



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

碩 士 學 位 論 文

바람지도를 이용한
제주도 해안마을의 돌담 높이에 대한 연구

A Study of height of stony walls using wind map
in coastal villages of Jeju Island, South Korea



公 州 大 學 教 大 學 院

地理情報學科 自然地理 및 GIS 專攻

李 聖 雨

2011. 2.

碩 士 學 位 論 文

바람지도를 이용한
제주도 해안마을의 돌담 높이에 대한 연구

A Study of height of stony walls using wind map
in coastal villages of Jeju Island, South Korea

指導教授 金 滿 奎

이 論 文 을 理 學 碩 士 學 位
請 求 論 文 으 로 提 出 함

2011. 2.

公 州 大 學 教 大 學 院
地 理 情 報 學 科 自 然 地 理 및 GIS 專 攻
李 聖 雨

碩 士 學 位 論 文

李 聖 雨의 理學碩士學位
請求論文을 認准함

2011. 2.

심 사 위 원 장 _____ (인)

심 사 위 원 _____ (인)

심 사 위 원 _____ (인)

公 州 大 學 教 大 學 院

목 차

제 1 장 서론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 동향	2
1.2.1 제주도 돌담 연구동향	2
1.2.2 바람지도 작성 관련 연구동향	4
1.2.3 연구동향의 시사점	6
1.3 연구 범위 및 방법	8
제 2 장 바람지도 작성	11
2.1 데이터 구축	11
2.2 바람지도 구축 기법 및 매개변수 결정	13
2.2.1 바람지도 구축 기법 선정	13
2.2.2 매개변수 결정	14
2.3 공간 보간 결과 및 검증	16
2.3.1 검증 방법	16
2.3.2 풍속의 보간 결과 및 검증	18
제 3 장 바람과 돌담과의 상관 분석	25
3.1 조사마을별 울담의 높이 조사	25
3.2 조사마을별 설문조사	29
3.3 울담과 바람의 상관분석	32

제 4 장 결론	37
참고문헌	39
ABSTRACT	43
부 록	46
감사의 글	52



그 립 목 차

<그림 1> 울담의 모습	3
<그림 2> 축담의 모습	3
<그림 3> 산담의 모습	4
<그림 4> 발담의 모습	4
<그림 5> 연구에서 선정한 조사 대상 마을의 위치	8
<그림 6> 연구절차도	9
<그림 7> 연구에 활용한 제주도 기상관측지점	11
<그림 8> 통계적인 보간 기법을 활용하여 구축한 연평균 풍속 지도 ..	21
<그림 9> 통계적인 보간 기법을 활용하여 구축한 최대 풍속 지도	24
<그림 10> 울담의 유형(1)	26
<그림 11> 울담의 유형(2)	26
<그림 12> 월정리의 울담	27
<그림 13> 위미1리의 울담	27
<그림 14> 하가리의 울담과 발담	28
<그림 15> 위미1리의 울담	28
<그림 16> 판포리의 울담	30
<그림 17> 월정리의 울담(2)	30
<그림 18> 하가리의 울담과 방풍림	30
<그림 19> 태흥3리의 울담과 방풍림	30
<그림 20> 조사마을과 제주 지질도	33

표 목 차

<표 1> 관측지점의 구분과 관측기간	12
<표 2> 공간 보간 기법 및 매개변수 결정	15
<표 3> 각 베리오그램에 사용된 분리거리와 분리거리 개수	18
<표 4> 연평균 풍속의 보간 검증 결과	19
<표 5> 특이점을 제거한 연평균 풍속의 보간 검증 결과	20
<표 6> 최대 풍속의 보간 검증 결과	22
<표 7> 특이점을 제거한 최대 풍속의 보간 검증 결과	23
<표 8> 마을별 울담의 높이 조사 결과	26
<표 9> 마을별 설문조사 결과	29
<표 10> 마을별 방풍림의 유무	31
<표 11> 조사마을별 평균 풍속과 최대 풍속의 예측 결과 및 울담 평균 높이	32
<표 12> 울담의 높이와 풍속과의 상관분석 결과	32
<표 13> 조사마을별 지질 상태	34
<표 14> 지질의 요인을 배제한 울담의 높이와 풍속과의 상관분석 결과 ..	34
<표 15> 조사마을별 유형 분류	35
<표 16> 마을 유형별 울담의 높이와 연평균, 최대 풍속과의 상관분석 결과 ..	36

제 1 장 서론

1.1 연구 배경 및 목적

경관에 관한 연구는 현재 다양한 방면으로 진행되고 있다. 이 중 인간 즉 문화와 관련된 문화 경관은 지리학뿐만 아니라 다양한 분야에서 다루어지고 있는 연구 주제이다. 문화 경관은 미국의 문화지리학자인 칼 사우어에 의해 ‘자연환경이 시간의 변화에 따라 인간의 활동으로 인하여 변형되는 가시적 형태’라 정의되었다. 이는 어떤 지역의 문화 경관은 인문·자연환경이 반영되어 형성되는 것이라 할 수 있다. 돌담 경관의 형성 과정에서 역시 환경은 많은 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

돌담은 한국의 여러 지역에서도 볼 수 있지만 특히 제주도에서 많이 볼 수 있다. 돌담은 제주도에서 매우 인상적인 경관이다. 돌담은 길의 확장과 주택 개량 과정, 건축자재의 발달 등으로 제주도 내에서 많이 사라져갔다. 그러나 최근에는 문화유적, 조경, 관광자원 등으로 주목받으며 제주특별자치도, 제주시와 같은 지방자치단체 차원에서 다양한 복원사업이 추진되고 있다. 이 때 돌담의 물리적인 복원과 함께 돌담의 형성 배경과 의미를 밝히는 것 역시 중요한 일이다.

지금까지 돌담과 관련된 연구는 돌담의 형태적, 기능적 유형 분류가 주를 이루었다. 따라서 돌담 경관 형성의 인문·자연적 배경에 대한 연구 역시 필요하다. 특히 문화유적, 관광자원화 측면에서 보면 돌담과 관련된 스토리텔링을 개발하여 이야기거리를 보다 풍성하게 하는 것이 필요할 것이다. 이와 같은 연구에는 제주도 돌담 경관이 강한 계절풍에 의한 것이라는 이승호(1987)의 연구가 있고 제주도의 돌담 경관을 지질 환경과 연관하여 설명한 강성기(2010)의 연구가 있다. 이들의 연구에서 제주도의 돌담은 바람과 관련된 경관으로 언급되고 있다.

제주도의 바람은 지역에 따라 많은 차이가 있다. 특히 제주도 서부 지역의 연평균 풍속은 다른 지역에 비해 약 2배 빠르다(김만규 외, 2010). 이에 연구

자는 제주도에서의 다양한 풍속의 분포가 돌담 경관, 경관 중에서도 높이의 차이로 나타날 것이라는 가정을 세웠다. 특히 풍속의 차이는 돌담의 높이에 영향을 미쳤을 것으로 생각되었다. 이에 본 연구에서는 제주도의 돌담 높이를 조사하고, 풍속과 최대풍속 분포를 표현한 바람지도¹⁾를 작성하여 그들 사이의 관계에 대하여 연구하고자 하였다.

아울러 국내외의 바람지도 작성은 수치기상모델을 활용하여 구축하고 있다. 그러나 이 방법은 시간, 비용 등의 측면에서 많은 연구자들이 활용하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 수치기상모델을 활용한 방법 보다 쉽게 바람지도를 구축할 수 있는 방안에 대하여 제시하고자 하였다.

1.2 연구 동향

연구 동향에서는 제주도 돌담과 관련 기존 연구동향 분석과 바람지도 작성 방안과 관련된 연구 동향에 대하여 살펴보았다. 제주도 돌담과 관련된 연구 동향은 본 연구의 연구대상 돌담의 범위를 확정하는 데 참고하였다. 바람지도 작성과 관련된 연구 동향은 본 연구에 필요한 바람지도 작성 방안을 수립하는 데 참고하였다.

1.2.1 제주도 돌담 연구동향

제주도는 화산활동으로 만들어진 화산섬이다. 따라서 제주도에서는 크고 작은 돌을 쉽게 볼 수 있다. 그러나 이러한 돌은 경작하기에는 걸림돌이 되었다. 옛 제주도민은 경작지에서 나오는 쓸모없는 돌을 이용하여 생활에 유용하게 활용할 수 있는 여러 장치를 고안하였다. 그 중 하나가 제주도에서 흔히 볼 수 있는 돌담이다. 돌담은 제주도 내에서 흔히 볼 수 있어 제주의 특이한 경

¹⁾ 바람지도는 바람에 관련된 요소를 지리공간상 투영한 것을 말하며 구축방법과 기상요소, 구축기간에 따라 여러 이름으로 불리지만 일반적으로 총칭해서 바람지도라 부른다. 구축방법에는 통계적 구축방법, 수치기상모델을 활용한 구축방법 등이 있고 기상요소에는 풍속, 최대풍속, 풍향, 풍력밀도 등이 있다. 또한 구축기간에 따라 일평균, 월평균, 연평균 등으로 나뉜다.

관이 되었다. 돌담은 집 주변, 밭 주변, 해안 주변 등 제주도 여러 곳에서 다양한 기능으로 존재한다. 돌담에는 울담, 축담, 산담, 성담, 밭담 등이 있다.

울담은 집의 울타리 돌담을 말하며 방풍역할과 집의 경계선의 역할, 외부의 가축이 집 내부로 못 들어오도록 막는 역할 등을 한다. 축담은 초가집의 외벽으로 단순한 돌담이 아니라 초가가 강한 바람에 견디도록 한 옛 선조의 지혜가 보이는 돌담이다. 이는 돌을 쌓은 후 흙에 보릿짚을 섞어 반죽한 진흙을 돌 틈에 막아 줌으로써 단열과 방풍기능을 높여주었다. 산담은 무덤 주위에 두른 돌담을 말하며 대부분이 장방형으로 되어 있다. 산담은 육지의 무덤처럼 격리하여 만들어진 것이 아니라 주민생활에 밀접히 관련된 밭이나 길 주변에도 많이 분포해 있다. 산담의 역할은 중산간 지대에 위치한 무덤에 방목하는 소나 말이 침입하는 것을 막아줄 뿐만 아니라 화입이라 하여 들불을 붙일 때 불이 무덤으로 들어오지 못하도록 하는 역할도 해준다(고성보, 2009).

성담은 방어용으로 만들어진 돌담으로 제주성과 현성, 진성 등이 남아있다. 그리고 제주 4.3사건 당시 만들어진 성담도 곳곳에 존재한다. 돌담 중 가장 많이 분포해 있는 돌담은 밭담이다. 밭담은 밭과 밭 사이에 위치한 돌담으로 경계역할을 할 뿐만 아니라 농작물을 바람으로부터 막아주는 방풍의 역할을 한다. 제주도민이 경작을 시작하면서 경작지 내에 존재하는 돌은 경작에 걸림돌이 되었다. 방해요소인 돌을 치우고 밭과 밭 사이의 경계의 문제를 해결해 준 것이 바로 밭담이다(고성보, 2009).



그림 1. 울담의 모습



그림 2. 축담의 모습



그림 3. 산담의 모습



그림 4. 밭담의 모습

현재는 제주도의 돌담에 대한 문화적 가치가 재조명되면서 돌담의 유지보전을 위해 가치평가연구와 돌담의 실태조사가 진행되고 있고 일부지역에서는 보호 및 복원이 진행되고 있다. 이상영(2006)은 제주도 방문객을 대상으로 설문조사를 하여 돌담의 경제적 가치를 판단하였다. 최용복(2006)과 고성보 외(2009)는 돌담의 부분적 실태조사를 진행하여 돌담의 지역적 현황과 특징을 분석하였다. 위와 같은 선행 연구의 대부분은 밭담을 대상으로 진행되었다.

1.2.2 바람지도 작성 관련 연구동향

국내에서 풍향, 풍속 등의 기상관측을 하는 여러 기관 중 연구자의 자료 확보가 용이하고 가장 많은 관측지점을 운영하는 곳은 기상청이다. 따라서 기상청의 관측자료는 관련 연구에 폭넓게 활용되고 있다. 하지만 기상관측자료는 포인트 자료이기 때문에 분포와 관련된 연구에서 기상청에서 제공하는 원본 자료를 그대로 사용하는 것에는 많은 한계가 있다. 따라서 관측 자료를 활용하여 미관측 지점의 값을 예측하는 연구가 다양하게 진행되었다.

그 중 대표적인 것이 공간 보간 기법을 활용한 분포 자료의 생산 연구이다. 국내에서는 기상관측자료를 활용하여 IDW, Spline, Kriging, 경향면 분석 등 여러 기법을 이용하여 미관측지점의 값을 공간 보간을 수행한 연구가 있었다.

장지희 등(2003)은 Ordinary Kriging(정규크리깅)과 Inverse Distance Kriging(거리역수크리깅) 기법을 활용하여 오존도를 예측하였다. 분석 결과 Ordinary Kriging이 다소 좋은 결과를 도출해냈다. 조홍래와 정종철(2006)은 기상청의 기상관측자료 중 강수량 자료를 활용하여 경향면 분석, IDW, RBF, Ordinary Kriging(정규크리깅), Universal Kriging(일반크리깅)으로 공간 보간을 수행하였다. 그 결과 Universal Kriging에서 이론적 베이로그그램을 가우시안 함수로 사용한 공간 보간이 가장 높은 정확성을 보였다. 박노욱과 장동호(2008)는 제주도 기상관측소의 기온 및 강수 관측자료를 이용하여 공간 보간 시 Ordinary Kriging과 CoKriging 기법을 비교 분석하였다. CoKriging은 상관관계를 가지고 있는 두가지 이상의 인자를 활용하여 공간 보간하는 기법으로 음의 상관관계인 기온과 고도, 양의 상관관계를 가진 강수량과 고도를 활용하여 기온과 강수량을 공간 보간하였다. 이 연구를 통해 Ordinary Kriging에 비해 CoKriging이 기온과 강수량 모두에서 높은 예측 정확도가 나타났다. 박종철과 김만규(2009)는 제주도지역의 강수량을 Ordinary Kriging과 강수량, 지형 고도 변수를 활용한 CoKriging, 강수량, 지형고도, 지형 사면방향 변수를 활용한 CoKriging기법을 통해 공간 보간을 하고 이를 비교하는 연구를 하였다. 이 연구에서는 각 계절별에 따라 적합한 보간 기법이 다르게 나타났다. 또한 새로운 보간방법을 통해 보간가능성에 대한 연구도 진행되었다. 이민아 등(2007)은 새로운 보간방법인 IDSW(Inverse Distance Squared Weighting)기법을 활용하여 기온과 강수량의 공간통계자료를 생성하는 연구를 하였다.

국외에서는 자연환경 관측자료를 대상으로 한 2D 보간 및 3D 보간을 다양한 보간 방법을 활용하여 연구하였다. 여러 분야 중 해양과 지하수, 토양에 많은 연구가 이루어졌다. 해양은 SST(Sea Surface Temperature)에 관한 공간 보간(Taylor, 2004), 해양 염분에 대한 공간 보간(Ernest, 2007) 등이 있고 지하수에는 기후변화에 따른 지하수 높이 변화에 대한 공간 보간(Kumar et al, 2006) 등이 있다. PANG 등(2009)은 Ordinary Kriging과 CoKriging을 활용하여 흙의 구리함량을 보간하였고 Cohen(2005)은 해저지형 관측을 통하여 해양 환경을 Kriging을 통해 3D로 재현하고 해양에서 지하수의 상승지점을 연구하

였다. Nalder and Wein(1998)은 기온, 기압 관측자료를 가지고 Ordinary Kriging, CoKriging, Universal Kriging, IDS(Inverse Distance Squared), GIDS(Gradient Plus Inverse Distance Squared) 등과 같은 보간 기법을 이용하여 기후지역 보간을 연구하였다. IDW, Spline, Ordinary Kriging, Universal Kriging, CoKriging 등 다양한 공간 보간 방법을 활용하여 기온에 대한 공간 보간을 모색하였다(Kurtzman and kadmon, 1999; Vicente et al., 2003). Halit 등(2004)은 기후 데이터 중 기온, 습도, 강수량, 풍속 등을 여러 보간방법을 적용하여 비교 분석하였다. 풍속에서는 Kriging을 활용한 결과의 예측 정확도가 높은 것으로 연구되었다. Luo 등(2008)은 ArcGIS를 활용하여 풍속을 공간 보간하였다. 연구에 활용한 보간방법은 IDW, Local Polynomial, Spline, Ordinary Kriging, Universal Kriging, CoKriging 기법이다. 이 중 고도변수를 활용한 CoKriging이 가장 높은 예측정확도를 보였다.

이외에도 국내외에서는 관측자료를 수치기상모델의 입력자료로 활용하여 모델링을 수행함으로써 분포 자료를 생산한 연구들도 있다. 하지만 모델링의 경우 공간 보간 기법에 비해 상대적으로 많은 시간과 높은 기술력을 필요로 한다.

1.2.3 연구동향의 시사점

선행 연구 사례로 제주도의 돌담이 울담, 축담, 밭담, 산담 등으로 구분되며 이 중 바람, 특히 방풍과 관련된 것은 울담, 축담, 밭담이라는 사실을 알 수 있었다. 하지만 축담은 집의 벽 역할을 하기 때문에 본 연구의 돌담 높이 연구 대상으로는 부적합하고 밭담은 재배하는 작물에 따라 높이가 크게 변할 수 있어 연구대상으로 부적합하다고 생각하였다. 이에 본 연구에서는 바람과 밀접한 관계를 가지고 있으며 주민생활과 밀접하게 연관되어 있으나 그 동안 상대적으로 연구가 되지 않았던 울담을 연구대상으로 선정하였다.

국내·외의 연구동향을 살펴보면 다양한 공간 보간 기법이 대기, 해양 등 여러 분야에서 포인트 관측자료를 분포 자료로 만들기 위해 활용되고 있음을 알 수 있었다. 공간 보간 기법은 다양한 연구에서 양질의 분포 자료를 생산할 수 있었으며 상대적으로 대기, 해양 모델을 이용한 모델링에 비해 활용이 용이하

다는 것을 알 수 있었다. 그러나 현재 국내외에서 보간 기법으로 풍속의 분포도를 작성한 사례는 찾아볼 수 없었다. 관측망 사이의 다양한 지형에 의해 바람이 변화무쌍하기 때문에 어려움이 있었을 것으로 사료된다.

그럼에도 불구하고 제주도는 관측망이 상대적으로 조밀하고, 한라산을 제외하고는 바람의 이동을 막아줄 지형적인 요소가 적으며(강정희, 2005), 특히 해안지역의 경우 지형의 영향을 적게 받아 통계적 보간을 이용한 바람의 보간이 가능할 것으로 판단하였다.



1.3 연구 범위 및 방법

연구지역은 제주도의 일부지역이다. 화산섬인 제주도는 한라산을 중심으로 ‘오름’이라는 특수한 지형을 형성하고 있으며 지정학적 위치와 지형적인 원인 등으로 인해 대륙과 해양의 영향을 동시에 받으면서 다양한 기상현상과 기후 특징을 보인다(제주지방기상청, 2007). 육지부에 비해 높은 밀도로 지상관측장비가 분포해 있어 기상관측자료를 활용한 공간 보간이 용이하다. 바람지도는 제주도 전체 지역을 대상으로 하여 구축하였다.

돌담 조사는 마을 단위로 수행하였다. 조사 대상 마을은 본 연구에서 구축한 바람지도에서 바람이 강한 곳 또는 약한 곳에 위치하였으며 해안으로부터 가까이에 위치한 곳으로 선정하였다. 이는 마을에 부는 바람이 주로 해풍의 영향을 받으며 지형, 지물에 의한 왜곡이 최소인 지점을 선정하기 위한 것이다. 아울러 돌담이 잘 보존되어 있는 곳을 선정하였다.

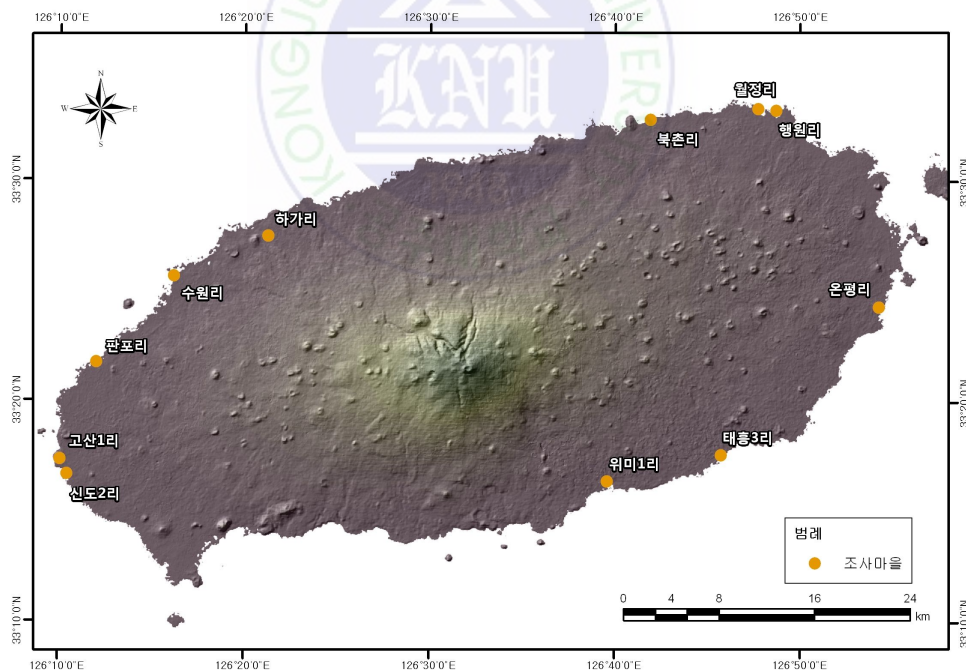


그림 5. 연구에서 선정한 조사 대상 마을의 위치

본 연구의 연구절차는 그림 6과 같다. 먼저 기상관측자료를 활용하여 바람 지도를 구축하였다. 기상청에서 제공하는 제주도에 위치한 17개의 기상관측지점에서 관측된 자료를 최근 10년(2000년 - 2009년) 평균풍속과 최대 풍속을 정리하여 통계적 공간 보간을 실시하였다. 공간 보간은 GIS S/W인 ArcMap의 Geostatistical Analysis Extension에서 제공하는 일반크리깅(Universal Kriging), 정규크리깅(Ordinary Kriging), 공동크리깅(CoKriging) 기법을 사용하였다. 공간 보간에 입력되는 매개변수는 4개의 분리거리(Lag size)와 13개의 분리거리 개수(Number of Lag)를 입력하여 최적의 매개변수를 도출하였다.

각 공간 보간에서는 연구지역의 기상관측 지점을 실험군(10지점)과 검증군(7지점)으로 구분하여 공간 보간을 수행하고 그 결과를 검증하였다. 공간 보간 결과의 검증은 상관관계를 나타내는 상관계수와 결정계수, 예측 정확도를 알 수 있는 RMSE(Root Mean Square Error), MAE(Mean Absolute Error)를 이용하여 예측값(공간 보간 결과)과 실측값의 통계적인 비교를 통해 수행하였다.

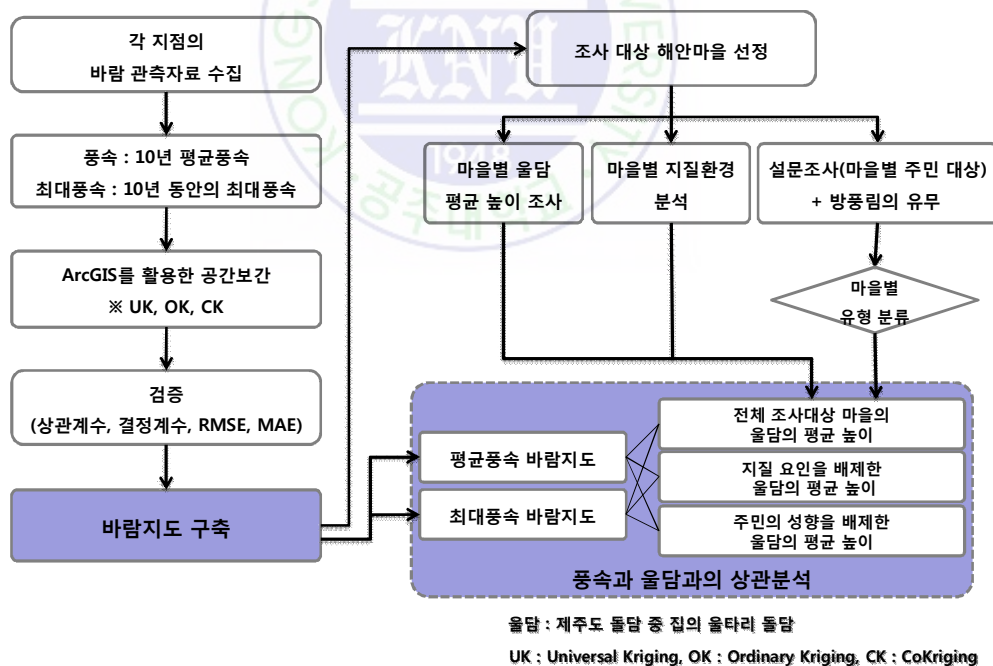


그림 6. 연구절차도

이렇게 구축된 바람지도의 풍속 분포를 고려하여 조사대상 마을을 선정하였다. 각 마을의 현장조사에서는 울담의 높이를 조사하는 한편 마을 주민과의 설문조사를 실시하였다.

조사대상 울담은 주민 인터뷰를 통해 인위적인 요인이 가장 적은 것을 선정하였으며 마을 마다 7-13개를 조사하였다. 본 연구에서는 이를 마을별 평균으로 재계산하여 사용하였다.

설문조사에서는 마을에서의 울담의 주기능을 알아보았다. 마을별 울담의 주기능 조사 결과를 토대로 마을별 유형을 방풍 기능, 경계 기능, 방풍과 경계 기능으로 분류하였다.

구축한 평균풍속 바람지도와 최대 풍속 바람지도를 활용하여 조사마을 전체의 울담의 높이와 지질의 영향을 배제한 마을의 울담의 평균 높이, 주민의 성향에 따른 마을 유형별 울담의 평균 높이와의 상관관계를 분석하였다.



제 2 장 바람지도 작성

2.1 데이터 구축

바람지도는 기상관측자료를 활용하여 통계적 보간기법을 이용해 구축하였다. 이를 위해 기상청의 제주도 지역의 최근 10년(2000년 - 2009년) 평균 풍속과 10년 최대 풍속을 정리하였다. 연구지역인 제주도에는 19개 기상관측지점이 있다.

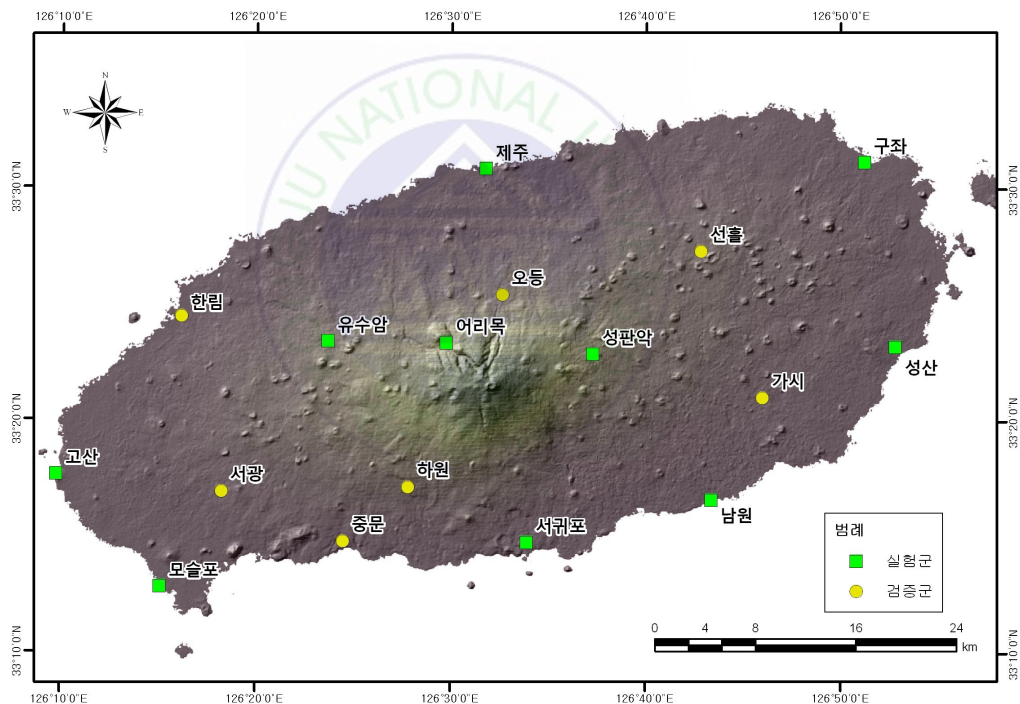


그림 7. 연구에 활용한 제주도 기상관측지점

하지만 윗세오름 지점과 진달래밭 지점의 풍속에 대한 자료는 제대로 구축되어 있지 않아 17개의 지점만을 사용하였다. 이 중 4개는 ASOS²⁾이고 15개

는 AWS³⁾이다. 17개의 지점에서 10개 지점의 관측값을 공간 보간 실험군으로 활용하고 7개 지점의 관측값은 공간 보간 결과의 검증군으로 사용하여 바람지도를 구축하였다.

기상관측자료 중 평균 풍속과 최대 풍속은 기상연보를 활용하여 최근 10년의 (2000년-2009년)자료를 추출하였다. 평균풍속은 풍정에서 구한 일평균 풍속값을 월평균하여 구한 값이고 최대 풍속은 임의의 10분간 평균풍속 중 최대 값이다. 본 논문에서 10년의 평균값을 활용하는 이유는 제주도의 모든 관측지점이 평년값을 나타내는 30년 기간 동안 관측한 지점이 많지 않기 때문에 관측지점의 패턴을 알아 볼 수 있는 최소한의 기간을 10년으로 보았다. 따라서 중문, 오등, 하원 지점의 관측기간이 10년을 넘지 못하기 때문에 세 지점은 검증군에 포함하여 공간 보간을 검증하는데 활용하였다.

표 1. 관측지점의 구분과 관측기간

구분	관측소명	기간	구분	관측소명	기간
실험군	제주	2000-2009	검증군	중문	2002-2009
	고산	2000-2009		오등	2002-2009
	성산	2000-2009		하원	2002-2009
	서귀포	2000-2009		선흘	2000-2009
	유수암	2000-2009		서광	2000-2009
	어리목	2000-2009		한림	2000-2009
	남원	2000-2009		가시	2000-2009
	구좌	2000-2009			
	성판악	2000-2009			
	모슬포	2000-2009			

2) ASOS(Automated Synoptic Observing System) : 종관기상관측시스템으로 종관기상관측을 목적으로 전국 기상관서에 설치한 자동기상관측장비를 말한다.

3) AWS(Automatic Weather System) : 자동기상관측시스템으로 과거에 사람이 직접 수행하던 것을 자동으로 관측할 수 있도록 설계한 방재용 기상관측장비를 말한다.

2.2 바람지도 구축 기법 및 매개변수 결정

2.2.1 바람지도 구축 기법 선정

바람지도는 여러 가지 구축방법이 있다. 현재 한국에너지기술연구원 풍력발전연구센터에서는 지형을 고려한 정밀한 바람지도를 구축하기 위해서 수치기상모델을 활용하여 바람지도를 구축하고 있다. 하지만 본 연구에서는 고정밀도의 바람지도를 필요로 하는 것이 아니다. 관측지점의 통계적인 값을 이해하고 이 값을 활용한 통계적 보간 기법으로 바람지도를 구축하고자 하였다. 또한 통계적 공간 보간은 초기조건, 경계조건 등 고비용과 많은 시간이 필요한 수치기상모델을 활용한 공간 보간에 비해 활용이 용이하다는 장점이 있다. 더불어 본 논문의 연구지역은 제주도 해안지역이기 때문에 통계적 공간 보간 시 지형의 영향을 적게 받아 예측값이 크게 벗어나지 않을 것이라 사료된다.

본 논문에서 바람지도 구축에 활용한 통계적 공간 보간 기법은 정규크리깅(Ordinary Kriging), 일반크리깅(Universal Kriging), 공동크리깅(CoKriging) 기법이다. 크리깅 기법을 활용한 대기환경 인자의 공간 보간은 높은 상관관계와 예측 정확도 결과를 생산하는 것으로 알려져 있다(Halit et al., 2004; Luo et al., 2008; 박종철과 김만규, 2009; 조내현, 2010).

크리깅은 다루기 쉬운 장점을 가지고 있다. 그리고 표준오차를 예측할 수 있으며 다른 보간 기법에 비해 많은 파라미터를 제공하여 다양한 결과를 얻을 수 있다. 또한 크리깅은 주위 알려진 값들의 가중선형조합으로 예측값을 구하는 특징을 가지고 있다. 특히 가중치는 참값과 예측값의 오차를 최소로 하고, 예측값이 편향되지 않아야 한다는 조건으로부터 그 값을 구한다. 크리깅의 또 다른 특징으로는 크리깅 행렬식이 확실한 수학적 배경을 가지고 있는 것이다. 크리깅으로 예측한 값은 조건이 동일하면 언제나 같은 결과를 도출한다 또한 크리깅은 자료의 특성값이 완만하게 변화해가면서 산술평균을 적용하기에 타당한 물성변수에 대하여 매우 뛰어난 예측능력을 가지고 있다(최종근, 2007).

2.2.2 매개변수 결정

주어진 자료로부터 계산된 경험적 베리오그램(variogram)을 토대로 가장 적합한 이론적 베리오그램을 결정하는 것은 매우 중요하다(최종근, 2007). 베리오그램은 일정한 거리에 있는 자료들의 유사성을 보여주는 척도로 일정거리 h 만큼 떨어진 두 자료들간의 차이를 제공한 것의 기대값이다. 그리고 베리오그램의 절반을 나타내는 값을 반베리오그램(semivariogram)이라 한다. 베리오그램과 반베리오그램은 혼용되어 쓰고 있으며 편의상 반베리오그램을 주로 사용한다(최종근, 2007). 분리거리 h 만큼 떨어진 자료가 n 개 일 때, 반베리오그램의 식은 다음과 같다.

$$r(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad \dots\dots\dots \text{수식(1)}$$

적합한 이론적 베리오그램을 결정하기 위해 구형(Spherical), 지수형(Exponential), 가우시안형(Gaussian) 베리오그램 함수에 각각 적용하였다. 베리오그램 함수에 적용하기 위해 분리거리의 크기(Lag Size)와 분리거리의 개수(Number of Lags)를 선정하였다. 분리거리의 크기 결정은 경험적 베리오그램에 큰 영향을 준다(Johnston et al., 2001). 베리오그램 함수에 적용할 분리거리는 2000m, 2500m, 3000m, 3500m로 구분하였다. 분리거리 구분별 분리거리의 개수는 분리거리의 크기와 분리거리의 개수의 곱이 공간 보간 지역 내의 자료간의 최대거리를 넘지 않는 범위 내에서 선정하였다(Johnston, 2001). 그리고 최소거리로는 자료 간 최대거리의 약 3분의 1지점 거리 범위로 정하였다. 본 논문의 연구지역인 제주도의 기상관측지점 중 고산과 구좌가 69km로 가장 멀리 떨어져있다. 자료 간의 최대거리는 약 70km이고 그의 약 3분의 1거리는 25km이다. 분리거리의 개수의 변화는 정확성 변화에 크게 기여하지 않아(조홍래, 2009) 각 분리거리의 개수는 5의 배수로 선정하였다. 이에 따라 분리거리의 개수는 분리거리 2000m의 경우 15, 20, 25, 30개이고 분리거리

2500m의 경우 10, 15, 20, 25개로 각 4개의 분리거리의 개수를 적용하였다. 그리고 3000m의 경우 10, 15, 20개이고 3500m의 경우 10, 15개의 분리거리 개수를 적용하였다. CoKriging은 상관관계(r^2)를 가지고 있는 두가지 이상의 인자를 활용하여 공간 보간하는 기법이다. 기존 연구 분석을 통해 바람과 고도와 상관관계가 있는 것으로 조사되었다(Luo et al., 2008). 또한 섬지역이기 때문에 해풍의 영향이 크다(이승호, 1987; 최병성, 2002). 자료 분석 결과 고도와 풍속, 해양과의 거리와 풍속은 약 -0.33과 -0.41의 약한 음의 상관관계를 가지고 있다. 약한 상관관계를 가지고 있지만 공간 보간에 영향을 줄 것으로 판단하여 두 가지 변수를 활용한 CoKriging 기법으로 공간 보간을 수행하였다.

표 2. 공간 보간 기법 및 매개변수 결정

interpolation method	fator	variogram	Lag Size (m)	Number of Lags (개)
Ordinary Kriging	mean wind speed	Spherical	2000	15, 20, 25, 30
		CoKriging	2500	10, 15, 20, 25
	max wind speed		3000	10, 15, 20
		Gaussian	3500	10, 15
			Universal Kriging	mean wind speed
Exponential	2500	10, 15, 20, 25		
	max wind speed	3000		10, 15, 20
Gaussian		3500		10, 15
		CoKriging		mean wind speed +elevation
mean wind speed + distance to sea	Exponential		2500	10, 15, 20, 25
max wind speed + elevation			3000	10, 15, 20
max wind speed + distance to sea	Gaussian		3500	10, 15

2.3 공간 보간 결과 및 검증

2.3.1 검증 방법

각 공간 보간 기법에 매개변수를 적용하여 풍속과 최대풍속에 대한 공간 보간을 실시하여 각 기법과 매개변수에 대한 정확성을 평가하였다. 보간 결과는 ArcMap을 활용하여 200m × 200m Grid형식으로 지도화 하였다.

공간 보간 결과의 검증은 예측값(공간 보간 결과)과 실측값의 통계적인 비교를 통해 수행하였다. 보간 검증에는 상관관계를 알아보기 위해 상관계수와 결정계수를 사용하였고, 예측 정확도를 확인하기 위해 MAE(Mean Absolute Error)와 RMSE(Root Mean Square Error) 모델을 사용하였다. 기존 선행연구에서는 상관계수와 결정계수를 많이 활용하였다. 상관계수는 두 변수간의 관계가 얼마나 강한지를 측정할 때 널리 이용되는 통계량(김양렬과 민충기, 2002)으로 두 변수 사이의 관계를 살펴볼 때 사용한다. 그러나 r^2 은 예측의 정확성을 나타내기는 어렵다(Vicente, 2003). 예측값이 실측값보다 일률적으로 높거나 낮은 경우에도 그 관계가 직선으로 상관관계가 높기 때문에 r^2 역시 높다. 따라서 r^2 이 높다는 것이 늘 예측결과가 좋음을 의미하지는 않는다. 그러므로 r^2 으로는 모델 또는 모델 간의 예측 정확도를 판단하고 비교하는 데는 한계가 있기 때문에 본 연구에서는 예측 정확성을 알아보기 위해 MAE, RMSE 모델을 추가로 사용하였다. MAE와 RMSE는 예측값과 실측값들에 대한 평균의 차이를 설명하는 가장 좋은 모델이다(Willmott, 1982).

RMSE는 예측값이 그가 속한 준거집단의 평균으로부터 떨어져 있는 정도를 알려준다. MAE는 RMSE와 매우 유사하지만 큰 예측오류가 적다(ECMWF Homepage). RMSE와 MAE의 값이 작을수록 높은 예측정확도를 나타낸다. 결정계수와 MAE, RMSE 모델에 대한 식은 다음과 같다.

① 결정계수 계산식

$$r^2 = \left(\frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{SD_x \times SD_y} \right)^2 \dots\dots\dots \text{수식(2)}$$

r^2 : 상관계수의 제곱(단순회귀분석의 경우 상관계수의 제곱이 결정계수이다.)

n : 자료개수

x : 예측값

y : 실측값

$\bar{x}$: 예측값의 평균

$\bar{y}$: 실측값의 평균

SD_x : 예측값의 표준편차

SD_y : 실측값의 표준편차

② 예측 정확도 모델 계산식

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \dots\dots\dots \text{수식(3)}$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}_i| \dots\dots\dots \text{수식(4)}$$

n : 자료개수

y : 실측값

$\bar{y}$: 예측값

2.3.2 풍속의 보간 결과 및 검증

보간 결과는 연평균 풍속과 최대 풍속을 변수로 사용하여 Ordinary Kriging, Universal Kriging, CoKriging(고도 변수), CoKriging(해양과의 거리 변수)에서 높은 상관관계와 정확한 예측 결과를 가져온 사용한 베리오그램 모델에 대한 매개변수를 알아보고 상관관계와 예측정밀도 모델의 값이 고루 높은 매개변수를 선정하였다. 이 선정된 매개변수를 활용한 바람지도를 구축하였다.

공간 보간 실험은 활용한 3가지의 베리오그램 모델별 13개의 보간을 실시하였고 이를 4가지의 보간 기법에 모두에 적용하여 실험하였다. <표 3>은 보간 결과 번호별 분리거리와 분리거리 개수를 나타낸 것이다.

표 3. 각 베리오그램에 사용된 분리거리와 분리거리 개수

보간 결과 번호	분리거리 × 분리거리 개수	보간 결과 번호	분리거리 × 분리거리 개수
01	2000 × 15	08	2500 × 25
02	2000 × 20	09	3000 × 10
03	2000 × 25	10	3000 × 15
04	2000 × 30	11	3000 × 20
05	2500 × 10	12	3500 × 10
06	2500 × 15	13	3500 × 15
07	2500 × 20		

가. 연평균 풍속의 보간 결과 및 검증

연평균 풍속에 대한 보간에 대한 검증에 대한 결과는 <표 4>과 같다. 실험군으로 공간 보간을 한 결과를 검증군을 통해 검증을 시도하였다. 그 결과 사용한 4가지의 보간 기법에서 가우시안 모델을 사용할 때 대체적으로 정확한 예측값이 나왔다.

표 4. 연평균 풍속의 보간 검증 결과

관측소	실측값(m/s)	예측값(m/s)			
		Ordinary Kriging	Universal Kriging	CoKriging (고도변수)	CoKriging (해양도 변수)
		Gaussian-05	Gaussian-05	Gaussian-12	Gaussian-13
중문	2.09	3.19	3.05	3.06	2.99
오등	2.70	2.64	2.81	2.58	2.60
하원	3.64	2.85	2.99	2.87	2.85
선홀	3.22	3.36	3.08	3.39	3.41
서광	3.20	4.32	4.12	4.24	4.20
한림	3.60	4.50	4.12	4.64	4.66
가시	2.66	2.97	3.17	3.03	3.01
상관계수		0.427	0.448	0.488	0.512
결정계수		0.183	0.200	0.239	0.262
MAE(m/s)		0.492	0.423	0.497	0.487
RMSE(m/s)		0.670	0.553	0.656	0.642

그러나 검증을 하는 단계에서 남서부 관측지점 ‘하원’이 특이점으로 발견되었다. 하원의 관측값은 주변 관측지점의 관측값에 비해 약 1m/s 가 차이가 났다. 통계적 공간 보간은 주변의 값을 활용하여 미관측지점의 값을 예측하는 작업이기 때문에 특이점은 검증단계에서 다른 해석이 나타날 수 있다. 이러한 이유로 특이점인 하원을 제외하고 검증을 다시 실시하였다.

표 5. 특이점을 제거한 연평균 풍속의 보간 검증 결과

관측소	실측값(㎍)	예측값(㎍)			
		Ordinary Kriging	Universal Kriging	CoKriging (고도변수)	CoKriging (해양도 변수)
		Gaussian-10	Gaussian-05	Gaussian-07	Gaussian-03
중문	2.09	2.81	3.05	2.77	2.78
오등	2.70	2.61	2.81	2.60	2.59
선흘	3.22	3.39	3.08	3.45	3.48
서광	3.20	4.08	4.12	4.06	4.11
한림	3.60	4.88	4.12	4.84	4.78
가시	2.66	3.01	3.17	3.02	2.99
상관계수		0.845	0.697	0.861	0.864
결정계수		0.714	0.486	0.742	0.747
MAE(㎍)		0.497	0.451	0.496	0.498
RMSE(㎍)		0.663	0.577	0.648	0.642

<표 5>는 연평균 풍속을 보간한 결과에서 특이점 제거 후의 검증 결과이다. 특이점인 하원의 제외한 검증 결과는 상관계수가 약 0.4에서 약 0.8로 향상되었고 결정계수가 약 0.2에서 약 0.4~0.7까지 높아졌다. MAE와 RMSE 값은 약간의 차이가 있지만 크게 변화는 없는 것으로 나타났다. 또한 높은 상관관계와 예측 정확도가 높은 결과를 가져오는 매개변수도 변화하였다.

사용한 보간 기법에서 이론적 베리오그램을 가우시안 모델로 사용한 예측값이 좋게 나왔다. 상관계수와 결정계수에서 해양과의 거리를 변수로 사용한 CoKriging이 가장 높은 상관관계가 나타났고 CoKriging(고도 변수), Ordinary Kriging, Universal Kriging 순으로 높은 상관관계를 보였다. 예측 정확도를 나타내는 MAE와 RMSE는 Universal Kriging, CoKriging(해양도 변수), CoKriging(고도 변수), Ordinary Kriging 순으로 예측값이 좋게 나왔다.

연평균 풍속에 대한 공간 보간은 상관관계와 예측 정확도를 고려해봤을 때

해양과의 거리 변수를 사용한 CoKriging이 높은 상관관계와 정확한 예측도를 보여주었다. 이때의 베리오그램과 매개변수는 가우시안 모델과 분리거리 2000m와 분리거리 개수 25개의 매개변수이다. <그림 4>는 선정된 보간 기법과 매개변수를 활용하여 만든 연평균 풍속지도이다.

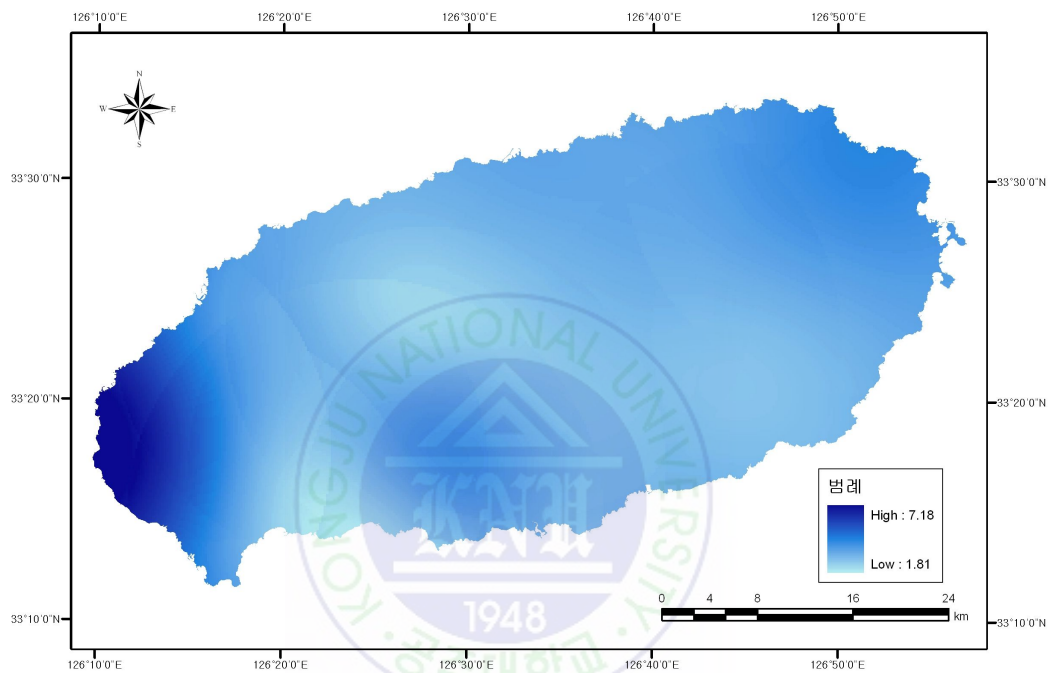


그림 8. 통계적인 보간 기법을 활용하여 구축한 연평균 풍속 지도

나. 최대 풍속의 보간 결과 및 검증

최대 풍속에 대한 공간 보간에 대한 예측 정확성 검증 결과는 <표 6>과 같다. 전반적으로 살펴보면 상관관계와 예측 정확도가 매우 낮다. 이는 연평균 풍속 보간 결과와 같이 하원이 특이점으로 작용하였기 때문이다.

표 6. 최대 풍속의 보간 검증 결과

관측소	실측값(㎍)	예측값(㎍)			
		Ordinary Kriging	Universal Kriging	CoKriging (고도변수)	CoKriging (해양도 변수)
		Exponential-05	Gaussian-05	Exponential-05	Exponential-11
중문	33.3	34.38	34.38	34.13	32.11
오등	39.7	34.69	34.69	34.69	34.29
하원	41.1	30.63	30.63	30.76	31.12
선흘	38.5	37.50	37.50	37.63	37.61
서광	41.2	41.43	41.43	41.96	42.06
한림	37.1	39.46	39.46	39.46	39.45
가시	34.5	35.70	35.70	35.70	35.58
상관계수		0.074	0.074	0.121	0.256
결정계수		0.006	0.006	0.015	0.065
MAE(㎍)		3.051	3.051	3.052	3.110
RMSE(㎍)		4.535	4.535	4.488	4.450

특이점인 하원을 제외하고 검증한 결과는 <표 7>과 같다. 상관계수가 약 0.1에서 약 0.6~0.8까지 향상되었고 결정계수는 매우 낮은 수치에서 약 0.3~0.6까지 높아졌다. 예측 정확도를 나타내는 MAE와 RMSE에서도 상당히 낮은 결과값을 나타나 예측정확도가 높은 것으로 나타났다. 또한 높은 상관관계와 정확한 예측 결과를 나타내는 매개변수도 변화하였다.

고도변수를 사용한 CoKriging을 제외한 나머지 보간 기법은 이론적 베리오

그램을 가우시안 모델로 사용하였을 때 가장 정확한 예측값이 나타났다. 상관 계수와 결정계수에서 해양과의 거리를 변수로 사용한 CoKriging 활용 시 가장 높은 상관관계가 나왔고 Ordinary Kriging에서 예측 정확도를 나타내는 MAE와 RMSE의 수치가 가장 낮게 나와 높은 예측 정확도를 가졌다.

표 7. 특이점을 제거한 최대 풍속의 보간 검증 결과

관측소	실측값(㎍)	예측값(㎍)			
		Ordinary Kriging	Universal Kriging	CoKriging (고도변수)	CoKriging (해양도 변수)
		Gaussian-13	Gaussian-02	Spherical-05	Gaussian-06
중문	33.3	32.35	34.24	32.81	32.25
오등	39.7	36.21	35.13	35.44	36.08
선흘	38.5	39.20	37.89	38.49	39.16
서광	41.2	42.54	40.59	42.71	42.80
한림	37.1	39.74	38.91	39.67	39.73
가시	34.5	35.61	36.48	36.84	35.43
상관계수		0.802	0.622	0.700	0.803
결정계수		0.644	0.387	0.490	0.644
MAE(㎍)		1.704	1.754	1.864	1.748
RMSE(㎍)		1.982	2.227	2.337	2.042

최대 풍속에 대한 공간 보간은 상관관계와 예측 정확도를 고려해봤을 때 Ordinary Kriging 사용 시 높은 상관관계와 예측 정확도를 보여주었다. 이때의 베리오그램과 매개변수는 가우시안 모델과 분리거리 3500m와 분리거리 개수 15개의 매개변수이다. <그림 5>은 선정된 보간 기법과 매개변수를 활용하여 만든 최대 풍속지도이다.

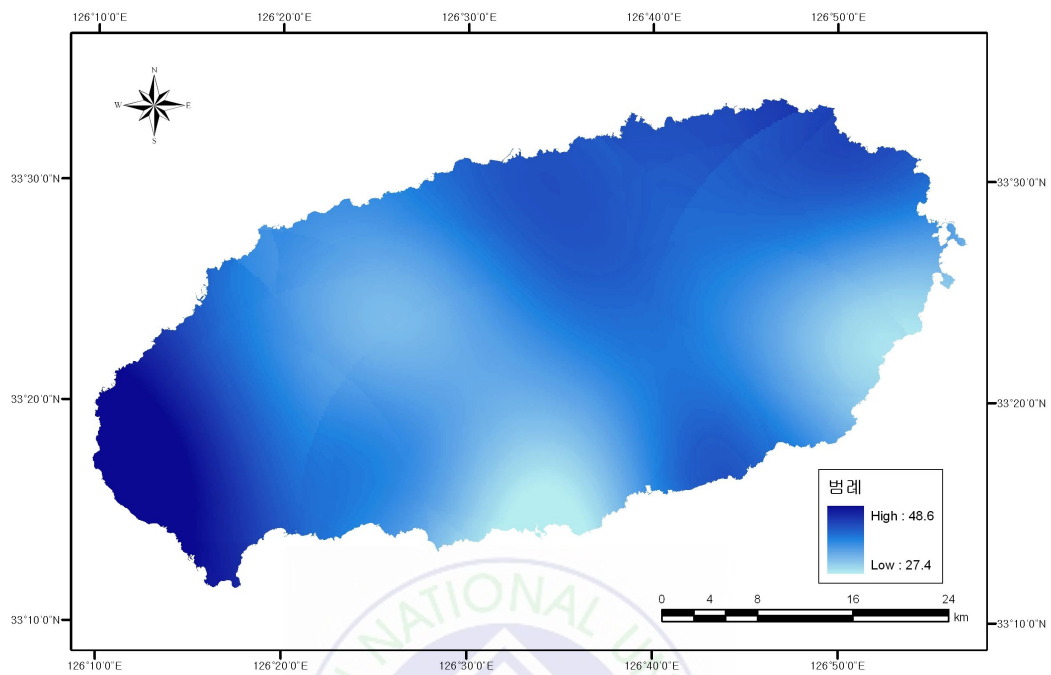


그림 9. 통계적인 보간 기법을 활용하여 구축한 최대 풍속 지도

제 3 장 바람과 돌담과의 상관 분석

3.1 조사마을별 울담의 높이 조사

4차례의 현지답사를 통해 제주도 해안에 위치한 조사마을별 돌담의 높이를 조사하였다. 조사한 돌담은 집주변을 울타리처럼 둘러싼 울담을 대상으로 조사하였다. 제주도의 돌담은 목적에 따라 다양하게 축조되었다. 돌담은 크게 방풍, 경계, 생산, 안전 등의 목적으로 인해 만들어졌다. 따라서 돌담의 종류도 그 목적만큼 다양하다. 돌담은 발담, 울담, 축담, 원담, 산담, 잣담 등으로 구별된다. 이 중 바람과 관련된 돌담은 발담과 울담이다. 발담은 재배작물에 따라 많은 변화가 있었다(고성보, 2009). 특히 감귤산업이 들어오면서 방풍을 목적으로 기존의 발담보다 높아졌다. 대부분의 돌담은 많이 훼손되고 변형되었지만 그 중에 울담은 아직 예전의 모습을 가장 잘 담고 있는 것을 주민 인터뷰 결과 알 수 있었다. 시대가 변하면서 건물 신축을 하더라도 울담은 그대로 남겨두기 때문에 예전의 모습을 가장 잘 담고 있다. 따라서 본 논문에서는 비교적 훼손이 덜한 울담을 조사 대상으로 삼았다.

조사대상 마을은 울담이 잘 보전되어 있으며 다른 외부효과에 의해 바람의 왜곡이 심하지 않은 해안지역에 위치한 마을로 선정하였다. 선정된 마을은 제주시 구좌읍 월정리, 행원리, 조천읍 북촌리, 애월읍 하가리, 한림읍 수원리, 한경면 판포리 고산 1리, 서귀포시 대정읍 신도 2리, 남원읍 태흥 3리, 위미 1리, 성산읍 온평리 등 11개의 마을이다. 조사마을의 196개의 울담을 조사하였다. 마을별 울담의 조사대상은 마을주민과의 인터뷰를 하여 옛 집들 중 높이가 변화가 없는 울담을 선별하고 이를 대상으로 조사하였다.

또한 선정된 마을에 구축된 울담의 평균 높이를 조사하였다. 울담은 집터 주변의 지형에 영향을 받아 높이가 일정하게 형성되어 있지 않다. 또한 울담이 겹담으로 형성된 경우 외부 울담의 높이와 내부 울담의 높이가 비슷한 것이 대부분이지만 지형적인 요인으로 인해 외부 울담의 높이와 내부 울담의 높이가 다른 경우가 발생한다. 일정한 울담의 높이 조사를 위해 내·외부의 높이

가 일치하지 않는 겹담인 경우 집 내부의 바람과 관련이 있는 내부 울담의 높이를 조사하였다.

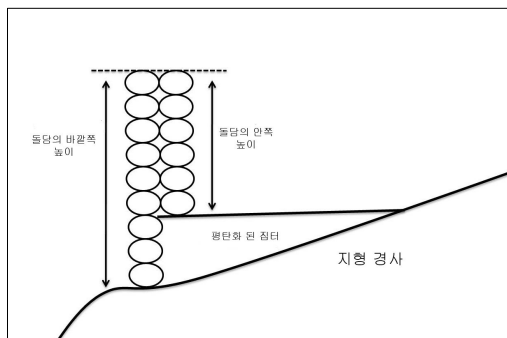


그림 10. 울담의 유형(1)

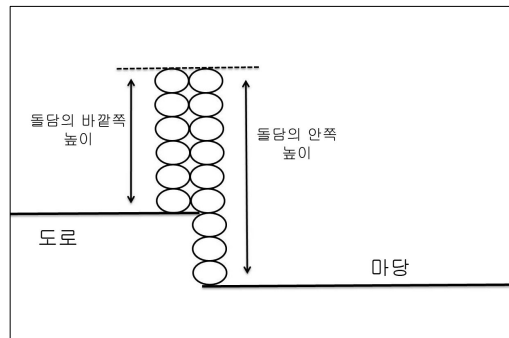


그림 11. 울담의 유형(2)

표 8. 마을별 울담의 높이 조사 결과

행정구역	마을명	평균높이
구좌읍	월정리	170
	행원리	156
조천읍	북촌리	158
애월읍	하가리	151
한림읍	수원리	152
한경면	판포리	169
	고산1리	138
대정읍	신도2리	156
남원읍	태흥3리	105
	위미1리	137
성산읍	온평리	147

11개의 마을별 울담의 높이를 조사한 결과 월정리의 울담의 평균 높이가 가장 높은 것으로 조사되었다. 판포리, 북촌리, 행원리, 신도2리 등도 다른 조사 마을에 비해 울담이 높은 것으로 조사되었고 태흥3리, 고산1리, 위미1리, 온평리 등은 다른 조사마을에 비교하였을 때 울담이 낮은 것으로 조사되었다.



그림 12. 월정리의 울담



그림 13. 위미1리의 울담

제주도 북동부 해안에 위치한 월정리는 울담의 평균 높이가 170cm로 조사 마을 중 가장 높은 울담이 구축되어 있었고 해안에 가까울수록 높은 울담이 형성하고 있었다. 행원리와 월정리는 구릉 위에 자리 잡고 있어 사면에 위치한 울담은 외벽과 내벽의 차이가 크게 나타난다. 행원리는 울담의 평균 높이가 156cm로 조사마을 중 4번째의 비교적 높은 울담이 쌓여있고 동쪽방향의 울담이 비교적 높게 형성되어 있다. 그리고 행원리에는 풍력발전단지가 조성되어 풍력발전기가 다수 존재한다. 북촌리는 울담의 평균 높이가 158cm로 높은 울담이 구축되어 있다.

제주도 북서부 해안에서 약 1.5km 내륙에 위치한 하가리는 울담의 평균 높이가 151cm로 조사마을 평균에 미치는 수준이다. 하지만 돌담을 테마로 하여 마을을 홍보하고 있어 비교적 울담이 체계적으로 보호되고 있는 지역이다. 수원리는 울담의 평균 높이가 152cm로 나타났다. 많은 가옥이 신축되면서 마을 대부분의 울담이 낮아진 것으로 조사되었다.

제주도 서부 해안에 위치한 판포리는 울담의 평균 높이가 169cm로 조사마

을 중 두 번째로 높은 울담이 구축되어 있고 해안에 비교적 높은 울담이 형성되어 있다. 고산1리는 울담의 평균 높이가 138cm로 울담이 낮게 구축되어 있고 심지어 밭담도 거의 없거나 30-50cm정도로 형성되었다. 인터뷰 결과, 밭이나 논에서 돌을 쉽게 구하기 어려웠고 현재 존재하는 울담의 돌은 해안에서 가져온 돌인 것으로 조사되었다. 방풍의 역할을 하는 돌담이 낮아 해안에 소나무로 방풍림을 조성하였다고 한다. 하지만 현재 방풍림은 찾아보기 힘들다. 신도2리는 울담의 평균 높이가 156cm로 비교적 높은 울담이 형성되어 있다.

제주도 남부에 위치한 위미1리는 울담의 평균 높이가 137cm로 울담이 낮게 형성되어 있다. 호별 울담과 함께 방풍림을 조성하여 바람을 막았다. 태흥3리는 울담의 평균 높이가 105cm로 조사마을 중 가장 낮다. 위미1리와 같이 호별 방풍의 역할로 나무를 울담과 나란히 조성하였다.

제주도 남동부에 위치한 온평리는 울담의 평균 높이가 147cm로 비교적 낮은 높이로 조성되어 있다.



그림 14. 하가리의 울담과 밭담



그림 15. 위미1리의 울담

북동부, 서부 해안에 위치한 마을은 울담과 밭담이 구분이 되어 주거공간과 농경공간이 나누어져 있었고 북서부와 남부, 남동부 해안에 위치한 마을은 울담과 밭담의 구분이 거의 없고 대부분 집 안이나 집 주변에 밭이 형성되어 있었다. 이는 농업의 규모와 재배작물의 차이에 영향을 받는 것으로 보인다.

3.2 조사마을별 설문조사

조사마을별 울담에 대한 설문조사를 하였다. 조사마을별 설문조사에 응한 주민 수는 105명이다. 설문조사에는 마을에서의 울담의 주기능이 무엇인지를 조사하였다. 이 설문은 마을별 울담의 주기능에 대한 주민들의 인식을 조사한 것으로 이 결과를 토대로 마을을 구분하여 사람의 인식이 울담의 높이에 영향을 미치는지에 대해 알아보고자 하였다.

울담의 주기능으로 기존 연구(최용복, 2006; 강연실, 2008; 김형남, 2009; 고성보, 2009)에서는 방풍, 경계, 보호로 언급되었다. 방풍은 바람을 막는 기능을 의미하고 경계는 집과 집사이의 경계를 의미한다. 보호는 외부에서 사람이나 우마의 침입을 방지하는 것을 의미한다.

표 9. 마을별 설문조사 결과

행정구역	마을명	설문자 수	울담의 주기능(%)		
			방풍	경계	보호
구좌읍	월정리	13	100	0	0
	행원리	12	100	0	0
조천읍	북촌리	5	80	20	0
애월읍	하가리	7	0	71	29
한림읍	수원리	12	17	67	17
한경면	판포리	11	91	9	0
	고산1리	8	88	13	0
대정읍	신도2리	7	57	43	0
남원읍	태흥3리	10	40	40	20
	위미1리	7	14	71	14
성산읍	온평리	13	85	15	0

설문조사 결과 방풍, 경계, 보호 중 방풍과 경계 기능을 주로 하는 것으로 분석되었다. 보호는 마을마다 제로(0 %)이거나 낮은 비율을 차지하지 하였다. 설문결과를 활용하여 마을은 방풍, 경계, 복합(방풍과 경계) 3가지의 유형으로 구분하였다. 구분 기준은 3분의 2 이상인 기능을 기준으로 마을 유형을 나누었다. 한 기능이 3분의 2가 되지 않는 마을은 두 가지 복합 기능을 보았다. 그리고 마을별 돌담과 함께 방풍림이 구성되어 있는지를 확인하였다. 방풍림은 바람을 막기 위해 조성하므로 돌담의 방풍 기능을 대신하는 것이다.



그림 16. 판포리의 울담



그림 17. 월정리의 울담(2)



그림 18. 하가리의 울담과 방풍림



그림 19. 태홍3리의 울담과 방풍림

<그림 16>와 <그림 17>는 울담이 방풍 기능을 하는 마을 중 월정리와 판포리의 울담 전경이다. 사진에서 보이듯이 집의 울타리는 울담만으로 형성되

어 있는 것을 볼 수 있다. 조사 결과 대부분의 울담이 방풍 기능을 하는 마을의 특징은 대부분 울담만이 집 주변 울타리를 조성하고 있다. <그림 18>은 울담이 경계 기능을 하는 마을 중 하가리의 울담 전경이고 <그림 19>은 울담이 방풍과 경계의 기능을 하는 마을 중 태흥3리의 울담 전경이다. 하가리와 태흥3리의 유형분류는 다르지만 집 주변의 울타리는 비슷한 모습을 하고 있다. 조사결과 대부분의 경계 기능이나 방풍과 경계의 기능을 함께 하는 마을에서는 호별 방풍의 목적으로 울담뿐만 아니라 나무로도 울타리가 조성되어 있다. 방풍과 경계의 기능이 복합적으로 작용하고 있는 마을은 방풍림의 유무에 의해 경계와 방풍으로 구분하였다.

표 10. 마을별 방풍림의 유무

행정구역	마을명	설문결과	방풍림의 유/무	유형 구분
구좌읍	월정리	방풍	×	방풍
	행원리	방풍	×	방풍
조천읍	북촌리	방풍	×	방풍
애월읍	하가리	경계	△	경계
한림읍	수원리	경계	△	경계
한경면	판포리	방풍	×	방풍
	고산1리	방풍	×	방풍
대정읍	신도2리	방풍, 경계	△	경계
남원읍	태흥3리	방풍, 경계	○	경계
	위미1리	경계	○	경계
성산읍	온평리	방풍	△	방풍

○ : 다수 조성 △ : 약간 조성 × : 조성 안됨

마을 유형 구분에서 방풍림이 있는 지역은 경계기능으로 구분하였으나 온평리는 설문조사에서 방풍기능이 85%가 차지하여 방풍기능으로 마을을 구분하였다.

3.3 울담과 바람의 상관분석

바람과 울담과의 상관관계를 보기 위해 바람과 울담과의 상관분석을 수행하였다. 통계적인 공간 보간을 활용하여 구축한 연평균 풍속지도와 최대 풍속지도에서 조사대상 마을의 연평균 풍속과 최대 풍속을 추출하였다(표 10).

표 11. 조사마을별 평균 풍속과 최대 풍속의 예측 결과 및 울담 평균 높이

조사마을	울담 평균 높이	평균풍속 보간 결과	최대 풍속 보간 결과
월정리	170	3.84	41.5
행원리	156	3.92	40.5
북촌리	158	3.42	40.0
하가리	151	3.13	35.3
수원리	152	3.63	38.2
판포리	169	5.56	43.7
고산1리	138	7.11	48.2
신도2리	156	6.94	48.1
태흥3리	105	2.81	38.4
위미1리	137	2.82	35.4
온평리	147	3.36	30.1

<표 11>은 울담의 평균 높이와 연평균 풍속, 최대 풍속과의 상관계수와 결정계수를 나타낸 것이다

표 12. 울담의 높이와 풍속과의 상관분석 결과

	연평균 풍속	최대 풍속
상관계수	0.259	0.210
결정계수	0.122	0.045

분석 결과 울담의 평균 높이와 연평균 풍속은 상관계수 0.259와 결정계수 0.122로 매우 약한 상관관계를 보이고 있다. 울담의 평균 높이와 최대 풍속과의 상관관계도 상관계수 0.210과 결정계수 0.045로 매우 낮게 나왔다. 이는 풍속이라는 하나의 인자로 인해 경관이 결정되지 않는 것을 나타낸다.

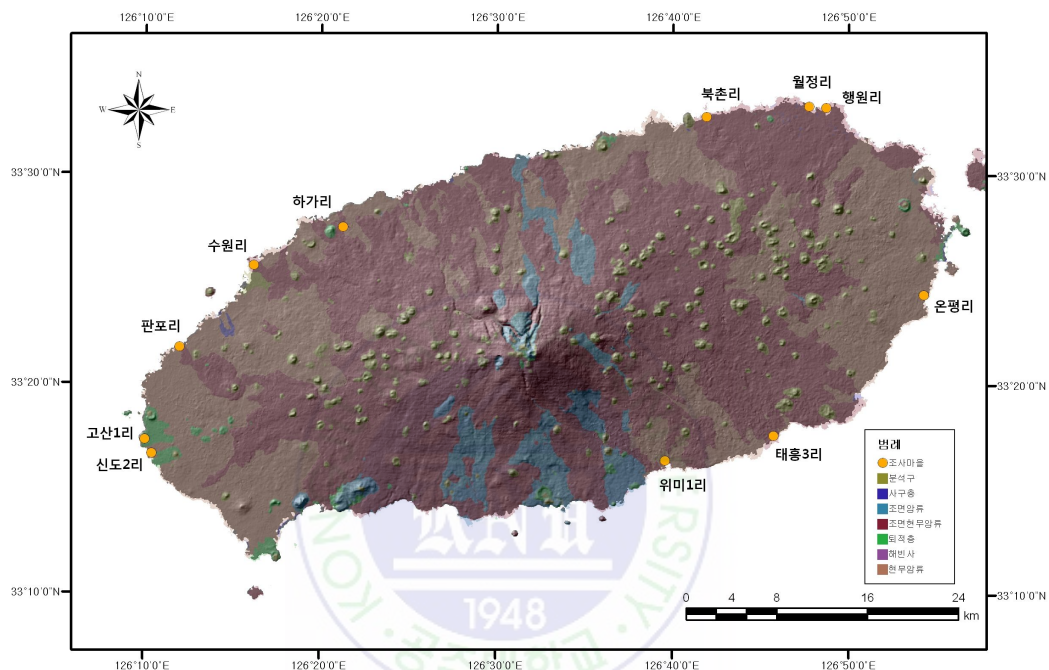


그림 20. 조사마을과 제주 지질도(1:50,000 제주도 지질도)

울담의 높이는 여러 가지의 요인으로 인해 결정된다. 그 중 그 지역의 지질 상태에 따라 울담의 높이가 결정이 될 수 있다(강성기, 2010). 제주도는 대부분이 현무암으로 되어 있어 돌을 구하기 양호하지만 제주도 서부의 고산리에서는 수월봉응회암으로 형성된 퇴적층이 만들어져 해안이 아니면 돌을 구하기 힘들다. 고산리는 제주도 대부분의 지역에서 흔하게 볼 수 있는 발담이 형성되어 있지 않은 곳이 많으며 울담 또한 낮게 형성되어 있다. 마을 주민의 인터뷰 한 결과 울담을 쌓기 위해서 해안에서 가져온 돌로 울담을 만들었다고

한다. 타 지역에서는 밭이나 논을 경작하면서 나온 돌로 밭담이나 울담을 만
들었다고 하는 점(고성보, 2009)에서 볼 때 고산 2리는 이와 큰 차이가 나타난다.

표 13. 조사마을별 지질 상태

마을명	지질 상태	마을명	지질 상태
월정리	조면현무암	고산1리	응회암(퇴적층)
행원리	조면현무암	신도2리	현무암
북촌리	조면현무암	태흥3리	조면현무암
하가리	조면현무암	위미1리	현무암
수원리	조면현무암	온평리	현무암
판포리	조면현무암		

<표 12>는 조사대상 마을별 지질 상태를 나타낸 것이다. 고산 1리와 다른
조사대상 마을과 비교해보면 다른 조사대상 마을은 현무암계열의 암석인데 반
해 고산 1리의 지질은 응회암으로 이루어진 퇴적층인 것을 알 수 있다. 지질
이라는 울담 형성 결정요인을 배제하고 풍속과의 상관관계를 설명하기 위해
고산1리를 제외하고 상관관계를 재분석하였다(표 13).

표 14. 지질의 요인을 배제한 울담의 높이와 풍속과의 상관분석 결과

	연평균 풍속	최대 풍속
상관계수	0.493	0.369
결정계수	0.333	0.127

지질적인 요인을 배제하고 울담의 평균 높이와 연평균, 최대 풍속과의 상관
관계를 살펴본 결과 상관관계가 높게 나타났다. 연평균 풍속과의 상관관계는

상관계수가 0.259에서 0.493으로 향상되었고 결정계수도 0.122에서 0.333으로 높아졌다. 최대 풍속과의 상관관계도 상관계수가 0.210에서 0.369으로, 결정계수가 0.045에서 0.127로 높아졌다.

경관을 형성하는데 가장 중요한 역할 중 하나는 주민의 성향이다. 인공적인 경관을 형성하는 것은 바로 사람이기 때문이다. 경관에 미치는 사람의 성향을 알아보기 위해서는 설문조사가 필요하다. 이러한 이유로 조사마을별로 설문조사를 활용하여 그 지역의 울담의 주기능을 어떻게 인식하고 있는지를 알아보았다. 그리고 마을별 돌담과 함께 방풍림이 구성되어 있는지를 확인하였다. 방풍림은 바람을 막기 위해 조성하므로 돌담의 방풍 기능을 대신하는 것이다. 설문조사 결과와 방풍림 유무를 기준으로 방풍이 주기능인 마을, 경계가 주기능인 마을로 나누어 바람과의 상관관계를 분석하였다.

표 15. 조사마을별 유형 분류

마을명	유형 분류	마을명	유형 분류
월정리	방풍	고산1리	방풍
행원리	방풍	신도2리	경계
북촌리	방풍	태흥3리	경계
하가리	경계	위미1리	경계
수원리	경계	온평리	방풍
판포리	방풍		

<표 15>는 마을 유형별 울담의 평균 높이와 연평균, 최대 풍속의 상관관계를 나타낸 것이다. 울담이 경계를 주기능으로 하는 마을 하가리, 수원리, 신도2리, 태흥3리, 위미1리이다. 이 마을들로 울담의 평균높이와 바람과의 상관 분석한 결과 연평균 풍속과의 상관관계는 상관계수가 0.534이고 결정계수가 0.285로 나타났고 최대 풍속과의 상관관계는 상관계수가 0.289이고 결정계수가

0.083으로 분석되었다. 이 마을은 방풍의 기능을 방풍림이 대신해주는 경향을 보여 바람과 관계없이 울담의 높이가 결정된 것으로 생각된다.

표 16. 마을 유형별 울담의 높이와 연평균, 최대 풍속과의 상관분석 결과

	방풍 (5마을)		경계 (5마을)	
	연평균 풍속	최대 풍속	연평균 풍속	최대 풍속
상관계수	0.645	0.865	0.534	0.289
결정계수	0.416	0.747	0.285	0.083

반면 울담이 방풍을 주기능으로 하는 마을은 월정리, 행원리, 북촌리, 판포리, 고산1리, 온평리이다. 그러나 고산1리는 지질의 영향을 크게 받아 형성된 울담의 높이로 간주하고 고산1리를 제외한 이 5개의 마을을 대상으로 울담의 평균높이와 바람과의 상관분석을 하였다. 연평균 풍속과의 상관관계는 상관계수가 0.645이고 결정계수가 0.416로 나타났고 최대 풍속과의 상관관계는 상관계수가 0.865이고 결정계수가 0.747으로 분석되었다. 이는 방풍을 주기능으로 하는 마을은 울담의 높이와 바람과의 상관관계가 다소 강하게 나타는 것을 알 수 있다.

제 4 장 결론

본 논문에서는 바람지도를 활용하여 제주도의 돌담 중 마을별 울담 높이의 차이를 이해하고자 하였다. 이를 위해 통계적인 보간 기법을 활용한 바람지도를 구축하여 마을별 연평균 풍속과 최대 풍속을 알아보고 마을별 울담의 평균 높이를 조사하여 바람과 마을의 울담 높이와의 상관관계를 분석하였다.

바람지도의 구축에서는 대기환경 분야에서 비교적 높은 보간 정확도를 보인 4가지 Kriging 기법을 적용하고 그 결과를 검토하였다. 그 결과 연평균 풍속은 해양과의 거리를 변수로 한 CoKriging에서 가장 높은 정확도를 보였다. 그리고 최대 풍속은 Ordinary Kriging에서 가장 높은 예측 정확도가 나타났다.

구축한 바람지도를 활용하여 바람과 울담 높이의 상관관계 분석 결과는 다음과 같이 나타났다. 먼저 울담기능, 울담의 형성과 관련된 지질을 배제하였을 때 울담의 높이는 연평균 풍속과 최대 풍속 모두에서 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 다음으로 울담의 형성과 관련된 지질을 고려하여 돌을 구하기 어려워 돌담이 높이 쌓기 어려운 마을은 연구대상에서 제외한 후 바람과 울담 높이와의 관계를 비교한 결과 그 상관관계가 다소 높아졌다. 그러나 여전히 결정계수가 0.3 이하로 상관관계가 있다고 말하기 어려웠다. 마지막으로 돌담을 쌓는데 필요한 돌을 구하는데 문제가 없으며 주민들이 울담의 주기능을 방풍이라고 답한 마을들만을 대상으로 바람과 울담 높이와의 관계를 비교한 결과 울담 높이는 평균풍속과 최대풍속 모두 결정계수가 0.4이상의 상관관계를 나타냈다. 특히 최대풍속은 결정계수가 0.74로 높은 상관관계를 나타냈다.

이상의 연구 결과는 연구자가 최초 세운 가정인 풍속과 최대풍속의 분포가 돌담의 높이 차이에 반영되었을 것이라는 가정이 제주도 전체에 일반화시킬 수 없다는 것을 보여준다. 제주도에서는 돌을 쉽게 구할 수 있고, 주민들이 방풍역할을 주목적으로 울담을 세운 경우 최대풍속이 높은 곳에서 울담 역시 높게 나타는 경향이 있다. 하지만 다른 지역들에서는 지질 환경, 울담의 주기능에 따라 그 높이가 다양하게 나타난다는 것을 보여준다. 그러나 주민들이 울담의 주기능을 방풍과 경계로 구분하는 이유에 대해 명확히 연구해 내지 못한

점이 아쉬움으로 남는다.

그럼에도 불구하고 본 논문은 바람지도를 손쉽게 구축할 수 있는 방안을 제시하여 향후 바람과 관련된 지리학적 연구에서 바람지도의 활용 가능성을 넓혔으며, 제주도에서 울담의 높이 차이가 나타나는 인문·자연적 요인에 대해 조명했다는 점에서 연구의 의의가 있다.

또한 본 연구 결과를 도출하기 위해 통계적 바람지도를 구축해 봄으로써 바람이 지형의 영향을 적게 받는 지역에서는 통계적 바람지도 작성이 활용 가능한가를 시도해 보았다. 그 결과 지형의 영향을 적게 받는 해안지역에서의 바람지도 작성에 통계적인 보간 기법이 유용할 수 있음을 알 수 있었다. 국내의 바람지도 작성이 많은 시간과 비용을 필요로 하는 수치기상모델에 의존하고 있는 현실에서 본 연구 결과는 제주도 및 해안지역 또는 이와 지형조건이 유사한 지역의 바람지도 작성에는 손쉽게 바람지도를 작성할 수 있는 방안을 제시함으로써 바람지도 구축 및 활용 방향성을 제시한 것이라 생각된다.



참고문헌

- 강성기, (2010) 「초등 사회과 교육에서의 비교 지역 관점을 위한 문화경관 이해의 유용성」 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 강연실, (2008) 「제주도 문화 상질물의 가치와 문화 콘텐츠화 방안 : 돌문화를 중심으로」 제주대학교 대학원 석사학위논문.
- 강정희, (2005) 「초등 지역 이해 교육에서 위치와 영역 파악의 중요성: 제주도를 사례로」 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 고성보, 강정효, 최용복, 양진철, (2009) 「제주의 돌담: 가치평가와 문화관광자원 방안」 제주대학교출판부.
- 김기덕, 이승호, (2001) 「기후 특성과 관련된 제주도의 민가 경관」 한국지리지리학회지, 7(3), 29-43.
- 김성수, 장승민, 백희정, 최홍연, 권원태, (2006) 「제주지역 기온과 강수량의 기후 변동 특성」 한국지구과학회지, 27(2), 188-197.
- 김오진, (2009) 「조선시대 제주도의 기후와 그에 대한 주민의 대응에 관한 연구」 건국대학교 대학원 석사학위논문.
- 김현구, 최재우, (2004) 「한반도 바람지도 구축에 관한 연구」 RIST 연구논문, 18(3), 225-231.
- 김현구, 이화운, 정우식, (2005) 「한반도 바람지도 구축에 관한 연구」 한국대기환경학회지, 21(1), 63-72.
- 김현구, 황효정, 이화운, 김동혁, 김덕진, (2009) 「위성영상 해상풍 추출에 의한 수치바람모의 검증」 한국환경과학회지, 18(8), 847-855.
- 김형남, (2009) 「제주도 마을의 돌문화 요소에 관한 연구」 한국농촌건축학회 논문집, 11(1), 25-36.
- 문현숙, (1989) 「제주와 서해안의 기후 비교연구」 지리학연구, 14, 51-73.
- 박노옥, 장동호, (2008) 「수치표고모델과 다변량 크리깅을 이용한 기온 및 강수 분포도 작성」 대한지리학회지, 43(6), 1002-1015.
- 박종철, 김만규, (2009) 「공동 크리깅을 이용한 강수 분포도 작성에서 지형사면방향 변수 사용에 대한 연구: 제주도를 사례지역으로」 한국지형학회지,

- 16(3), 59-66.
- 박진형, (2004) 「해양환경관리를 위한 MGIS의 최적적용방안 연구」 전남대학교 대학원 박사학위논문.
- 윤준희, (2010) 「북한 지역에서의 30년 평균 바람 및 풍력지도」 공주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이상영, (2006) 「제주 전통돌담의 가치평가 및 보전 방안」 농촌계획, 12(2), 27-35.
- 이승호, (1987) 「제주도 해안지역의 겨울철 바람에 관한 연구」 제주도연구, 4, 219-259.
- 이승호, (1999) 「제주도 지역의 강수 분포 특성」 대한지리학회지, 34(2), 123-136.
- 이민아, 이우균, 송철철, 이준학, 최현아, 김태민, (2007) 「기온 및 강수량의 시공간 변화예측 및 변이성」 한국GIS학회지, 15(3), 267-278.
- 장지희, 홍태영, 남궁평, (2003) 「Spatial Data Analysis using the Kriging Method」 한국통계학회 논문집, 10(2), 423-432.
- 정광중, (2005) 「사우어(Carl O. Sauer)의 지리적 사상과 문화지리학」 제주교육대학교 논문집, 34, 21-39.
- 제주지방기상청, 2007 「제주도 AWS 상세기후특성집」 성진인쇄사.
- 조내현, (2010) 「군사시뮬레이션을 위한 합성대기환경 모델링 기법」 공주대학교 대학원 박사학위논문.
- 조홍래, 정중철, (2006) 「강수자료에 대한 공간 보간 기법의 적용」 한국GIS학회지, 14(1), 29-41.
- 최병성, (2002) 「제주도 지역에서의 해풍 발생 특성에 관한 연구」 제주대학교 산업대학원 석사학위논문.
- 최용복, (2006) 「제주도 농촌지역내 돌담 문화자원의 활용을 위한 실태조사 연구」 농촌계획, 12(3), 57-65.
- 최용복, 정문섭, (2006) 「GIS를 활용한 농촌경관 분석 사례연구 -제주도 돌담 경관을 중심으로-」 한국GIS학회지, 14(3), 349-361.
- 최종근, (2002) 「공간정보 모델링: 크리깅과 최적화 기법」 구미서관.
- 최종근, (2007) 「지구통계학」 시그마프레스.

- 홍기옥, (2007) 「GIS와 PRISM을 이용한 고해상도 격자형 기온자료 추정」 한국기상학회, 17(3), 255-268.
- ECMWF Homepage - http://www.ecmwf.int/products/forecasts/guide/The_Mean_Absolute_Error_MAE.html
- Ernest Sin Chit To, (2007) 「A Three-Dimensional Geostatistical Model for Estimating Salinity in Corpus Christi Bay」 Center for Research in Water Resources, http://www.crwr.utexas.edu/gis/gishydro07/SpaceAndTime/3D_Geostatistics.htm.
- Halit Apaydin, F. Kemal Sonmez, Y. Ersoy Yildirim, (2004) 「Spatial interpolation techniques for climate data in the GAP region in Turkey」 Climate Research, 28, 31-40.
- James J. P., (1976) 「Carl Ortwin Sauer, 1889-1975」 Geographical review, 66(1), 83-89.
- Johnston, K., VerHoef, J.M., Krivoruchko, K., Lucas, N., (2003) 「ArcGIS 9: Using ArcGIS Geostatistical Analyst」 ESRI.
- Kurtzman, D., Kadmon, R., (1999) 「Mapping of Temperature Variables in Israel: a Comparison of Different Interpolation Methods」, Climate Research, 13, 33-43.
- Kumar, V., Remadevi, (2006) 「Kriging of Groundwater Levels - A Case Study」 Journal of Spatial Hydrology, 6(1), 81-92.
- Luo, W., Taylor, M. C., Parker, S. R., (2008) 「A comparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surfaces using irregularly distributed data from England and Wales」 International Journal of Climatology, 28, 947-959.
- Nalder, I.A., Wein, R.W., (1998) 「Spatial interpolation of climatic Normals: test of a new method in the Canadian boreal forest」 Agricultural and Forest Meteorology, 92, 211-225.
- PANG Su, LI Ting-zuan, WANG Yong-dong, YU Hai-ying, LI Xi, (2009) 「Spatial Interpolation and Sample Size Optimization for Soil Copper(Cu) Investigation in Cropland Soil at County Scale Using Cokriging」

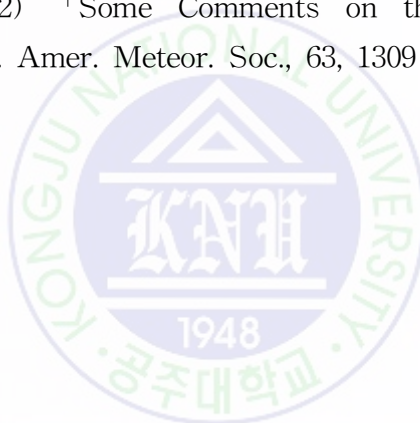
Agricultural Sciences in China, 8(11), 1369-1377.

Roney, J. A., (2007) 「Statistical wind analysis for near-space applications」 Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 69, 1485-1501.

Taylor, S.P., Haywood, A.M., Valdes, P.J., Sellwood, B.W., (2004) 「An evaluation of two spatial interpolation techniques in global sea-surface temperature reconstructions: Last Glacial Maximum and Pliocene case studies」 Quaternary Science Reviews, 23, 1041-1051.

Vicente-Serrano, S.M., Saz-Sanchez, M.A., Cuadrat, J.M., (2003) 「Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley(Spain): application to annual precipitation and temperature」 Climate Research, 24, 161-180.

Willmott, C.J., (1982) 「Some Comments on the Evaluation of Model Performance」 Bull. Amer. Meteor. Soc., 63, 1309 - 1313.



ABSTRACT*

A Study of stony walls-landscapes using wind map in coastal villages of Jeju Island, South Korea

Sung-Woo LEE

*Department of Geographical Information
Graduate School of Kongju National University
Gongju. Korea*

(Supervised by Professor Man-Kyu KIM)

The purpose of this study is to understand height of stony walls around house of Jeju island. so wind speed and the maximum wind speed of each town check observed value using wind map of geostatistical interpolation method. average height of stony walls around house of each town searched and then it's analyze to correlations between the wind and the height of stony walls around house.

First, wind map is builded by using geostatistical interpolation method. To correlate by interpolating 4 Kriging techiques use coefficient of correlation and coefficient of determination. To verify prediction accuracy use RMSE, MAE. and then it select interpolation technique of quite high predictive ability. As a result, annual average of wind speed shows the

* A thesis submitted to the committee of Graduate School, Kongju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science Conferred in february 2011.

highest accuracy in Cokriging technique which put distance from the sea as a variable. and maximum of wind speed shows the highest accuracy in Ordinary Kriging technique.

Also, it's analyzed to correlations between the wind and the height of stony walls around house by using constructed wind map. In this analysis, it exclude other factors to show correlation between the wind and the height of stony walls around house.

As a result of correlation analysis, there are weak correlations between stony walls and annual average of wind speed or the maximum wind speed. This shows that the height of stony walls can be affected by other factors.

This study take geological features and propensity of inhabitants into consideration and excluded them.

First, it exclude towns that has different condition of geological features and analysed the correlations. Consequently, the result of correlation is better than the result of it when we surveyed the whole towns. This shows that the height of stony walls around house can be decided by accessibility of stones that are used to build stony walls.

Second, it classified types of towns by conducting a survey of main function of stony walls of each town to exclude tendency of residents. It was our job to select stony walls around house that has relationships with wind from other stony walls that are constructed by other intentions by a survey. As a result of our survey of each town, there was high correlationship between the wind and the stony walls around house in towns where they used stony walls as a protection against the wind.

In this research finding, it cannot see that the wind is the only one variable that decides the height of the stony walls around house. There are more factors like geological features, tendency of residents, agricultural

environments, wind and so on. There was slow progress on analysis of understanding landscape by using data on the environment. This study show that we need a scientific approach to show that the natural environment can affect the human environment.

This study can be an earlier work that understands landscape by using one factor of natural environment that affects development of landscape. Furthermore, it can be an important geographical research of revealing cause of development of landscape that has regional characteristics by analyzing atmospheric environment of the special zones and the landscape.



부록 1. 공간 보간방법

1. 역거리자승법(Inverse Distance Weighted, IDW)

IDW는 공간적으로 인접한 지점 사이의 값은 공통된 위치요인으로 인하여 유사성을 갖게 되는 반면에 두 지점 사이의 거리가 멀어질수록 유사성은 상대적으로 감소하게 된다는 것을 기초로 한다. IDW는 거리와 자료의 값의 유사성이 있다는 것이다. 즉, 예측 지점과의 거리에서 먼 지점의 값보다 가까운 지점의 값에 더 가중치를 두는 것이다. IDW에 대한 기본 수식은 <수식 5>과 같다.

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad \dots\dots\dots \text{수식(5)}$$

여기서

$\hat{Z}(s_0)$: s_0 지점에서 예측하고자 하는 값

N : 예측에 활용될 예측지점 주변의 관측지점의 수

λ_i : 사용될 각각의 관측지점의 가중치 할당

$Z(s_i)$: s_i 지점에서의 관측값

가중치 결정 수식은 다음과 같다.

$$\lambda_i = d_{i0}^{-p} / \sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p}, \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad \dots\dots\dots \text{수식(6)}$$

여기서

d_{i0} : 예측지점 s_0 와 관측지점 s_i 사이의 거리

지수에 포함된 p 는 거리에 따른 가중치의 변화 정도를 결정한다. 즉 관측지점과 예측지점 사이의 거리 증가에 따라 관측지점에 대한 예측의 가중치는 급격히 줄어들게 된다.

2. 방사기저함수(Radial Basis Function, RBF)

RBF는 예측된 Z값이 생성하는 표면의 곡률 총합이 최소가 되도록 미관측지점의 값을 예측하는 보간 기법이다. 앞에서 설명한 IDW와 비교 할 때 RBF의 특징은 IDW가 예측 값이 관측값의 범위를 벗어날 수 없는 것에 반하여 RBF는 관측된 최대값, 최소값보다 예측값이 크거나 작게 나타날 수 있다. RBF는 고도 데이터와 같이 공간상 완만하게 변화하는 데이터의 보간에 적합하다(Johnston et al., 2001). RBF를 수식으로 나타내면 <수식 7>과 같다.

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \omega_i \phi(\|s_i - s_0\|) + \omega_{n+1} \quad \dots\dots\dots \text{수식(7)}$$

여기서

ϕ : radial basis function

$\|s_i - s_0\|$: 예측지점 s_0 와 관측지점 s_i 사이의 거리(r)

$\{\omega_i : i = 1, 2, \dots, n+1\}$: 예상되는 가중치

RBF는 <수식 7>에 포함된 radial basis function ϕ 를 어떻게 구성하는가에 따라 여러 지구통계분석이 사용된다(Johnston et al., 2001).

3. 크리깅(Kriging)

크리깅(Kriging)은 미관측 지점의 특성 치를 알기 위해 이미 알고 있는 주위의 값들의 가중 선형조합으로 예측지점의 값을 나타내는 보간 기법이다. 이를 수식으로 표현하면 <수식 8>와 같다.

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad \dots\dots\dots \text{수식(8)}$$

여기서

- $\hat{Z}(s_0)$: s_0 지점에서 예측하고자 하는 값
- N : 예측에 활용될 예측지점 주변의 관측지점의 수
- λ_i : 사용될 각각의 관측지점의 가중치 할당
- $Z(s_i)$: s_i 지점에서의 관측값

기본적인 수식 표현은 IDW와 동일하다. 여기서 가중치는 거리에 따른 함수이고 예측값과 참값 사이의 오차가 최소가 되도록 결정되면 많은 경우에 추정값이 편향되지 않아야 한다는 조건을 추가로 사용하여 그 값을 결정한다. 크리깅을 이용하여 공간 보간하는 순서는 관심변수의 표본공간을 정의하고 그 자료를 획득한다. 그리고 실험적 베리오그램을 계산하여 이와 가장 유사한 이론적 베리오그램을 구해야 한다. 베리오그램 모델링을 위한 기본규칙을 지키고 자료의 기본 특성을 반영하는 모델을 적절히 찾아주는 것이 중요하다(최종근, 2002). 베리오그램은 수집한 자료와 공간의 상관성을 이해하는데 중요한 척도가 된다. 베리오그램을 수식으로 나타내면 <수식 9>와 같다.

$$2\gamma(h) = E[(z(s) - z(s+h))^2] \quad \dots\dots\dots \text{수식(9)}$$

여기서

h : 분리거리(lag distance)

베리오그램은 분리거리(h)만큼 떨어져 있는 두 지점 사이의 자료값 차이를 제공한 것에 대한 기대값이다. 이 베리오그램은 다시 반베리오그램으로 나타낼 수 있는데 이는 베리오그램의 반에 해당하는 값이다. 분리거리(h)만큼 떨어진 자료의 개수가 n 개 일 경우의 반베리오그램의 수식은 다음과 같다.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^N [z(s) - z(s+h)]^2 \quad \dots\dots\dots \text{수식(10)}$$

<수식 10>에서 계산된 반베리오그램을 분리거리에 따른 그래프로 나타내면 <그림 21>와 같다(Johnston et al., 2001).

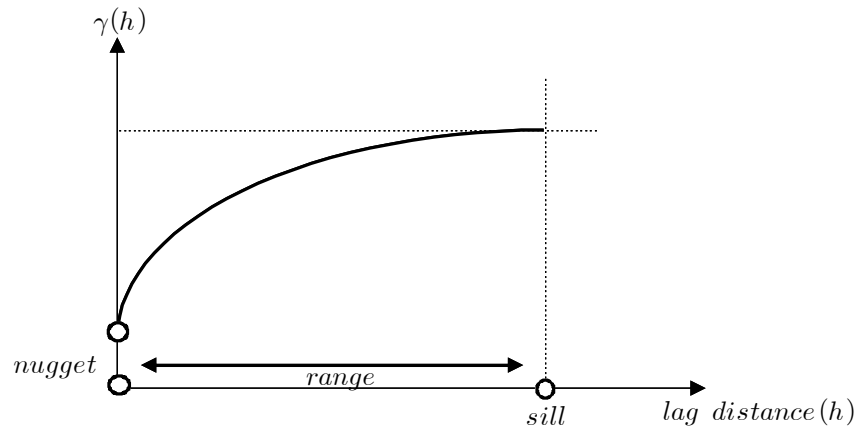


그림 21. 반베리오그램

<그림 21>에서 분리거리가 증가하지만 일정한 거리 이상이 되면 반베리오그램의 값이 일정하게 되는데 이를 상관거리(range)라 하고 반베리오그램의 값을 문턱값(sill)이라 한다. 상관거리는 자료들이 상관관계를 보이는 최대 분리거리를 나타내고 문턱값은 분리거리가 증가하여 일정한 거리가 되면 자료값들은 아무런 관계를 나타내지 않게 되는 반베리오그램 값이다. 반베리오그램에서 분리거리가 0일 경우, 이론적으로 그 값이 0을 나타내야 하지만 실험적으로 그 값을 구하면 0이 아닌 상수값이 나타난다. 실험적 베리오그램을 활용하여 이론적 베리오그램을 구할 경우, 분리거리가 0에서 베리오그램이 0이 아닌 상수값을 나타낼 수 있다. 이 상수값을 너깃(nugget)이라 한다. 너깃의 값은 주어진 자료가 짧은 분리거리에서 나타나는 자료의 불확실성을 말한다(최종근, 2002).

주어진 자료로부터 계산된 실험적 베리오그램을 활용하여 실험적 베리오그램과 가장 유사한 이론적 베리오그램을 찾아내는 것은 매우 중요한 일이다. 이론적 베리오그램에 따라서 결과가 다르게 나오기 때문이다. 이론적 베리오그램에는 구형 모델, 지수 모델, 가우시안 모델 등이 있다.

① 구형 모델

가장 많이 사용되는 모델로서 3차 다항식의 형태로 표현되며 수식은 다음과 같이 표현한다.

$$\gamma(h) = C_0 Sph_a(h) = \begin{cases} C_0 \left[1.5 \left(\frac{h}{a} \right) - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], & \text{for } h \leq a \\ C_0, & \text{for } h > a \end{cases} \quad \dots\dots\dots \text{수식(11)}$$

② 지수 모델

지수 모델은 분리거리가 증가할수록 문턱값에 수렴하는 모델로 수식은 다음과 같다.

$$\gamma(h) = C_0 \text{Exp}_a(h) = C_0 \left[1 - \exp \left(-\frac{3h}{a} \right) \right] \quad \dots\dots\dots \text{수식(12)}$$

③ 가우시안 모델

가우시안 모델은 작은 분리거리에서 자료들이 높은 상관성을 나타내거나 높은 연속성의 모델을 사용하고자 할 때 사용한다. 가우시안 모델을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\gamma(h) = C_0 \text{Gauss}_a(h) = \begin{cases} C_0 \left[1 - \exp \left(-3 \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right) \right], & \text{for } h = a \\ C_0 \left[1 - \exp \left(- \left(\frac{h}{a^*} \right)^2 \right) \right], & \text{for } h = \sqrt{3a^*} \end{cases} \quad \dots\dots\dots \text{수식(13)}$$

실험적 베리오그램으로부터 주어진 자료의 특성을 반영하여 이론적 베리오그램을 찾는 과정에서 공분산 행렬이 양의 정 부호를 만족하는가의 여부가 중요하다(최종근, 2002). 이로써 등방성 모델이나 이방성 모델이나를 결정하게 된다. 등방성은 임의의 방향으로 치우침 없이 거리에 따른 상관관계를 형성하는 성질을 말하고 이방성은 임의의 방향에 따라 특성치가 강한 상관관계를 나타내는 성질을 말한다.

부록 2. 설문조사

제주도 돌담 관련 설문 조사

안녕하십니까. 본 설문은 제주도 울담의 역할 및 변화 상태를 알아보기 위한 간단한 설문조사입니다.

1. 울담의 주목적은 무엇이라 생각되는가? ()

- ① 방풍(바람막이) ② 사생활 보호
③ 집과 집의 경계 ④ 외부로부터의 안전 ⑤ 기타

2. 지금의 울담이 예전의 울담과 높이 변화가 있는가? ()

- ① 있다 ② 없다

2-1. 울담의 높이에 변화가 있다면 어떻게 변화였는가? ()

- ① 낮아졌다 ② 높아졌다

2-2. 울담이 변화했다면 그 이유가 무엇인가? ()

- ① 건물 신축 ② 사생활 보호 ③ 강풍의 피해 ④ 기타

감사합니다.

■ 설문자

마을	성명	연령

감 사 의 글

부족한 제가 어느덧 논문 심사를 마치고 이렇게 감사드리고 싶은 분들에게 글을 쓰게 되는 때가 오게 되었습니다. 제 논문이 완성되기까지 많은 분들이 도와주셨고 지켜봐주셨습니다. 이 글을 통해 그 분들께 감사의 인사를 드리고 싶습니다.

먼저 학업의 길을 갈 수 있도록 지지해주신 부모님과 모자란 동생들 덕에 걱정이 태산같은 누나에게 고맙고 감사하다는 마음을 전하고 싶습니다. 그리고 공주에 있는 동안 힘들 때 함께 있어준 친구에게도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

5년 동안 연구실 생활을 하면서 부족한 저를 지금껏 이끌어주신 많은 분들이 있습니다. 저를 덕담과 훈계로 바른 길을 인도해주신 김만규 교수님 감사합니다. 논문을 성심성의껏 심사해 주시고 많은 조언과 격려를 아끼지 않으신 장동호 교수님, 진종현 교수님에게도 깊은 감사를 드립니다. 그리고 학부 때부터 폭넓은 사고와 이해를 가지게 해주신 정환영 교수님, 조기호 교수님께도 감사의 마음을 전해드리고 싶습니다.

또한 연구실에 있는 동안 연구에 관한 조언과 충고를 아끼지 않으셨던 박종철 박사님에게도 감사드리고 연구실에서 함께 동거동락한 연구실 가족, 김유미, 오수정, 김용겸, 최경석, 이지수 모두에게 고맙다는 말을 남기고 싶습니다.

이 논문은 제주도의 마을을 돌아다니며 돌담에 대해 많은 말씀을 해주신 제주도 어르신들이 없었다면 나올 수 없었습니다. 마을 조사에 응해주시고 설문과 조사에 답해주신 모든 분들에게 감사드리고 싶습니다.

지금 이 글에서는 언급이 되지 않았지만 너무나 많은 분들이 논문에 도움을 주셨습니다. 이 모든 분들에게 감사의 마음을 전해주고 싶습니다.

※ 본 논문은 2010년 한국장학재단 국가연구장학생(인문사회계)사업 장학금을 지원받아 수행한 연구입니다.