

표준기상데이터 작성 시 누락된 풍속 데이터의 보간 방법 제안

박소우* · 김주욱** · 송두삼***

*성균관대학교 건설환경시스템공학과

**성균관대학교 건설환경공학부

A Proposal of an Interpolation Method of Missing Wind Velocity Data in Writing a Typical Weather Data

Park So-Woo* · Kim Joo-wook** · Song Doo-sam***

*Department of Civil and Environmental System Engineering, Sungkyunkwan University

**School of Civil, Architectural Engineering, and Landscape Architecture, Sungkyunkwan University

†Corresponding author: dssong@skku.edu

Abstract

The meteorological data of 1 hour interval are required to write a typical weather data for building energy simulation. However, many meteorological data are missing and the interpolation method to recover the missing data is required. Especially, lots of meteorological data are replicated by linear interpolation method because the changes are not significant. While, the wind velocity fluctuates with the time or locations, so linear interpolation method is not appropriate in interpolation of the wind velocity data. In this study, three interpolation methods, using surrounding wind velocity data, Inverse Distance Weighting (IDW), Revised Inverse Distance Weighting (IDW-r), were analyzed considering the characteristics of wind velocity. The Revised Inverse Distance Weighting method, proposed in this study, showed the highest reliability in restoration of the wind velocity data among the analyzed methods.

Keywords: 표준기상데이터(Typical weather data), 누락 풍속데이터(Missing wind velocity data), 보간(Interpolation), 역거리가중법(Inverse Distance Weighting, IDW), 수정 역거리가중법(Revised Inverse Distance Weighting, IDW-r)

기호설명

- R : predictive value (m/s)
- P : measurement value (m/s)
- D : distance (km)
- n : number of data (-)



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.37, No.6, pp.79-91, December 2017
<https://doi.org/10.7836/kses.2017.37.6.079>

pISSN : 1598-6411
eISSN : 2508-3562

Received: 10 November 2017

Revised: 25 November 2017

Accepted: 12 December 2017

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

M : local wind velocity ratio (-)

상첨자

b : distance weighting factor (-)

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

국내 에너지 소비량의 20%이상을 사용하고 있는 건물 분야에서의 에너지 소비를 줄이기 위해,¹⁾ “패시브 하우스”, “제로에너지 하우스”와 같은 건물에너지 사용량을 최소화 하는 건물이 요구되고 있다. 따라서 건물에너지 소비량을 최소화하기 위해서는 설계 단계에서부터 건물에너지 시뮬레이션을 통해 최적의 건축 설계안을 작성하는 것이 중요하다. 건물에너지 시뮬레이션 결과의 신뢰도를 보장하는 다양한 요소가 있으나 검토 대상지역의 기후 특성을 반영한 표준기상데이터는 매우 중요한 요소이다. 지역별, 계절별 기상변동이 큰 국내 기후 특성을 반영하기 위해서는 지역마다 세분화된 표준기상데이터의 구비가 필수적이다²⁾. 국내에는 건물에너지 시뮬레이션을 위한 지역 기상데이터로 한국태양에너지학회에서 제공하는 7개 지역의 표준기상데이터가 존재한다. 그러나 이들 7개 지역 데이터만으로는 다양한 지형적 특성을 가지는 국내 지역기후 특성을 반영하기 어렵다.

본 연구는 국내 지역별 기후특성을 반영한 건물에너지 시뮬레이션용 표준기상데이터의 작성을 목적으로 하고 있다. 본 논문에서는 표준기상데이터 작성에 근간이 되는 기상 측정데이터 중에서 누락되어 있는 데이터의 보간 방법에 대해 검토하고자 한다. 특히 누락 기상데이터의 보간 작업 중에서 누락 구간의 앞뒤를 직선으로 연결하는 선형적 보간(linear interpolation)이 어려운 풍속데이터의 보간 방법에 대해 검토하고, 각각의 방법의 신뢰도를 분석하고자 한다.

통상 표준기상데이터의 작성에 사용되는 기상데이터는 기상청에서 제공하는 기상관측자료를 사용하며, 표준기상데이터 작성방법에 따라 최소 10년 이상의 장기 측정데이터가 요구된다³⁾. 그러나 장기 기상측정데이터 중에는 관측상의 이유로 인해서 종종 데이터의 누락구간이 발생한다. 따라서 표준기상데이터의 작성에 앞서 이러한 누락된 기상측정데이터의 복원작업이 요구된다. 일반적인 기상요소의 복원 작업에 있어서 누락된 시간간격이 길지 않은 상황에서는 통상 선형보간법(linear interpolation method)을 사용한다⁴⁾. 시간에 따른 측정치의 변동 폭이 크지 않은 기상요소라면 선형보간법을 이용하여 누락데이터를 복원하여도 무방할 것으로 판단된다. 그러나 풍속 데이터와 같이 변동특성이 강한 기상요소의 경우에는 누락데이터의 복원방법으로 선형보간법을 이용하는 것은 적절하지 않을 수 있다. Fig. 1과 같이 선형 보간법은 연속으로 누락된 데이터 시간 간격이 증가할수록 보간을 통해 복원된 데이터의 신뢰도가 급격하게 떨어지는 한계를 가진다. 실제 풍속 데이터 중에는 40 시간 이상 연속적으로 누락이 발생한 지역도 존재한다. 결과적으로 선형 보간법은 풍속 데이터의 보간 방법으

로 적합하지 않다. 이에 대한 대안으로 대상 지역의 인접 데이터를 이용하여 풍속 데이터를 보간하는 연구가 국내외적으로 수행되어왔다. Kim (2010)⁵⁾ 등과 Ibrahim (2011)⁶⁾ 등은 동일한 시간대의 주변 지역의 기상데이터를 이용하여 각각 강원도와 말레이시아의 풍속 지도 제작을 통해 풍력 발전 부지에 대한 적합성을 판단하였다. Ali (2012) 등은 이라크 지역의 풍속 데이터의 여러 가지 보간 방법을 비교하고, 신뢰도 평가를 통해 적절한 보간 방법을 제시하였다⁷⁾. 하지만 일련의 선행 연구들은 표준기상데이터 작성에 필요한 1시간 간격의 시간 간격의 풍속 데이터를 대상으로 하지 않거나, 다양한 지형 조건에 적용할 수 있는 일반적인 보간 방법에 대한 고찰이 미비하다. 또한 기상데이터와 같이 방대한 데이터를 대상으로 하는 경우, 보간 작업의 용이성이 매우 중요한 요소이지만 기존의 연구에서는 이 부분에 대한 검토가 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 위와 같은 한계들을 인식하여 표준기상데이터 작성을 위한 사전 작업으로 누락된 기상청 풍속 데이터의 보간 방법을 제안하고자 한다.

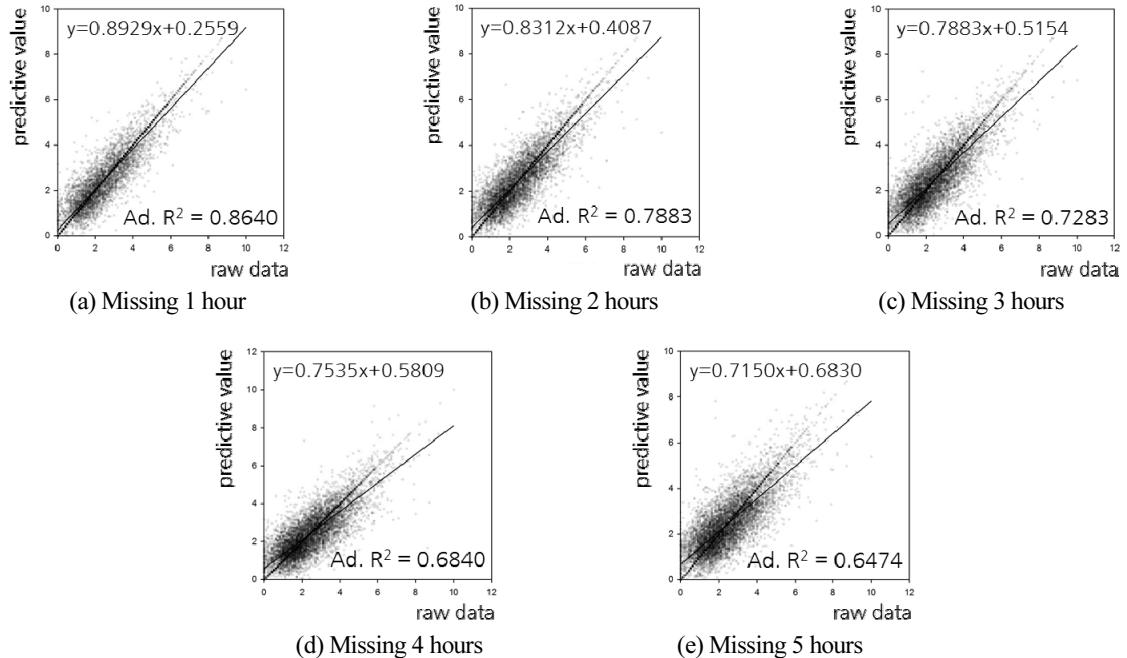


Fig. 1 Limitation of linear interpolation method

1.2 연구 방법

본 연구에서는 시간과 장소에 따른 변동특성이 강한 풍속데이터의 누락이 발생할 경우 이를 보간하는 방법을 제안하고자 한다. 분석 대상연도는 2014년 1년간을 대상으로 하였으며, 연구의 흐름은 다음과 같다.

첫째, 풍속데이터의 보간 방법으로 기존의 선형보간법의 한계를 보완하기 위해 대상지역 인접지역의 풍속데이터를 이용하여 누락된 풍속데이터를 보간하는 방법(Method 1), 기존 연구에서 적용하고 있는 역거리가중법 (Inverse Distance Weighting (IDW), Method 2), 그리고 본 연구에서 제안하는 방법으로 수정 역거리가중법

(Revised Inverse Distance Weighting (IDW-r), Method 3)의 개념에 대해 설명한다.

둘째, Case Study를 통해 풍속에 영향을 미치는 지역별 특성을 대표하는 국내 지역을 선정하고, 위에서 제시한 3가지 풍속 보간 방법으로 누락된 풍속을 보간을 실시한다. 각각의 보간 방법을 통해 생성된 풍속데이터를 실측데이터와의 비교를 통해 각 보간 방법의 신뢰도를 평가한다.

2. 풍속 데이터 보간 방법

2.1 풍속 데이터 보간 시 고려사항

본 연구에서 사용된 표준기상데이터 작성 방법인 ISO 15927-4방법은 각 지역마다 10개년 이상의 기상요소들(건구 온도, 상대습도, 일사, 풍속 등)의 실측치를 대상으로 월별 대표년을 선정 후, 그것들을 조합하여 1시간 간격의 표준년 기상데이터를 작성하는 방법이다^{8,9)}. 이처럼 표준기상데이터에는 기상요소들의 실측치가 그대로 반영되기 때문에 누락된 데이터의 복원에도 실측치의 특성이 반영되어야 한다.

기상청에서 제공하는 풍속 실측치의 특성은 다음과 같은 특징을 가진다. 풍속은 지상으로부터 10 m의 높이에 설치된 풍속계를 통해 기록된다. 따라서 지표면 바람의 특성은 지표면의 거칠기(surface roughness)의 영향을 받아 시시각각으로 변동하게 된다¹⁰⁾. 이처럼 시간적으로 변동하는 풍속 $U(t)$ 는 Fig. 2와 같이 평균풍속 U 와 변동풍속 $u(t)$ 의 합으로 나타낼 수 있다¹¹⁾. 따라서 누락된 풍속 데이터의 보간을 통해 생성된 풍속데이터의 평균성분, 변동성분이 풍속 실측치의 평균성분, 변동성분과 서로 유사할 때, 보간 풍속데이터가 적합하다고 할 수 있다.

한편, 기상관측소는 종관기상관측소(ASOS), 자동기상관측소(AWS)로 구분되며, ASOS는 전국 도시지역을 중심으로 위치하고 있으며, AWS 관측소는 방재용으로 소규모 국지 기상감시나 도서지역과 산간지역에 설치되어 있다. 따라서 본 연구에서는 각각의 지형별 특성에 따른 풍속데이터의 보간 방법의 적합성(신뢰도)을 분석하기 위해 ASOS 데이터와 AWS 데이터를 모두 이용하여 분석을 실시하였다.

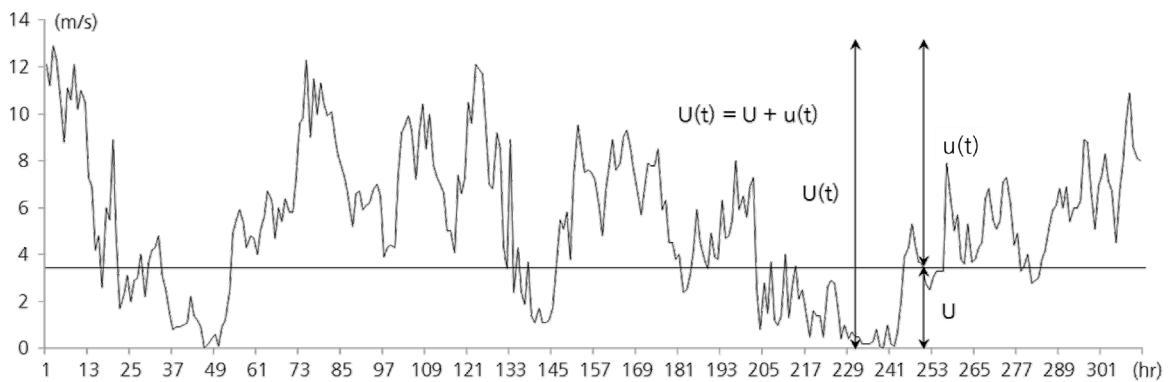


Fig. 2 Variation characteristics of wind velocity data

2.2 인접 지역 데이터 차용 풍속데이터 보간(Method 1)

표준기상데이터의 작성에서 누락된 기상데이터를 복원하는 방법으로 인접 지역의 기상데이터를 적용하기도 한다. 본 연구에서 검토 대상으로 하고 있는 풍속 데이터의 보간에도 이 방법을 이용하여 누락된 데이터의 동일한 시간대의 인접한 풍속 데이터를 차용하여 누락 구간을 복원하는 방법에 대해 검토하고자 한다.

기상데이터 관측소 중 ASOS 관측소 간 평균 인접 거리는 31.13 km이며, AWS 관측소 간 평균 인접 거리는 ASOS 관측소보다 약 3배 가까운 11.13 km이다. 따라서 인접 지역의 기상데이터를 이용하여 누락구간을 보간하는 방법을 적용할 경우, 인접 거리가 가까운 AWS 관측소 데이터를 이용하는 것이 바람직하다. 그러나 풍속 데이터의 유사성은 관측 지점 간의 거리 이외에 주변의 지형과 지표면 상황에도 영향을 받기 때문에 두 지점 간의 거리가 근접하더라도 주변 상황이 다르다면 서로의 풍속 데이터의 상관성이 감소할 수 있다. 따라서 여러 인접 지역의 기상데이터 중 하나의 자료를 선정함에 있어서 거리의 인접성, 실제 데이터의 상관성이 반영되어야 한다. Method 1은 대상지 주변의 AWS 관측소 중 거리상 가까운 5개 지점을 선정하고(거리의 인접성), 대상지역과 주변 5개 지점의 1년간 풍속 데이터의 상관성을 분석(실제 데이터의 상관성)하여 가장 상관성이 높은 지점한 지역을 누락데이터 차용 지점으로 선정하는 방법이다. 이 방법을 통하여 누락 풍속데이터의 보간이 요구되는 대상지역의 풍속 데이터와 가장 유사한 풍속 분포를 가진 지점을 선정할 수 있다.

2.3 역거리가중법을 이용한 보간(Method 2)

Method 2는 공간보간법(Spatial Interpolation)을 이용하여 새로운 데이터를 생성하는 방법이다. 공간보간법은 공간에 대한 통계적 자료가 필요할 때 복수의 특징지점을 선정하여 그 지점의 관측 값을 이용하여 알고자 하는 지점의 값을 예측하는 방법이다¹²⁾. 본 연구에서는 여러 공간 보간법 중에서 기상데이터의 보간에 가장 널리 사용되는 역거리가중법(Inverse Distance Weighting, IDW)을 사용한다¹³⁾. 이 방법은 인접 지역 데이터 차용 방법에 비해 더 많은 주변 지역 데이터를 이용하여 대상지역과의 이격 거리에 가중치를 두어 예측치를 산출하는 방법으로, 비교적 정확한 예측이 가능하다는 장점을 가진다¹⁴⁾. 또한 사전 분석 작업이 필요 없고 계산 과정이 간단하기 때문에 기상데이터와 같이 다수 지역의 많은 데이터를 대상으로 작업하기에 매우 용이하다¹⁵⁾. 계산식은 아래와 같다.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{D_i^b} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^b} \right)} \quad (1)$$

위 식에서 R은 풍속 예측치, P_i 는 주변 지점의 측정치, D_i 는 대상 지점과 주변 지점 i 까지의 거리, b 는 거리가

중 계수를 의미한다. IDW 방법을 적용함에 있어서 관측 지점 수 i 와 거리에 따른 가중치의 영향력을 의미하는 b 값을 결정할 수 있다. 관측 지점 수 i 는 대상 지점을 중심으로 반경 100 km내에서 10개 지역 이상, 15개 지역 이하의 지점을 이용하도록 권장되며, 본 논문에서는 $i=10$ 으로 결정하였다. 거리 가중 계수 b 는 이 값이 커질수록 대상지역과 멀리 있는 데이터의 영향력이 작아지는 것을 의미하며 통상적으로 $b=2$ 값을 사용한다. 본 논문에서는 b 를 0, 0.5, 1, 2, 3로 변화시켜 적용하였다. 이렇게 생성된 5개의 예측치와 대상지역의 실측치의 상관성을 분석하여 가장 신뢰도가 높은 지역의 데이터를 선정하는 방법을 본 논문에서는 Method 2로 한다. Method 2에서는 ASOS 데이터와 AWS 데이터를 사용하는 경우의 예측치의 신뢰도를 분석하였다. ASOS 관측소 데이터를 이용한 방법을 Method 2.1, AWS 관측소 데이터를 이용한 방법을 Method 2.2로 명명하였다.

2.4 수정 역거리가중법을 이용한 보간 (Method 3)

(1) 역거리가중법의 한계

역거리 가중법 식에는 대상지역의 풍속 성분이 반영되지 않기 때문에 대상지역과 주변 지역들의 풍속의 특성이 상이하면 도출되는 예측치가 실제와 다른 풍속의 특성을 가질 가능성이 있다. 예를 들어 대상지역이 풍속이 강한 지역임에도 불구하고 주변 지역들의 풍속이 상대적으로 낮게 형성이 된다면, 예측치의 평균풍속이 실측치에 비해 과소평가된 결과를 나타낸다(Fig. 3). 풍속의 세기가 상대적으로 큰 지역과 작은 지역이 생기는 이유는 풍속계가 설치된 주변 지역이 다르기 때문이다. 이렇게 풍속 세기의 차이를 발생시키는 여러 요인 중 주요한 3가지 요인은 지표면 조도, 주변 지형, 풍속계가 설치된 높이로, 전국의 기상대는 이 3가지 요소가 모두 상이하기 때문에 서로 다른 풍속 분포를 형성하게 된다. 따라서 기상대마다 다양한 풍속의 세기를 보정하도록 지역에 따른 상대적 풍속의 비율을 역거리가중법 식에 추가하여, Fig. 3과 같이 예측치가 실측치의 평균풍속이 유사하게 예측하지 못하는 문제를 해결할 수 있다. 지역에 따른 상대적인 풍속을 구하기 위해 하나의 기준 지점을 정하는 방법으로, 건축구조기준(KBC-2016)에 따르면 지표면 조도구분 C, 기준높이 10 m에서의 풍속 $V_{C,10}$ 으로 정한

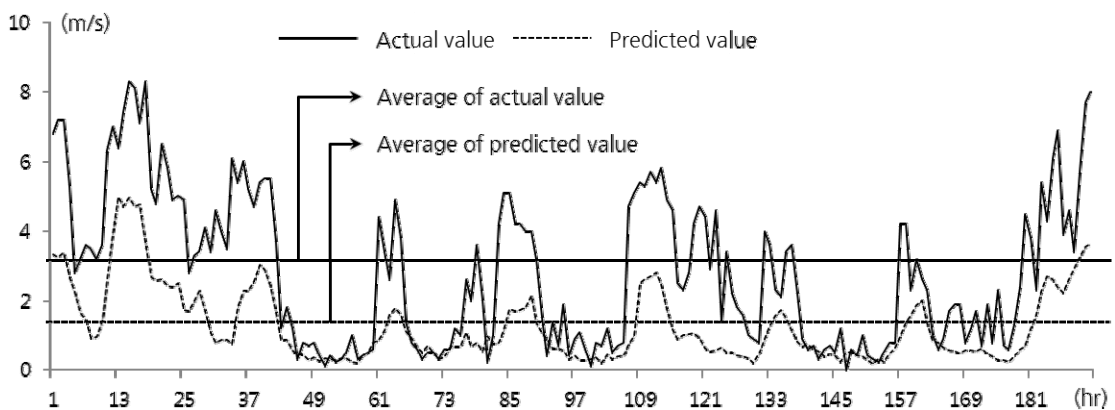


Fig. 3 Limitation of Inverse Distance Weighting method (Chupunglyeong region in the year of 2014)

다. 이 과정에서 풍속계가 산 위에 위치하여 풍속이 과대평가되거나 풍속계가 건물에 밀집한 곳에 위치하여 풍속이 과소평가된 지역에, 그 지역의 상대적 풍속의 비율을 곱하여 $V_{C,10}$ 상태의 풍속으로 보정하는 작업을 거친다⁶⁾. 하지만 국토교통부가 지정하는 A, B, C, D 4가지 지표면 조도 구분은 그 지역분류 기준이 정량적으로 명시되어 있지 않아 해당 지역의 지표면 조도를 선정하는 과정에서 주관이 개입될 수 있다⁷⁾. 이와 같은 문제로 전국 지표면 조도를 산정하여 계산된 상대적 풍속의 비율은 객관적인 수치를 가지기 어렵기 때문에, 대안으로 각 지역의 평균풍속 자료를 이용하여 상대적 풍속의 비율을 산정할 수 있다.

(2) 수정 역거리가중법(Revised Inverse Distance Weighting, IDW-r)

본 논문에서는 기존의 역거리가중법을 보완한 새로운 보간법을 제시하기 위해 정확도가 높은 지역에 따른 상대적 풍속의 비율을 구하고자 한다. 이를 위해 지표면 조도 C와 높이 10 m의 조건을 만족하는 기준 관측소를 하나 선정하여 이 지점의 평균풍속을 기준으로 ASOS 관측소 70개 지역, AWS 관측소 373개 지역의 상대적 풍속의 비율을 구하였다. 기준 관측소의 평균풍속을 V_c 이라 하고, 전국 모든 관측소의 평균풍속을 각각 V_1, V_2, \dots, V_n 이라 할 때, 식(2)와 같이 $V_c/V_i=M_i$ 값을 지역에 따른 상대적 풍속의 비율로 설정하고, 이를 지역 풍속비(Local wind velocity ratio)라 명명한다. 이러한 방식으로 기상청에서 제공하는 평균풍속 자료를 통해 전국의 모든 지역 풍속비를 간단한 계산으로 산정할 수 있다. 기준 관측소는 AWS 관측소 495지점으로 선정하였으며, 평균풍속은 대상 연도인 2014년의 평균풍속 자료를 이용하였다. 계산법은 다음과 같다. 우선 주변 지역 풍속에 지역 풍속비가 곱해진 데이터를 이용하여 역거리가중법을 통해 평균풍속이 보정된 예측치를 산정 후, 대상지역의 지역 풍속비의 역수를 곱한다. 이를 통해 대상지역의 평균풍속이 반영된 풍속 예측치가 산정된다. 이 방법은 AWS 관측소 데이터를 사용하며 계산식은 아래와 같다. 식(3)에서 $R_{revised}$ 은 수정 역거리가중법으로 계산된 대상 지점의 각 시각에 대한 풍속 예측치, M_i 는 주변 지역의 지역 풍속비, M_{target} 은 대상지역의 지역 풍속비이다.

$$M_i = \frac{V_c}{V_i} \quad (2)$$

$$R_{revised} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i \cdot M_i}{D_i^b} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^b} \right)} \cdot \frac{1}{M_{target}} \quad (3)$$

이와 같이 기존의 역거리가중법에 M_i, M_{target} 의 지역 풍속비를 추가함으로써 예측치가 대상지역의 평균풍속을 반영할 수 있게 된다. Fig. 4는 Fig. 3과 동일한 데이터를 가지고 수정 역거리가중법을 이용한 결과이다.

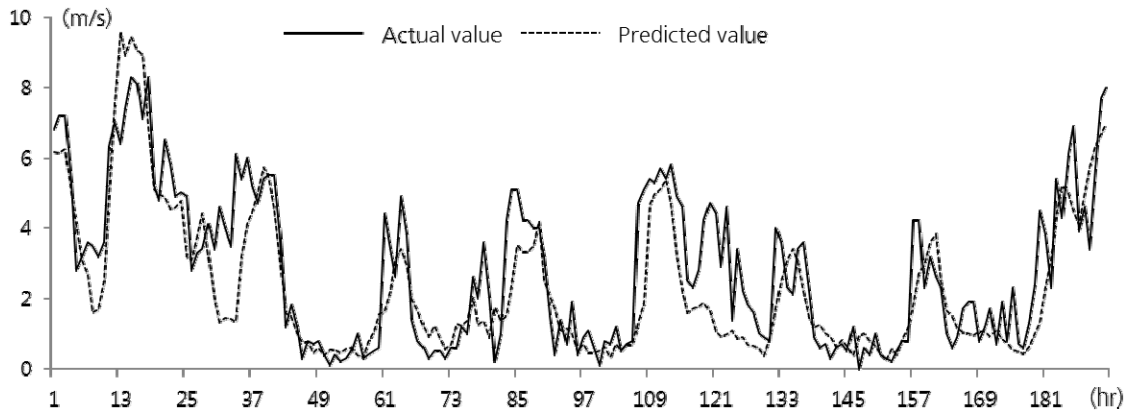


Fig. 4 Wind Velocity Interpolation with Revised Inverse Distance Weighting method (Chupunglyeong region in the year of 2014)

3. 신뢰도 평가 방법

분석 대상지역의 풍속 실측치와 본 연구에서 검토하는 3가지 보간 방법으로 산정된 풍속 예측치의 신뢰도 평가를 수행하였다. 누락된 풍속데이터의 구간을 직접적으로 신뢰도 평가를 하는 것이 불가능하기 때문에, 누락된 구간을 포함한 주변 시간대의 신뢰도 평가를 수행하였다. 풍속은 계절에 따라 평균과 편차가 변화하기 때문에 주변 시간대의 범위를 1달 간격으로 정하는 것이 바람직하다⁸⁾.

누락 풍속 예측의 신뢰도 평가는 측정값에서 예측치를 뺀 평균경향오차(Mean Bias Error, MBE), 예측 오차의 산포 정도를 알 수 있는 평균제곱근오차(Root Mean Square Error, RMSE), 실측치와 예측치의 상관관계를 비교할 수 있는 Adjusted R-squared를 이용하였다(Table 1).

Table 1 Reliability evaluation methods

	Formula	Confer.
1. MBE (Mean Bias Errors)	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - R_i)$	P_i : measurement value (m/s) R_i : predictive value (m/s) n : number of data
2. RMSE (Root Mean of Square Errors)	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - R_i)^2}$	P_i : measurement value (m/s) R_i : predictive value (m/s) n : number of data
3. Adjusted R-squared	$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - R_i)^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - R_i)^2 + \sum_{i=1}^n (R_i - P_i)^2}$ $Adjusted R^2 = 1 - (1 - R^2) \cdot \frac{n-1}{n-k-1}$	P_i : measurement value (m/s) R_i : predictive value (m/s) n : number of data

4. CASE STUDY

풍속의 세기를 기준으로 전국의 다양한 지역의 누락 풍속데이터 보간 방법의 적정성을 분석하기 위해 일반적으로 풍속의 세기가 높게 형성되는 지역과 낮게 형성되는 지역을 분석 대상지역으로 선정하였다. 풍속의 세기를 변화시키는 3가지 요인 중에서 풍속계의 높이는 대체적으로 10 m로 일정하므로, 지표면 조도와 풍속계의 위치의 조건들을 충분히 반영할 수 있는 다양한 지역을 선정하고자 한다. 일반적으로 지표면 조도가 높은 도시 지역은 지표면 조도가 낮은 시골 지역보다 풍속의 세기가 낮게 형성되고, 풍속계가 산지에 위치한 지역은 평야에 위치한 지역보다 풍속의 세기가 높게 형성되며, 해안 지역은 내륙지역보다 풍속의 세기가 높게 형성되는 경향을 보인다.

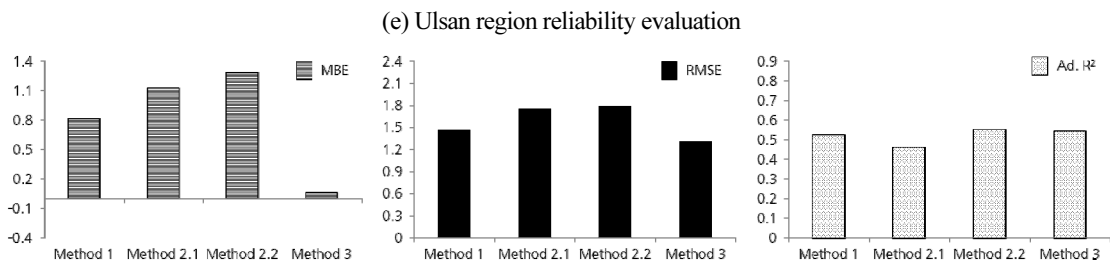
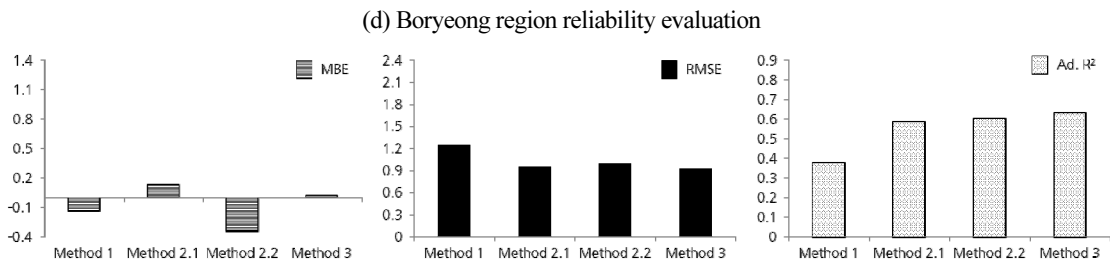
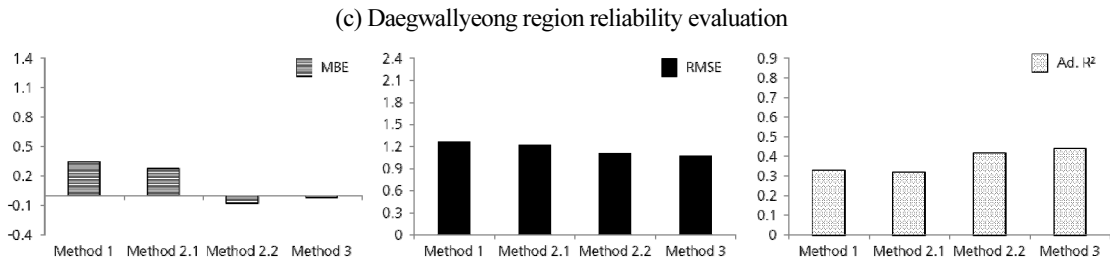
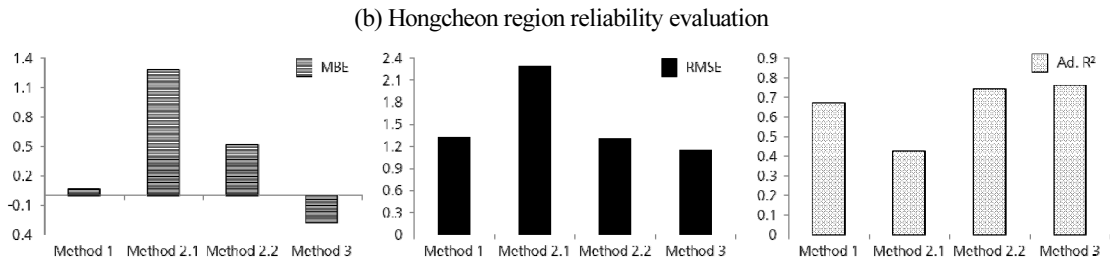
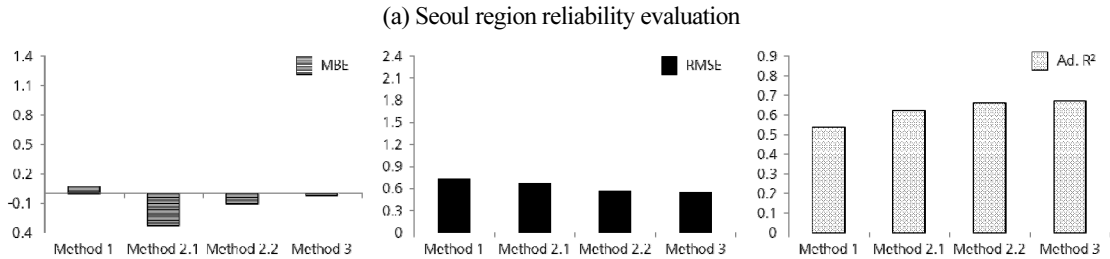
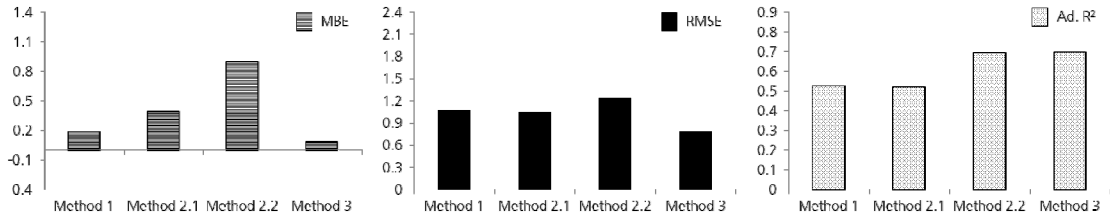
따라서 분석 대상지역을 높은 지표면 조도를 가진 서울, 낮은 지표면 조도를 가진 홍천, 풍속계가 산지에 위치한 대관령, 풍속계가 평야에 위치한 보령, 해안에 위치한 울산, 내륙에 위치한 추풍령 지역으로 선정하였다 (Table 2). Fig. 5는 각각 분석 대상지역에 대한 실측치와 예측치의 RMSE, MBE, Adjusted R-squared 결과이다.

Table 2 Analyzed cases

	Surface characteristics	Regions
Surface roughness	High	Seoul
	Low	Hongcheon
Surrounding surface conditions	Mountain area	Daegwallyeong
	Plain area	Boryeong
	Seaside area	Ulsan
	Inland area	Chupunglyeong

Method 1(인접지역 데이터 차용)의 경우 대관령 지역을 제외하고 나머지 5개 지역에서 모두 낮은 신뢰도를 나타내었다. 대관령 지역이 Method 1에서 높은 신뢰도를 보인 이유는 차용한 지역인 강원도 춘천시 용산리 관측소가 대관령 관측소와 서로 유사한 지표면 조도와 주변 지형을 가지고 있기 때문이다. 이처럼 이 방법은 주변의 실측 풍속 데이터를 특별한 가공 과정 없이 풍속 고유한 난류 특성을 그대로 차용할 수 있기 때문에, 주변에 유사한 지표면과 지형 상황을 가진 지역이 있다면 높은 신뢰도를 가진 데이터를 얻을 수 있다. 하지만 풍속 데이터는 시간과 장소에 따라 심한 변동성을 가지기 때문에, 대관령을 제외한 다른 지역과 같이 수 km 인접한 지역의 데이터 중 유사한 조건을 가진 지역을 찾는 데 어려움이 따른다.

Method 2(역거리가중법)의 경우 Adjusted R-squared 값은 대체적으로 ASOS 관측소 데이터를 이용하는 Method 2.1보다 AWS 관측소 데이터를 이용한 방법인 Method 2.2가 더 예측치와 측정치와의 상관관계가 높게 나타났다. 그러나 RMSE와 MBE에서는 뚜렷한 경향을 나타내지는 않았다. 특히 서울, 울산, 추풍령 지역은 평균 인접 거리가 큰 데이터를 사용하는 Method 2.1방법보다 평균 인접 거리가 작은 데이터를 사용하는



(f) Chupunglyeong region reliability evaluation

Fig. 5 MBE, RMSE, Adjusted R² according to the interpolation methods and target area characteristics

Metho 2.2 방법의 신뢰도가 낮게 나타났다. 이는 역거리가중법 계산 시, AWS 데이터에서 선정된 지역들에 비하여 ASOS 데이터에서 선정된 지역들이 대상지역의 풍속 분포와 더 유사했기 때문이다. 이 결과를 통해 역거리가중법에 이용되는 인접지역들이 대상지역과 근접거리에 있다는 이유로 반드시 높은 신뢰도를 가진 예측치를 산출하지 못함을 알 수 있다.

풍속비 보정을 실시하는 Method 3(수정 역거리가중법)의 경우, 대부분의 평가 지표에서 가장 우수한 값을 나타내었고, 그 중에서도 MBE의 값에 가장 큰 변화를 보이는 것을 확인할 수 있다. 특히 홍천, 보령, 추풍령 지역에서 Method 3의 MBE 절대값이 다른 방법에 비해 확연히 낮아진 수치를 확인할 수 있다. 이는 수정 역거리가중법을 통해 평균풍속이 조정이 되면서 두 데이터 간 평균의 치우친 정도를 나타내는 MBE 값의 절대값이 감소하여, 그에 따라 RMSE 값이 감소하고 Adjusted R-squared 값은 증가하여 전체적인 신뢰도가 높아지는 것이라 할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 건물에너지 시뮬레이션 과정에 필요한 표준기상데이터 작성 시 누락된 데이터의 보간에 어려움이 따르는 풍속데이터의 보간 방법에 대해 검토하였다. 풍속데이터의 보간에 있어서 선형보간법의 한계를 극복하기 위해 인접 지역의 풍속 데이터를 그대로 차용하는 방법(Method 1), 종래의 기상데이터 보정에 널리 사용되는 역거리가중법(Method 2), 평균풍속의 비율을 이용하여 풍속데이터의 보정 작업을 수반하는 수정 역거리가중법(Method 3)에 대해 그 신뢰도를 분석하였다. 분석 대상지역은 풍속 특성을 대표할 수 있는 전국 6개 지역에 대해 2014년 ASOS, AWS 관측소 풍속 데이터를 이용하여 분석하였다. 본 논문의 검토 결과는 다음과 같다.

- (1) 2014년 국내 6개 지역의 풍속 실측치와 각각의 보간 방법으로 산출된 예측치 간의 신뢰도 평가 결과, 모든 대상지역에 대해 본 연구에서 제안하는 수정 역거리가중법(Method 3), 역거리가중법(Method 2.1, Method 2.2), 인접 지역 데이터 차용 방법(Method 1)의 순으로 높은 신뢰도를 보였다.
- (2) 인접 지역 데이터를 차용하는 방법(Method 1)은 대관령 지역과 같이 주변에 유사한 지형 상황을 가진 데이터 차용이 가능한 경우에는 대상지와 상관성이 높은 풍속 데이터를 얻을 수 있지만, 대부분의 지역에서 대상지역과 유사한 풍속 특성을 가진 지역을 찾기 어려워 결과적으로 낮은 신뢰도를 나타내었다.
- (3) 역거리가중법(Method 2)은 주변 지역 데이터의 평균치가 반영되기 때문에, 일반적으로 대상지역 풍속의 변동 성분을 잘 예측할 수 있다는 장점을 가진다. 하지만 이 방법은 대상지역의 풍속 성분이 반영되지 않기 때문에 다수의 지역에서 대상지역의 평균풍속과 상이한 예측치가 산출되는 한계를 보였다.
- (4) 서울, 울산, 추풍령 지역의 신뢰도 평가 결과를 통해, 평균 인접거리가 큰 ASOS 관측소 데이터를 이용하는 방법(Method 2.1)과 평균 인접거리가 작은 AWS 관측소 데이터를 이용하는 방법(Method 2.2)에서 RMSE와 MBE지표의 신뢰성에 경향성이 존재하지 않는 것이 확인되었다. 이를 통해 가까운 지역의 데이터를 이용하는 방법(Method 2.2)이 반드시 높은 신뢰도를 보장하지는 않는다는 것을 확인할 수 있다.

- (5) 본 연구에서 제안한 수정 역거리가중법(Method 3)은 기존의 역거리가중법(Method 2)에 기준 지역에 대한 전국의 평균풍속의 비율을 의미하는 지역 풍속비를 곱하는 보정 과정이 추가된 방법이다. 이 방법을 통해 산출된 예측치는 대상지역의 실측치와 평균풍속이 유사하게 보정이 되어, 대부분의 신뢰도 평가 지표에서 우수한 값을 나타내었다. 본 연구에서 분석한 풍속데이터의 3가지 보간 방법 중에서 가장 높은 신뢰도를 나타내었다.

후기

This research was supported by a grant(17RERP-B082204-04) from Residential Environment Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

REFERENCES

1. Korea Energy Economics Institute, Yearbook of energy statistics, 2016.
2. Shim, J. S. and Song, D. S., Applicability of the Solar Irradiation Model in Preparation of Typical Weather Data Considering Domestic Climate Conditions, *Journal of the Korea Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 28, No.12, pp. 467-476, 2016.
3. Park, S. H., Typical Weather Data Establishment and Climate Zone Development for Building Energy Assessment -Focused on the Major Cities in South Korea-, Doctorate thesis, pp. 23-51, 2013.
4. Baltazar, J. C. and Claridge, D. E., Study of Cubic Splines and Fourier Series as Interpolation Techniques for Filling in Short Periods of Missing Building Energy Use and Weather Data, *Journal of Solar Energy Engineering*, Vol. 128, No. 2, pp. 226-230, 2005.
5. Kim, G. H., Youn, J. H. and Kim, B. S., Producing Wind Speed Maps Using Gangwon Weather Data, *Journal of the Korean Society for Geo-spatial Information Science*, Vol. 18, No. 1, pp. 31-39, 2010.
6. Ibrahim, M. Z., Yong, K. H., Ismail, M., Albani, A. and Muzathik, A. M., Wind Characteristics and Gis-based Spatial Wind Mapping Study in Malaysia, *Journal of Sustainability Science and Management*, Vol. 9, No. 2, pp. 1-20, 2014.
7. Ali, S. M., Mahdi, A. S. and Shaban, A. H., Wind Speed Estimation for Iraq using several Spatial Interpolation Methods, *British Journal of Science*, Vol. 7, No. 2, pp. 48-55, 2012.
8. International Standard ISO 15927-4, Hygrothermal Performance of Buildings-Calculation and Presentation of Climatic Data - Part4: Hourly Data for Assessing the Annual Energy Use for Heating and Cooling, ISO, 2005.
9. You, H. C., Noh, K. H., Kang, H. G., and Shin, I. H., Comparison and Analysis of Typical Metrological Data by in Korea, Autumn Annual Conference of the Korea Solar Energy Society, pp. 361-366, 2009.
10. The Wind Engineering Institute of Korea, Wind Engineering for Engineers, Kimoon dang, Seoul, pp. 236-237, 2010.
11. Palarya, S., Introduction to Micrometeorology, 2nd ed, Sigmaphress, Seoul, pp. 154-157, 2003.
12. Ye, W., Spatial Variation and Interpolation of Wind Speed Statistics and Its Implication in Design Wind Load, Doctorate thesis, pp. 9-28, 2013.
13. Luo, W., Taylor, M. C. and Parker, S. R., A Comparison of Spatial Interpolation Methods to Estimate

- Continuous Wind Speed Surfaces Using Irregularly Distributed Data from England and Wales, *International Journal of Climatology*, Vol. 28, No. 7, pp. 947-959, 2008.
14. Sluiter, R., *Interpolation Methods for Climate Data -Literature Review*, Koninklijk Netherlands Meteorological Institute, 2009.
 15. Han, M. S., Kim, C. S., Kin, H. S., and Kim, H. R., A Study on the Revised Methods of Missing Rainfall Data for Real-time Forecasting Systems, *Journal of the Korea Water Resources Association*, Vol. 42, No. 2, pp. 131-139, 2009.
 16. Jeong, S. H., Kim, B. J., and Ha, Y. C., Revision of Basic Wind Speed Map of KBC-2009, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 30, No. 5, pp. 37-47, 2014.
 17. Choi, S. H. and Seo, E. S., Estimating Method of Surface Roughness Using Geographic Information, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* Vol. 18, No.3, pp. 1-10, 2015.
 18. Park, S. W. and Song, D. S., Interpolation Method and Its Reliability Evaluation of Wind Speed Data in Writing Typical Weather Data, *Spring Annual Conference of the Korea Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, pp. 759-762, 2017.