으며, 이 중 19부가 회수되었다. AHP 기법은 전문가들의 의사에 일관성을 검증하여야 하는데 일반적으로 고유값(eigenvalue)을 이용하여 일관성 비율로 검증하며 일관성 비율의 값이 작을수록 판단의 일관성이 크며 일관성 비율이 0.1보다 클 경우 평가 기준의 일관성이 상실된 것으로 간주되는데 본 연구에서는 일관성 비율이 0.008로 평가 기준의 일관성을 증명하였고 표 1과 같이 요인별 상대적 가중치를 산정하였다.



그림 1. 입지 분석 요인

표 1. 요인별 중요도

요인	가중치
풍속	0.208
풍향	0.159
표고	0.115
경사도	0.098
경사방향	0.095
하천과의 인접성	0.093
도로와의 인접성	0.108
토지 이용 현황	0.124

AHP기법 분석 결과, 풍력 발전 시설 입지 요소에서 전문가들이 가장 중요하게 생각하는 요인은 풍속과 풍향이며, 표고, 경사도, 경사방향, 하천과의 인접성, 도로와의 인접성, 토지이용 현황의 가중치는 비슷한 값들의 분포를 보였다.

2.2 풍속 분석

풍력발전은 바람 환경이 입지에 가장 중요하다. 아무리 환경적으로 좋은 입지라도 바람환경이 적절치 않거나 풍향, 풍속의 일정한 요건들을 충족하지 않으면 발전시설의 효율성이 낮아진다. 부산의 산지 바람 환경은 국지지형에 의한 비선형적 변화와 계절에 따른 영향을 받으며, 해안 지역에서는 해륙풍에 의한 극단적인 변동이 존재하므로 풍력발전시설 설치 시 바람 환경을 정밀 분석하는 것이 필수적이다. 또한 풍력의 효율을 평가하기 위해서는 고도에 따른 풍속의 확률적 분포도 고려하여야 한다. 이는 풍속의 경우 높이가 높아질수록 빨라지는 특성을 가지고 있으며 소형 풍력발전의 개발로 인해 도심지의 고층건물이나 건물의 옥상에 설치가 가능하게 되어 고도에 따른 분석도 필수적이다.

본 연구에서는 이러한 사항을 고려하여 2003~2007년 간 10m, 50m, 80m의 높이에 따른 풍속 데이터로 일반적인 보간법 중 하나인 IDW 보간법을 이용하여 분석하였다. IDW 보간법은 인접한 기지점들과의 거리에 따라 비선형적인 가중치를 계산하여 사용하는 것으로 서로 다른 기지점이 한 미지점에 미치는 영향은 미지점으로부터 기지점까지의 거리에 따라 감소한다는 기본 가정에 의해 보간이 이루어지는 방법이다.

그림 2와 같이 IDW법을 이용하여 고도별 풍속도를 제작한 결과, 크게는 10m 와 80m에서 2.3m/s의 풍속의 차이를 보였으며 작게는 0.5m/s의 차이를 보였다. 이와 같이 고도별 풍속이 다르게 나타났기 때문에 중첩 시 풍속데이터를 고도별로 다르게 주었다.

남구 지역(1.9m/s)과 북구 지역(1.8m/s)은 소형 풍력 시동 풍속인 2m/s 이하의 풍속을 가지므로 풍력 발전

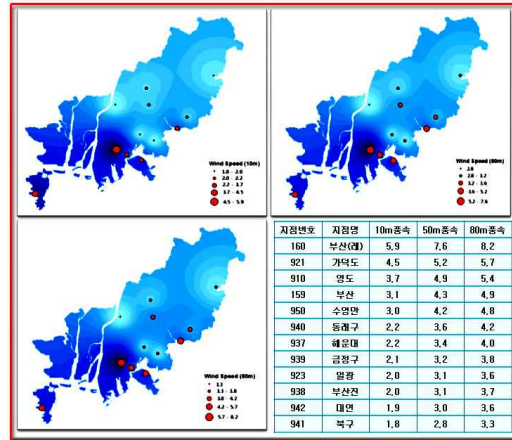


그림 2. 고도별 풍속 분석(단위 : m/s)

설치 시 효율이 저하되는 지역이나 서구 지역은 50m (7.6m/s)와 n80m(8.2m/s) 고도에서 평균 7m/s 이상의 풍속을 보여주는데 이는 소형 풍력뿐만 아니라 중대형 풍력 발전 시설에도 적절한 풍속이다. 부산시는 서구 지역을 포함하여 사하구, 중구, 영도구, 가덕도 등 서쪽 지역의 평균 풍속이 대체로 높게 나타났다.

2.3 풍향 분석

풍력발전시설 입지 선정 시 매우 중요한 입지요인인 연구지역의 풍향빈도를 정확하게 파악하기 위하여 2003~2007년 동안 측정된 데이터를 계절별 빈도수로 나타내어 분석하였다.

연구지역 풍향별 빈도수는 그림 3과 같다. 봄과 여름에는 북서풍이 동일하게 65회로 빈도가 가장 많고, 가을에는 서풍이 47회, 북서풍이 37회의 빈도를 보이며 겨울에는 북풍이 53회로 가장 많이 나왔다. 부산의 풍

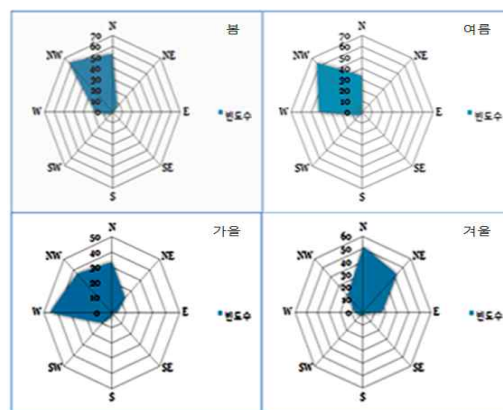


그림 3. 계절별 바람장미

향 빈도는 계절에 관계없이 북풍계열이 고르게 분포하였다.

2.4 지형적 요인 분석

「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」(2008.12)에 설치기준이 모호하게 고시되어 객관적으로 적용할 수 있는 구체적 기준을 제시하였다. 지형적 요인을 분석하기 위하여 우선 경사도와 경사 방향 및 표고 데이터와 토지이용도를 제작하였다. 표고 데이터는 높을수록 점수를 높게 주었고 하천과 도로 데이터의 경우, 인접성을 고려하기 위하여 우선 Buffering 분석을 시행하여 적정 거리인 100m - 200m이내의 거리에 높은 점수를 부여하였으며 경사는 경사도와 경사방향의 두 데이터는 각각 8단계로 분류하여 경사도는 10% 이내에 높은 점수를 주었고 경사방향은 풍향의 빈도를 고려하여 점수를 주었다(그림 4).

본 논문에서는 소음 및 진동, 전과장애와 경관피해 등과 같은 환경적 요인은 배제하였는데 소음 및 진동 요인의 경우, 보통 대형풍력발전단지는 교외의 소음과 관계없는 지역에 위치하므로 큰 문제가 되지 않지만 거주 영역과 가까운 곳에 위치한 소형풍력발전기의 소음은 검토의 대상이 되어왔으나 최근 기술의 급격한 발달로 풍력발전기의 소음은 크게 감소하여 현재 상용화되어 있는 일반적인 소형풍력발전기는 약 53-55dB 정도로 국내 건축법상의 공동주택단지에서의 소음진동기준(주간 : 55-65dB, 야간 : 40-55dB)과 비슷한 수준을 나타내고 있어 주변 지역에 큰 소음 장해를 일으키지는

않는 것으로 나타났기 때문에 배제하였다. 전과장애요인은 주로 대형풍력발전기가 큰 편이며 금속재질의 블레이드가 전과장애를 일으키는데 소형이나 최근 개발된 목재, 섬유유리로 제작된 블레이드는 일반적으로 전과장애를 일으키지 않으므로 문제가 없을 것으로 예측되어 배제하였다. 경관 요인의 경우, 최근 풍력발전기는 그 형상만으로도 환경 친화적인 이미지를 연상시켜 친환경도시로서의 성격부여에 큰 역할을 할 수 있으며 특히, 도시 내 시민들에게 환경 친화에 관한 교육 및 홍보 등의 효과를 발휘할 수 있어 배제하였다.

3. 입지 분석 결과

3.1 중첩 결과

본 연구에서는 최종적인 결과를 산출하기 위하여 재분류 과정을 거친 지형적 요인 데이터와 고도별 풍속 데이터와 풍향데이터를 분류하여 중첩하였다.

표 2의 결과에서 10m 풍속 중첩의 경우, 연구지역 약 23.82%(약 178.50km²), 50m 풍속의 경우, 약 24.86%(약 186.28km²), 마지막으로 80m 풍속 중첩의 경우, 연구지역의 약 26.08%(약 195.43km²) 가 개발이 가능할 것으로 나타났다. 이를 1kw급 소형풍력발전기를 기준하여 설비용량을 환산하면 부산시에 총 560.21kw의 설비용량을 갖출 수 있을 것으로 예측되었다.

표 3은 부산시의 구별 중첩 분석 결과를 나타낸 것으로 풍력 발전 시설 입지로 타당한 지역은 97.83km²면적의 사하구 지역이며 가장 효율성이 저하되는 지역은 3.31km²의 면적이 나온 중구 지역이다.

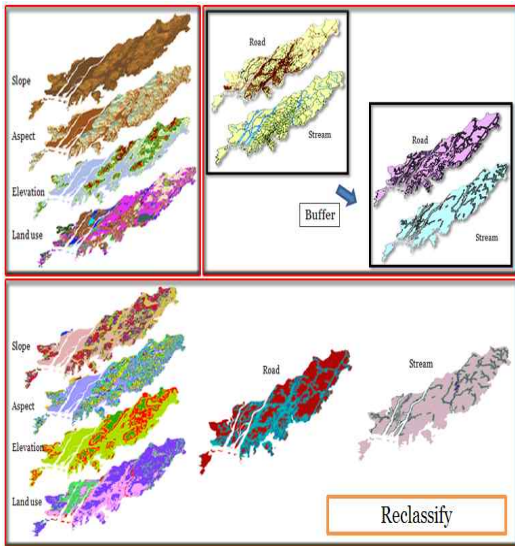


그림 4. 분석 과정

표 2. 설비 가능 면적과 용량

(1KW급 소형 풍력 발전기 기준)

		면적(km ²)	총 설비용량(KW)
10m 풍속 중첩 시	최적지	1.33	1.33
	준적지	26.10	26.10
	개발 가능지	151.08	151.08
	총 면적(km ²)	178.50	178.50
50m 풍속 중첩 시	최적지	0.92	0.92
	준적지	28.14	28.14
	개발 가능지	157.22	157.22
		총 면적(km ²)	186.28
80m 풍속 중첩 시	최적지	1.29	1.29
	준적지	28.02	28.02
	개발 가능지	166.12	166.12
		총 면적(km ²)	195.43
총 면적		560.21	560.21

표 3. 풍력발전 입지 선정 면적(단위 : km²)

	10m 풍속			50m 풍속			80m 풍속			총 면적
	최적지	준적지	개발 가능지	최적지	준적지	개발 가능지	최적지	준적지	개발 가능지	
강서구	0.02	4.07	26.38	0.04	5.88	23.62	0.04	4.51	31.44	95.00
금정구	0	0.33	12.53	0	0.67	15.13	0	0.25	12.10	41.01
기장군	0	1.45	34.74	0	2.80	40.40	0	1.19	38.96	119.54
남구	0	0.08	2.20	0.01	0.18	2.78	0	0.15	2.44	7.84
동구	0.04	1.01	1.69	0.07	0.96	1.99	0.04	1.21	1.92	8.93
동래구	0	0	3.21	0	0.05	4.28	0	0	3.39	10.93
부산진구	0	0.79	5.79	0	1.37	6.35	0	0.86	6.59	21.75
북구	0	0.01	3.02	0	0.04	3.77	0	0.01	2.60	9.45
사상구	0	1.20	9.61	0	1.52	7.72	0	1.48	12.10	33.63
사하구	0.89	10.12	22.78	0.55	8.47	20.36	0.76	11.01	22.89	97.83
서구	0.37	4.77	5.94	0.24	4.03	6.40	0.45	5.36	5.86	33.42
연제구	0	0.08	2.11	0	0.12	2.32	0	0.05	2.31	6.99
영도구	0	1.42	6.11	0	0.86	5.38	0	1.28	6.96	22.01
중구	0	0.15	0.90	0	0.18	0.92	0	0.22	0.94	3.31
해운대구	0	0.61	12.78	0	0.94	14.40	0	0.42	14.17	43.32

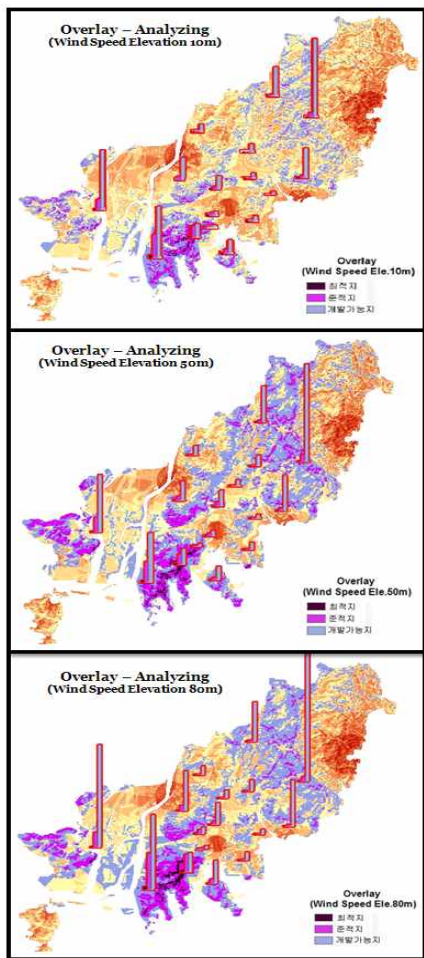


그림 5. 고도별 중첩 분석 결과

그림 5와 같이 고도별로 중첩시켜 분석된 결과를 살펴보면, 최적지는 사하구 지역이 고도별로 각각 0.89km², 0.55km², 0.78km²의 면적으로 다른 지역에 비해 월등하게 많이 나타났다. 준적지 또한 마찬가지로 사하구 지역이 고도별로 각각 10.12km², 8.47km², 11.01km²의 가장 많은 면적이 선정되었다. 반면에, 개발 가능지의 경우 지역이 고도별로 각각 34.74km², 40.40km², 38.96km²의 많은 면적이 선정되었으며, 강서구 지역 또한 고도별로 각각 26.38km², 23.62km², 31.44km²의 면적으로 다른 지역에 비해 개발 가능지가 많이 선정되었다.

3.2 최적 후보지 선정

최적후보지는 앞의 표 3으로부터 면적이 가장 넓으며 각종 입지 여건이 비교적 우수한 세 개의 지역을 선정하여 그 지역 내 가장 우수한 곳을 최적 후보지로 선정하였다.

첫 번째 후보지는 가장 많은 면적이 선정된 강서구 지역으로 강서구 지역 내에서도 녹산동은 고도별로 각각 21.24km², 21.02km², 22.70km²의 면적이 선정되었으며 개발가능지가 총 적지 면적의 약 86%(81.44km²)를 차지하고 있는 지역으로 다른 지역에 비해 상대적으로 양호한 입지 여건을 가지고 있음을 확인하였다. 이 지역은 전반적으로 풍속과 풍향이 양호하며 평탄한 평지지형, 경사도의 영향이 적은 특징을 갖는다.

두 번째 후보지는 기장군으로 기장군 내 철마면은 고도별로 각각 18.67km², 21.12km², 20.09km²로 10m 풍속데이터를 사용하여 중첩했을 때보다 50m, 80m 풍속데이터를 사용하여 중첩했을 때 다른 지역보다 많은 면적이 선정되었으며 총 적지 면적에서 개발가능지가 약 95%(114.1km²)로 대부분을 차지하고 있다. 이 지역은 전반적으로 농업지역인 관계로 건물에 의해 발생하는 난류의 영향이 적은 장점을 가지는 것이 풍력발전 후보지로 양호할 것으로 기대된다.

마지막 후보지는 사하구 지역으로 이 지역 내 다대1동은 고도에 따라 각각 5.15km², 5.20km², 3.07km²로 80m 풍속 데이터를 중첩했을 때에는 비교적 낮은 면적이 선

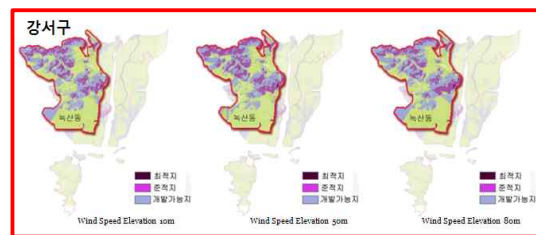


그림 6. 강서구 지역 내 최적 후보지

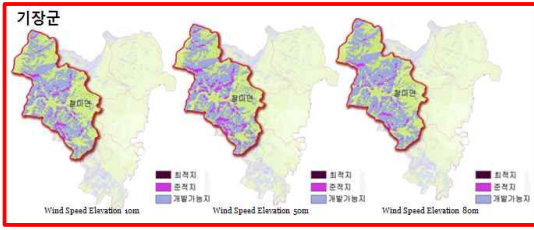


그림 7. 기장군 지역 내 최적 후보지

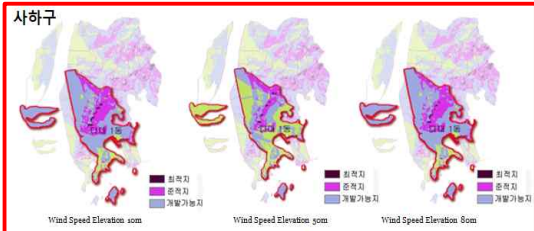


그림 8. 사하구 지역 내 최적 후보지

정되었으며 다른 후보지역들에 비해 최적지의 면적이 약 2.2km²로 개발가능지가 약 67% (66.03km²)를 차지하고 있다. 이 지역은 주거단지와 산업단지가 혼재되어 있는 지역으로 단지 내 소형 풍력 발전 설치가 가능하며 평탄한 평지의 특징을 가지고 있다.

4. 결 론

본 연구의 주요한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 풍력 발전 시설의 입지 평가 시 본 연구에서는 풍속, 풍향, 표고, 경사도, 경사방향, 하천과의 인접성, 도로와의 인접성, 토지이용현황을 고려하여 적지를 분석하였다. 각 선정 기준은 AHP 분석을 이용하여 전문가 조사 방법을 통해 각 요인 간 가중치를 분석하였다. 그 결과, 1점을 기준으로 했을 때 풍속은 0.208과 풍향은 0.159, 표고는 0.115, 하천과의 인접성은 0.093, 도로와의 인접성은 0.108, 토지이용현황은 0.124로 나타났다.

2. AHP 분석 결과, 풍속과 풍향이 가장 중요하게 나타났다며 풍속은 고도별 AWS 데이터를 이용하여 서구 지역이 고도별로 10m일 때는 5.9m/s, 50m일 때는 7.6m/s, 80m일 때는 8.2m/s로 풍력발전 설치 시 효율적인 풍속으로 나타났다. 또한, 북구 지역은 고도별로 10m일 때는 1.8m/s, 50m일 때는 2.8m/s, 80m일 때는 3.3m/s로 풍력발전을 설치하기에는 효율적이지 못한 지역으로 나타났다. 풍향은 계절별로 분석하여 부산시 주풍향을 파악하였다. 그 결과, 계절별 확연한 차이가 나타나지 않았으며 북풍계열의 풍향이 주풍향으로 나

타났다.

3. 각각의 데이터에 가중치를 주어 중첩 분석한 결과, 최적지는 사하구 지역이 고도별로 각각 0.89km², 0.55km², 0.78km²의 면적으로 다른 지역에 비해 월등하게 많이 나타났고 준적지 또한 사하구 지역이 10.12km², 8.47km², 11.01km²의 가장 많은 면적이 선정되었다. 개발 가능지는 기장군이 고도별로 각각 34.74km², 40.40km², 38.96km²의 많은 면적이 선정되었다. 최종적으로 강서구 지역 내 녹산동과 기장군 지역 내 철마면, 사하구 지역 내 다대 1동을 최적후보지로 선정하였다.

본 연구는 기후적 요인과 지형적 요인을 대상으로 실시한 것으로, 앞으로 최적후보지를 대상으로 하여 현장 답사를 통한 장애요인 판단과 세부적인 기후 요인 분석 및 개발계획 대상지역 내의 사회, 산업, 인구 등 사회경제적 조건도 고려하여 연구를 수행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 제 2단계 두뇌 한국21사업의 지원과 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(20090274000)과 (20090781000)입니다.

참고문헌

1. 권봉겸, 2003, "Landsat-TM의 밴드 비 연산데이터를 이용한 토지피복분류에 관한 연구", *한국지리정보학회지*, 한국지리정보학회, Vol.6 pp.80-91.
2. 김연희, 2002, "폐지 감독분류를 이용한 토지피복 분류 정확도에 관한 연구", 석사학위 논문, 부산대학교.
3. 김태준, 이근상, 2006, "GIS기반 AHP기법을 적용한 작물 재배 적지분석에 관한 연구", *대한토목학회논문집*, 대한토목학회, 제26권, 제4D호, pp.659-702.
4. 도근영, 2002, "부산지역 워터프런트의 기후 특성에 관한 연구", *한국항해항만학회지*, 대한국항만학회, 제26권, pp.465-472.
5. 이정, 2002, "GIS를 이용한 관광지 개발 후보지 입지선정에 관한 연구", 석사학위 논문, 충남대학교.
6. 조현고, 2007, "Landsat TM과 KOMPSAT EOC 데이터로부터 토지피복 분류 및 변화 검출", 석사학위논문, 금오공과대학교.
7. 한국 환경정책평가연구원, 2008, "환경성을 고려한 태양광, 풍력발전소 입지선정 가이드 라인", 정책보고서, pp.7, 85-90.