

Rüzgar Haritası Üretimine Yönelik Uygun Ara Değer Hesap Yöntemi Seçimi

Gözde Şimşek^{1*}, Ahmet Özgür Doğru¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Özet

Günümüz dünyasında enerji, kalkınmanın en temel ihtiyaçlarından biridir ve dolayısıyla enerji üretimi ülkelerin ulusal politikalarının önemli bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında da yer seçiminin önemi büyüktür. Enerji santrallerinin yer seçiminde ise öncelikli olarak girdi veri enerjisi potansiyelinin belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmada rüzgâr enerjisi üretimine yönelik olarak kullanılmak üzere rüzgâr haritası oluşturma yöntemleri incelenmiş ve çalışma bölgesinde kullanılması uygun yöntemi belirlemek üzere yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Rüzgâr verisi nokta tabanlı bir meteoroloji verisi olup, farklı istasyonlarda farklı zamansal çözünürlüklerde ölçülmektedir. Rüzgâr haritaları ise nokta bazlı bu verilerin uygun enterpolasyon (ara değer hesabı) yöntemlerinin uygulanması yüzeye yayılması ile oluşturulmaktadır. Bu amaçla kullanılan ara değer hesabı yöntemleri temelde deterministik ve geoistatistik yöntemler olarak sınıflandırılmakla birlikte bu yöntemleri kullanarak tek bir mekânsal parametreye bağlı ya da farklı çevresel parametrelerin de dikkate alındığı yüzey tahmini hesapları yapılabilmektedir. Önemli olan, sonuç yüzeyin oluşturulması için çalışma bölgesi özelliklerine ve izleme noktalarının çalışma bölgesindeki sayısı ve dağılımına bağlı olarak en uygun yöntemin belirlenmesidir. Bu çalışma kapsamında İzmir ilinde bulunan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 49 otomatik meteoroloji gözlem istasyonundan alınan rüzgâr hızı verisinden yararlanılmıştır. Bu veriler dikkate alınarak Inverse Distance Weighting (IDW), Natural Neighbor (NN) ve Trend Surface Analysis (TSA) deterministik ara değer yöntemleri ve Kriging, Ordinary Kriging geoistatistik hesap yöntemlerinin rüzgâr haritası oluşturmadaki performansları değerlendirilmiştir. Her bir yöntemin performansı çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve sonuç olarak çalışma bölgesinde 49 istasyon verisi ve mevcut özellikleri dikkate alındığında IDW ve Kriging yöntemlerinin diğerlerine oranla daha doğruluklu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. İstatistik yöntemlerinin performanslarının daha düşük çıkması, bu yöntemler kapsamında dikkate alınan çevresel parametrelerin hassas bir şekilde belirlenememesine bağlanmaktadır. Bu kapsamda rüzgâr haritası üretimine etki eden çevresel parametrelerin daha hassas bir şekilde araştırılarak hesaplara entegre edilmesi ile daha yüksek doğruluklu sonuçlar elde edilebileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Sözcükler

Deterministik, Geoistatistik, Rüzgar Haritası, Ara Değer Hesabı

1. Giriş

Enerji üretiminde fosil yakıt kullanımının yarattığı küresel ısınma gibi olumsuz çevresel etkiler nedeniyle mevcut enerji ihtiyaçlarının sürdürülebilir (yenilenebilir) kaynaklardan karşılanması tüm Dünya'da özellikle gelişmiş gelişmekte olan ülkelerce benimsenen ortak eğilimler arasındadır. Bu kapsamda, rüzgâr, güneş, jeotermal, hidroelektrik ve biyokütle gibi farklı kaynakların kullanımı her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır. Söz konusu kaynaklardan en verimli ve ekonomik bir şekilde üretimin yapılabilmesi için de tesislerin yer seçiminin önemi büyüktür. Rüzgâr enerjisi, bölgedeki ekonomik koşulları geliştirmek ve çevresel etkileri düşürmek için bir seçenektir (Noorollahi Y., Yousefi H., Mohammadi M., 2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımı ile tesislerin yer seçimi çok ölçütlü karar analizi ile yapılabilmektedir. Bu aşamada yer seçiminde dikkate alınacak kriterler ve bu kriterlerin önem derecesinin belirlenmesi gerekir. Enerji santrali kurulduğunda, santralin kurulacağı bölgenin enerji potansiyeli başlıca önem arz eden bir parametredir. Rüzgâr enerji santrali kurulduğunda da rüzgâr hızı en önemli kriterlerden biridir. Rüzgâr hızı verisi meteoroloji gözlem istasyonlarının ölçümlerinden elde edilebilecek noktasal bir veridir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, bünyesinde bulunan gözlem istasyonları ile birçok meteorolojik parametreyi ölçmektedir. Rüzgâr hızı ise bu parametrelerden biridir. Yer seçimi uygulamalarında kriterlerin formata uygun olması gerekir. Bu kapsamda nokta bazlı rüzgâr hızı verilerinden rüzgâr haritası üretilmesi gerekmektedir. Rüzgâr hızı haritalarının üretiminde de mevcut nokta bazlı verilerden, çalışma alanında bulunan ve değeri bilinmeyen noktaların tahmini için ara değer hesap yöntemi (enterpolasyon) kullanılır. Altlık teşkil edecek haritaların üretiminde yüksek doğruluk projenin sonucunda ulaşılabilecek doğruluğu yükseltmek açısından oldukça önemlidir. Yüksek doğruluklu harita üretiminde amaç birçok enterpolasyon yöntemi içerisinde veri alınan örnek sayısına, parametreye ve projenin amacına yönelik en uygun enterpolasyon yöntemini seçmektir. Rüzgâr hızı haritası üretiminde veri alınan örnek sayısı istasyon sayısına karşılık gelir, parametre ise rüzgâr hızıdır, çalışmanın amacı ise yüksek doğruluklu rüzgâr hızı haritası üretebilmektir.

* Sorumlu Yazar: Tel: (0553)8527695

E-posta: simsek18@itu.edu.tr (Şimşek G.)

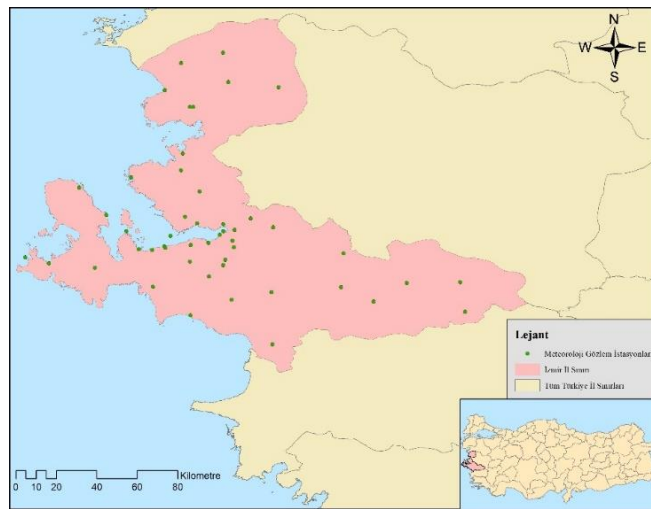
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Ara Değer Hesap Yöntemleri

Ara değer hesabı çok genel bir tanım ile bilinen değerlerden bilinmeyen değerlerin tahmini olarak açıklanabilir. Enterpolasyon (ara değer hesabı), belli bir ölçüt için gerekli örnek alınımının maddi veya fiziksel olarak mümkün olmadığı durumlarda mevcut değerlerden yararlanarak ara değerleri hesaplamaya olanak sağlar. Ara değer hesabı yöntemleri deterministik ve geoistatistik olmak üzere ikiye ayrılır. Deterministik yöntemler süreci meydana getiren değişkenin oluşumunda olasılık kanunları değil matematiksel bir bağıntının var olduğu kabulüne dayanmaktadır. Geoistatistik yöntemler ise klasik istatistik yöntemlerden farklı olarak örnekler arası ilişkiyi, örneklerin alındıkları koordinatları da hesaba katarak ele alan ve temelleri fonksiyonlar teorisindeki durağan rastlantı teorisine dayanan istatistiksel bir hesaplama metodudur (Sluiter, R., 2009). Inverse Distance Weighting (IDW), Natural Neighbor (NN) ve Trend Surface Analysis (TSA) deterministik ara değer hesabı yöntemleri bu çalışmada kullanılmıştır. Inverse Distance Weighting, ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi her bir gözlemin ağırlığının mesafe ile ters orantılı bir biçimde belirlendiği bir enterpolasyon yöntemidir. Inverse Distance Weighting en basit enterpolasyon yöntemlerinden biridir. Her bir örnek noktasının etkisinin mesafeyle ters orantılı olarak azaldığı varsayımına dayanmaktadır (Van Ackere et al., 2015). Natural Neighbor yani doğal komşuluk enterpolasyon tekniği Thiessen poligon ağına dayalı olarak çalışan bir yöntemdir. Örnek alınan her bir noktanın kendisine ait bir Thiessen poligon ağı mevcuttur. Trend Surface Analysis (TSA) yani trend yüzey analizi, haritalanabilir bir değişkeni bölgesel bileşenlerine ve yerel dalgalanmalara ayırmak için kullanılan matematiksel bir tekniktir (Flemal, Ronald C., 1982). Geoistatistik ara değer hesap yöntemi olarak Ordinary Kriging kullanılmıştır. Kriging yöntemine BLUE (Best Linear Unbiased Estimator) adı verilir. Bu ismin altında yatan kestirim hatasının minimum olması şartına göre ağırlıkların belirlenmesidir. Bu durum, Kriging yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en büyük olanak özelliklerinden biridir. (İsaak, Srivasta, 1989). Farklı kestirim hesapları için birçok Kriging yöntemi geliştirilmiştir. Ordinary Kriging en çok kullanılan Kriging yöntemidir. Bu model verilerde bir trend olmadığını varsayar. Ordinary Kriging verileri için trend fonksiyonu sabit olmalı, variogram tüm çalışma alanında sabit olmalıdır ve veri değişkeni yaklaşık olarak normal dağılıma sahip olmalıdır (Hengl 2009).

2.2. Çalışma Alanı ve Veri

Bu çalışmada çalışma alanı olarak İzmir ili seçilmiştir. İzmir ili rüzgar enerji potansiyeli yüksek olan Ege bölgesinde yer almaktadır. Tüm Türkiye'deki rüzgar enerji santrallerinin sayısı göz önünde bulundurulduğunda enerji santrallerinin büyük bir kısmı Ege bölgesinde yer almaktadır (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü). Bu çalışma kapsamında İzmir ilinde bulunan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 49 otomatik meteoroloji gözlem istasyonundan alınan Ocak 2017'den Ocak 2018'e kadar olan günlük ortalama rüzgar hızı verisinden yararlanılmıştır. Otomatik gözlem istasyonları üzerinde bulunan sensörler yardımıyla meteorolojik parametrelerin değişimini ölçer. Bu parametreler ölçülen ve hesaplanan olmak üzere ikiye ayrılır. Rüzgar hızı da ölçülebilen parametrelerden birisidir. Rüzgar hızı sensörü otomatik gözlem istasyonu direğinin tepesinde 10 metre yükseklikte bulunur ve bu gözlem yardımıyla rüzgar hızı ölçmeleri yapılır. Otomatik gözlem istasyonları rüzgar hızı verisini m/sn. biriminde kullanıcıya sağlar. Her bir istasyona ait günlük ortalama rüzgar hızı verisinden ilk olarak aylık daha sonra yıllık ortalama verisi elde edilmiştir. İstasyon ve rüzgar hızı verisi nokta bazlı bir veri olup datum olarak Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi (TUREF) datumunda çalışılmıştır. Çalışma alanı ve istasyon verisi şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve meteoroloji gözlem istasyonları

2.3. Çapraz Doğrulama Analizi

Enterpolasyon yönteminin doğruluğunun belirlenmesi ve bu doğrulukların analiz edilmesi için farklı yöntemler denenmiştir. Bu çalışmada enterpolasyon yöntemlerinin doğruluklarının değerlendirilmesi çapraz doğrulama analizi yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. Çapraz doğrulama yaklaşımı doğrulama sürecindeki tüm verileri dikkate alır: enterpolasyon prosedürü birçok kez tekrarlanır, her tekrarlandığında bir gözlem dışarıda bırakılır ve dışarıda bırakılan gözlem noktası mevcut enterpolasyon yöntemine göre hesaplanır. Prosedür, her nokta için hesaplanan ve gözlenen değer arasındaki farkın tahmini kadar tekrar edilir (Sluiter, R., 2009). Çapraz doğrulama analizi sonucunda hatanın örnek alınan noktalara göre dağılımı ve yoğunlaştığı bölgeler ayırt edilebilir.

3. Uygulama

Bu çalışmanın uygulama aşamasında verinin elde edilmesi, verinin işlenmesi ve analizi üzere 3 temel aşama tamamlanmıştır. Veri Bölüm 2.2’de belirtildiği gibi Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ne ait Meteorolojik Veri Bilgi Satış ve Sunum Sistemi (MEVBİS)’den elde edilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri projelerinde kullanılacak verinin projenin amacına uygun ve anlaşılabilir olması gerekir. Alınan veri Excel(xls) formatında 2017 yılının Ocak ayının 1. gününden 2018 yılının Ocak ayının 1.gününe kadar olan günlük ortalama rüzgar hızı verilerini içermektedir. 49 istasyona ait bu verilerden ilk olarak aylık ortalamalar olmak üzere yıllık ortalama rüzgar hızı verisi elde edilmiştir. Veriler ArcMap 10.6 yazılımında kullanılmak üzere uygun formata getirilmiştir.

Kullanılacak ara değer hesap yöntemleri Inverse Distance Weighting, Natural Neighbor, Trend ve Kriging- Ordinary Kriging için referans haritaları oluşturulmuştur. Çapraz doğrulama analizi işleme alınan veri setinin her seferinde bir tanesinin dışarıda bırakılarak tahmin doğruluğunun ölçülmesi prensibine dayanır. Bu amaç doğrultusunda işlem kolaylığı ve kullanılan araç sayısının fazlalığı nedeniyle yapılan işlemleri otomatikleştirmek amacıyla Model Builder arayüzü kullanılmıştır.

Modelde öncelikle select tool her seferinde 1 istasyonu çıkaracak bir SQL sorgusu ile çalıştırılmıştır. Daha sonra ise 4 ara değer hesap yöntemi işleme konulmuştur. Her bir ara değer hesap yöntemi için çalışma alanı olarak İzmir ve cell size 0,001 olarak belirlenmiştir böylelikle kıyaslama yapılırken veri dışındaki diğer parametreler sabit tutulmuştur. IDW yöntemi 2. dereceden kullanılmıştır derecenin daha yüksek seçilmesi halinde etki azalacaktır daha düşük seçilmesi ile ise etki artacaktır bu nedenle değer olarak 2 uygun görülmüştür. Ordinary Kriging yönteminde küresel semivariogram seçilmiştir. Trend ara değer hesap yöntemi ise 3.dereceden polinom kullanarak işleme dahil edilmiştir.

Model 49 istasyon için çalıştırılmış ve 4 yöntem için tahmini değerleri içeren 196 ayrı tablo ve harita elde edilmiştir. Verilerin kontrolünün sağlanması, karesel ortalama hataların hesaplanması ve verinin görselleştirilmesi için tablolar elde edildikten sonra model builder ara yüzü kullanılmamıştır. Karesel ortalama hata (1), aşağıdaki formülde de gösterildiği gibi hataların karelerinin toplamının ölçü sayısına bölünmesi ile bulunur. Bu kapsamda her bir yöntem için ayrı ayrı karesel ortalama hatalar hesaplanmıştır.

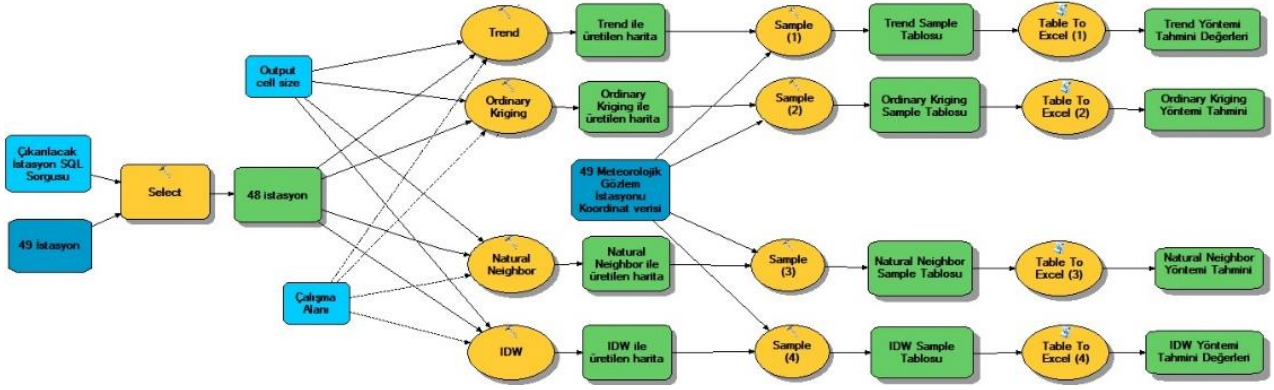
$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (1)$$

4. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışma sonucunda oluşturulan model Şekil 2’de ve her bir yöntem için hesaplanan karesel ortalama hatalar Tablo 1’de gösterilmiştir. Tablo 1’deki sonuçlara göre IDW ile Kriging yöntemlerinin doğruluğu daha yüksek sonuçlar verdiği göstermiştir. Ancak sonuçların doğru analiz edilmesi için bütün parametrelerin düşünülmesi gerekir.

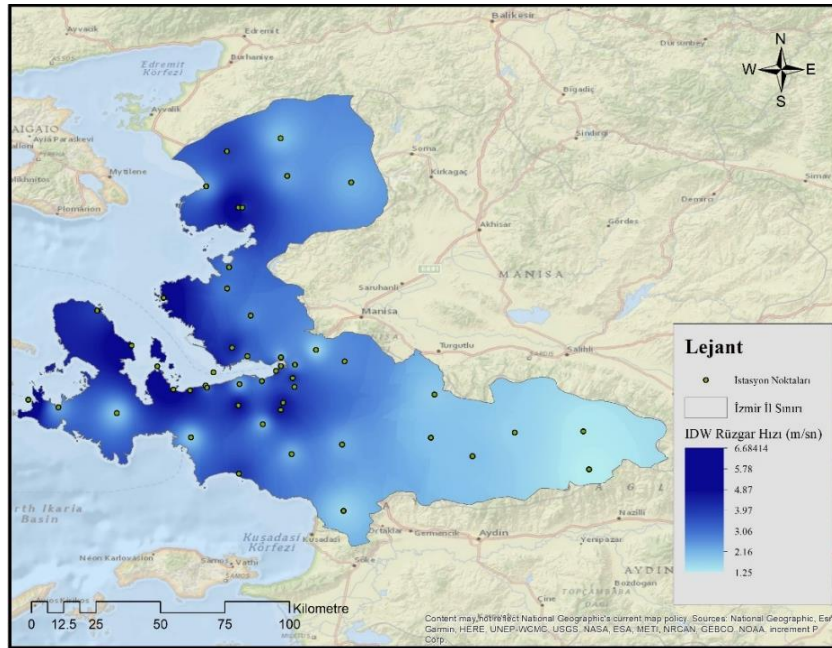
Tablo 1.Yöntemlere ait karesel ortalama hatalar

	<i>IDW</i>	<i>Natural Neighbor</i>	<i>Ordinary Kriging</i>	<i>Trend</i>
<i>KOH</i>	1,47	1,84	1,33	1,60



Şekil 2. İşlem adımlarının otomatikleştirilmesini sağlayan model.

Öncelikle örnek alınan noktaların çalışma alanına dağılımı sonucu büyük ölçüde etkilemektedir. Otomatik gözlem istasyonlarının sıklığı ilçelerdeki bir istasyonun model dışında bırakılması sonucu çok büyük ölçüde etkilememektedir. Bunun aksine istasyon dağılımının düşük olduğu bölgelerde modelin dışında bırakılan istasyonun yıllık ortalama rüzgar hızı verisi çevresinde bulunan istasyonlar ile uyumlu ise bu istasyonlara ait hatalar da düşük olmaktadır. Diğer yöntemlerde ise doğruluğun neden daha yüksek çıktığını ele almak gerekirse nearest neighbor yöntemi ekstrapolasyon noktasında yetersiz kalan bir yöntem olduğu için çalışma alanı sınırına yakın bölgelerde yer alan istasyonların hata değerleri karesel ortalama hatayı arttırmıştır. Şekil 3’de doğruluğu en yüksek yöntem olarak belirlenen IDW yani ters mesafe ağırlıklı yöntemle ait rüzgar haritası gösterilmiştir.



Şekil 3. IDW yöntemi ile üretilen rüzgar hızı haritası

Kaynaklar

- Doğru A. O., Keskin, M., Ozdogu, K., İliev, N., Ulugtekin, N. N., Balcık, F. B., Goksel, C., & Sozen, S. (2011). *Meteorolojik Verilerin Değerlendirilmesi ve Sunulması için Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması*. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Antalya, Turkey.
- Flemal, Ronald C., 1982. *Beaches and Coastal Geology*. Springer US. ISBN 978-0-387-30843-2.
- Hengl, T., 2009. *A Practical Guide to Geostatistical Mapping*. ISBN 978-90-9024981-0.
- Isaaks, E. H., ve Srivastava, M. R., (1989). *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford University, 561.
- Noorollahi T., Yousefi H., Mohammadi M. (2016) *Multi-Criteria Decision Support System for Wind Farm Site Selection Using GIS*. Sustainable Energy Technologies and Assessments (Vol 13)
- Sluiter, R., 2009. *Interpolation Methods for Climate Data*. De Bilt.
- Van Ackere, S., Van Eetvelde, G., Schillebeeckx, D., Papa, E., Van Wyngene, K., & Vandavelde, L. 2015. *Wind Resource Mapping Using Landscape Roughness and Spatial Interpolation Methods* (Vol. 8)