

Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yönteminde Güç Fonksiyonu Etkisinin İncelenmesi

Sinan Göğsu^{1,*}, Kemal Özgür Hastaoğlu²

¹Sivas Kadastro Müdürlüğü, 58060, Sivas.

²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas.

Özet

Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi mühendislik ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) çalışmalarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerek yöntemdeki hesap kolaylığı gerekse çözüm doğruluğu, yöntemin yaygın olarak kullanılmasındaki en önemli faktörlerdir. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yönteminde tahmin edilecek nokta değeri, bu nokta civarında bulunan komşu noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, komşu noktaların tahmini yapılacak değer üzerindeki etkisi mesafedeki değişime bağlıdır. Mesafeye bağlı oluşan bu etkinin gücünü ise güç fonksiyonu olarak tanımlanan değişken (p) belirlemektedir. Genellikle birçok çalışmada güç fonksiyon değeri iki olarak alınmaktadır. Bu çalışmada Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi için güç fonksiyonunun etkisi incelenmiştir ve bu çalışma için Sivas Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanı içerisinde bir test alanı oluşturulmuştur. Test alanı içerisinde 121 adet noktada Global Navigation Satellite System (GNSS) Hızlı Statik Yöntem ile GNSS ölçüleri gerçekleştirilmiş ve noktaların elipsoidal yükseklik ve yatay konum bilgileri elde edilmiştir. Bunun yanı sıra bu noktalarda Geometrik Nivelman yöntemiyle ortometrik yükseklikler belirlenmiştir. Böylelikle 121 adet nokta için elipsoidal ve ortometrik yükseklik farkları kullanılarak Jeoid Ondülasyon değerleri hesaplanmıştır. Bu noktalardan 98 adeti dayanak, 23 adeti ise kontrol noktası olarak seçilmiştir. Dayanak noktalarına bağlı olarak kontrol noktalarının, Jeoid Ondülasyon değerleri farklı güç fonksiyon değerleri için (1 ' den 30 ' a kadar) Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi kullanılarak kestirilmiştir. Daha sonra kontrol noktalarının ölçülen ve farklı güç fonksiyon değerleri için hesaplanan Jeoid Ondülasyon değerleri karşılaştırılarak çalışma sahasında Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi için en uygun güç fonksiyonu değeri belirlenmiştir. Farklı güç fonksiyon değerleri için elde edilen sonuçlar incelenmiş ve güç fonksiyonu değerinin ayrıntılı olarak etkisi irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler

Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon, IDW, Güç Fonksiyonu

Abstract

Inverse Distance Weighted Interpolation method is widely used in engineering and Geographic Information System (GIS) studies. Both ease of calculation and accuracy of solution in the method are the most important factors in the widespread use of the method. In the Inverse Distance Weighted Interpolation method, the point value to be estimated is a function of the distance and magnitude of the neighboring points around this point and the effect of the neighboring points on the estimated value depends on the change in distance. The variable " p " defined as the power of this effect depending the distance. Generally, in many studies, the power function value is taken as two. In this study, the effect of power function was investigated for Inverse Distance Weighted Interpolation method and this study, a test area within the campus of Sivas Cumhuriyet University was created. GNSS measurements were carried out at 121 points in the test area using Global Navigation Satellite System (GNSS) Rapid Static Method and ellipsoid height and horizontal position of the points were obtained. In addition, the orthometric height of these points are determined by Geometric Levelling Method. In this way, for the 121 points, Geoid Undulation values were calculated using the ellipsoid and orthometric height differences. 98 of these points were selected as the reference and 23 as the control point. For different power function values (from 1 to 30) Geoid Undulation values of the control points depending reference points has been estimated using the Inverse Distance Weighted Interpolation method. Then, by comparing measured values of the control points and calculated Geoid Undulation values for different power function values, in the study area, method the most suitable power function value for the Inverse Distance Weighted Interpolation has been determined. The results obtained for different power function values and the detailed effect of the value of the power function is examined.

Keywords

Inverse Distance Weighting Interpolation, IDW, Power Function

1. Giriş

Enterpolasyon, geliştirilen bir matematik model ile herhangi bir konumda ölçü yapılmaksızın o konumdaki ölçme verisinin kestirilmesi işlemi olarak ifade edilebilir. Bir başka ifadeyle, jeodezik uygulamalarda arazi koşullarının elvermediği, ulaşım imkânı olmayan ve aynı zamanda yüksek maliyet gerektirmesi vb. sebeplerden ötürü ölçü yapılmayan/yapılamayan noktalara ait ölçü değerlerine en yakın değer tahmin edilmesinde çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır (Yanalak,1997; Yaprak, 2007). Uygulamada hangi enterpolasyon yönteminin kullanılması gerektiğinin iyi belirlenmesi, sonuçları doğrudan etkilemektedir. Ters mesafe ağırlıklı, Polinomlarla, Kayan yüzey yardımıyla, Sürekli parça parça polinomlarla, Multiquadrik, Kriging enterpolasyon yöntemi jeodezik uygulamalarda kullanılan bazı enterpolasyon yöntemleridir.

* Sorumlu Yazar: Tel: (0346)2801143 Faks: (0346)2116993

E-posta: sinangogsu@gmail.com (Göğsu S.)

Günümüzde hava tahminleri, toprak analiz haritaları, çevre kirlilik haritaları, gürültü haritaları, sıcaklık haritaları vb. birçok alanda enterpolasyon yöntemleri kullanılarak tahminler yapılmakta ve bu tahminlere dayalı çözümler üretilmektedir (Taylan&Damçayırı, 2016; Doğan v.d., 2013; Mousavi v.d, 2017; Chen v.d, 2012; Akyürek v.d., 2013; Şahin v.d., 2016; Tunçay v.d, 2016; Zengin Kazancı v.d., 2015). Jeodezide ise jeoid ondülasyonları, gravite anomalisi, yükseklik kestirimi, hız kestirimi, Sayısal Yükseklik Modelinin (SYM) belirlenmesi, jeoid yüzeyinin modellenmesi vb. alanlarda çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Literatürde IDW yöntemi üzerine yapılan bir çok çalışma mevcuttur (Kearsley, 1977; Kassim, 1980; Yiğit, 2003; DEMİR & AÇIKGOZ, 2000; Erol&Çelik, 2004; Yaprak, 2007; Ikechukwu v.d., 2017).

Bu çalışmada, belirlenen bir çalışma sahası içerisinde ölçü değerleri bilinen kontrol noktalarının jeoid ondülasyonu değerleri dayanak noktaları yardımıyla Ters Mesafe Ağırlıklı enterpolasyon yöntemi kullanılarak farklı p değerleri için hesaplanmıştır. Daha sonra farklı p değerleri için hesaplanan jeoid ondülasyon değerleri ile ölçülen değerler arasındaki farklar hesaplanmıştır. Fark değerleri kullanılarak her bir p değeri için Karesel Ortalama Hata (KOH) değerleri hesaplanmıştır. Böylelikle IDW yönteminin matematik modelinde bulunan güç fonksiyonu parametresinin p , ölçü değerlerinin kestirimi üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

1.1. Yöntem

1.1.1. Ters Mesafe Ağırlık Enterpolasyon Yöntemi (IDW-Inverse Distance Weighted)

Ters Mesafe Ağırlık Enterpolasyon yöntemi, dayanak noktalar ile kestirim yapılacak nokta arasındaki mesafenin tersinin ağırlıklandırılması esasına dayanır. IDW yönteminde, dayanak noktalara olan mesafe arttıkça uzaktaki noktanın kestirilecek değere olan etkisinin azaltılması amaçlanmıştır. Standart IDW yönteminde $N=\{X,Y,Z\}$ nokta kümesinin kapsadığı bölgede $P(x,y)$ konumundaki enterpolasyon noktasının yüksekliği,

$$z_e = \sum_{i=1}^n S_i * Z_i / \sum_{i=1}^n S_i \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte z x, y konumundaki noktanın yükseklik değerini, Z dayanak noktaların yükseklik değerlerini, S Ağırlık değerlerini, n dayanak nokta sayısını ifade etmektedir. (1) eşitliğinde S ağırlık değerleri, dayanak nokta ile enterpolasyon noktası arasındaki mesafenin (d) fonksiyonu olarak,

$$S_i = 1 / d_i^p, i=1, 2, 3, 4 \dots \quad p=1, 2, 3, 4 \quad (2)$$

eşitliğinden hesaplanır. Fonksiyonda p güç parametresi değeri artırıldıkça uzaktaki noktaların hesaplamaya olan etkisi azalmaktadır. Bir başka ifadeyle, uzaktaki noktalardan elde edilecek verilerin enterpolasyon noktasının bulunduğu konumdaki yüzeyin modellenmesinde olumsuz etkilerin en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır. Literatürde yaygın olarak p güç parametresi değerinin 2 olarak kullanıldığı görülmektedir. Fonksiyonda d dayanak noktaları ile enterpolasyon noktası arası mesafeyi ifade etmekte olup,

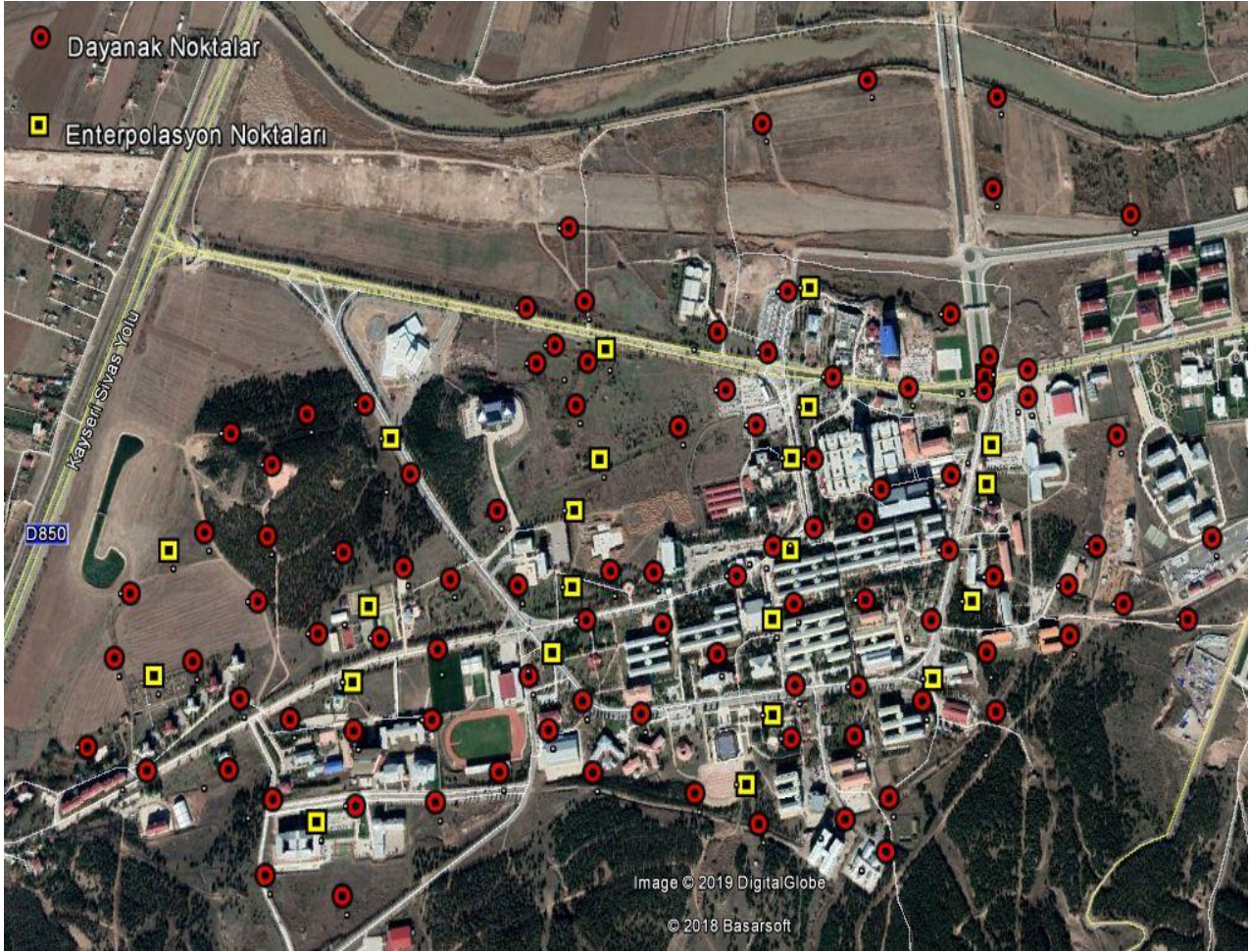
$$d_i = \sqrt{(x_e - X_i)^2 + (y_e - Y_i)^2} \quad (3)$$

eşitliğinden hesaplanır.

Standart IDW metodunda dayanak nokta seçimi olarak herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. Hesaplamalara çalışma sahası içerisinde bulunan tüm noktaların dahil edilmesi hem hesaplama güçlüğüne neden olmakta hem de enterpolasyon noktasının tahmin edilecek değerine olumsuz yönde etki edebilmektedir. Uygulamada genellikle enterpolasyon noktası merkezli daire ya da dikdörtgen alan içerisinde kalan dayanak noktalarına göre hesaplamalar yapılmaktadır (Yanalak, 2002).

1.2. Materyal ve Metodoloji

Çalışma sahası olarak Sivas Cumhuriyet Üniversitesi (C.Ü.) kampüs alanı seçilmiştir. Çalışma sahası içerisinde Şekil 1'de görülen 121 adet noktada Hızlı Statik yöntemiyle GNSS ölçüleri yapılarak noktaların elipsoidal yükseklikleri ve yatay konum bilgileri elde edilmiştir. Çalışma sahasındaki tüm noktaların geometrik nivelman yöntemiyle ortometrik yükseklikleri de belirlenmiştir. Ortometrik ve elipsoidal yükseklik farkları ile noktaların jeoid ondülasyon değerleri hesaplanmıştır. Dayanak ve kontrol noktalarına ait yatay konum bilgileri ve jeoid ondülasyonu değerleri öncelikle MS Excell programı ile veri seti haline getirilmiş, MATLAB programında geliştirilen yazılımda girdi verisi olarak kullanılmıştır.



Şekil 1: C.Ü. kampüs alanı içerisinde çalışma sahası olarak seçilen bölge.

1.3. Geliştirilen Yazılım Algoritması

MATLAB programında IDW enterpolasyon yöntemi üzerine hesap yapabilen bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılımda, çalışma sahasına uygun olarak p güç parametresi otomatik olarak tespit edilebilmekte ya da kullanıcı tanımlı giriş yapılabilmektedir.

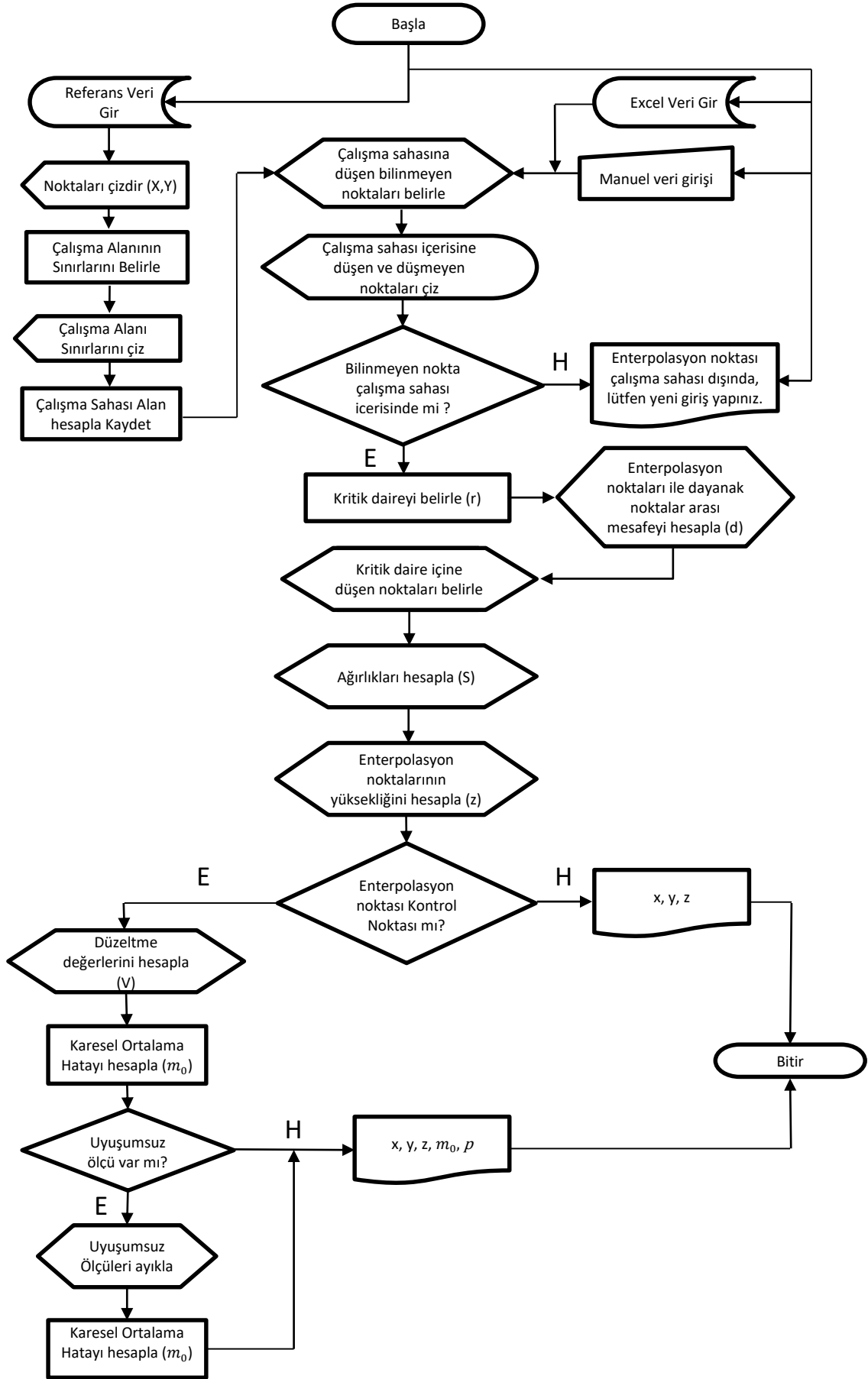
Yazılımda dayanak noktaların seçimi için Shepard yönteminde kullanılan kritik daire kullanılmıştır (Shepard, 1968). Shepard yönteminde kritik dairenin yarıçapı r ,

$$\pi r^2 = 7 * \left(\frac{A}{n}\right) \quad (4)$$

Eşitliği ile hesaplanmaktadır. Eşitlikte A çalışma sahasının alanını, n dayanak nokta sayısını ifade etmektedir.

Geliştirilen IDW yazılımında, girdi verileri çalışma sahasındaki dayanak noktalara ait yatay konum bilgileri ve jeoid ondülasyon değerleridir. Diğer bir girdi verisi ise hesaplanması istenilen enterpolasyon noktalarına ait verilerdir. Bu noktalardaki yatay konum bilgilerinin yanı sıra daha evvel hesaplanan jeoid ondülasyon değerleri de yazılıma girdi verisi olarak sunulmaktadır. Böylelikle geliştirilen yazılım, enterpolasyon noktalarının dayanak noktalara göre jeoid ondülasyon değerlerini kestirmekte ve ölçülen jeoid ondülasyon değerleri ile karşılaştırma yaparak çalışma sahasına en uygun p güç parametresini belirlemektedir.

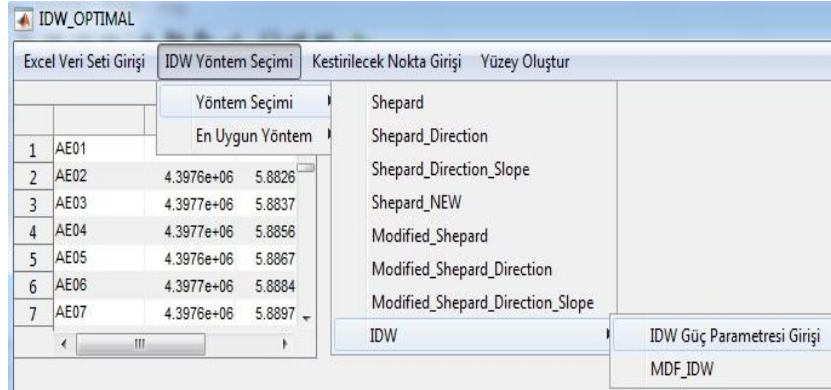
Geliştirilen yazılıma ait algoritma Şekil-2 de gösterilmektedir.



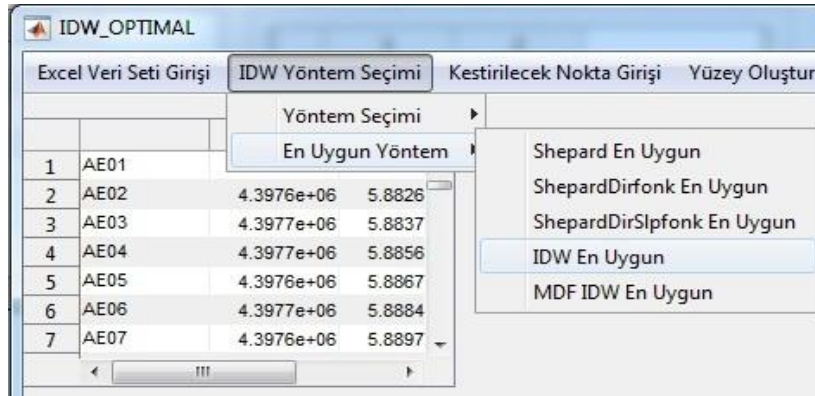
Şekil 2: IDW enterpolasyon yöntemine göre hesap yapabilen yazılım algoritması.

2. Uygulama

İlk olarak geliştirilen yazılımda kullanılmak istenen yöntem Şekil 3 ve Şekil 4'te görüldüğü gibi kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir.

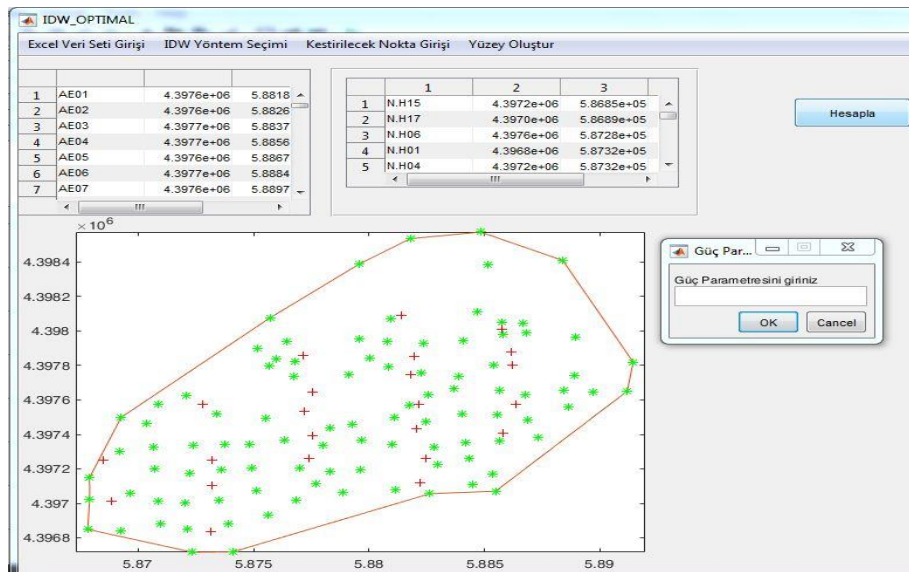


Şekil 3: Yazılım ara yüzünde güç parametresinin kullanıcı tanımlı olması durumunda IDW yöntem seçimi .



Şekil 4: Yazılım ara yüzünde en uygun güç parametresinin belirlenmesinin istenilmesi durumunda IDW yöntem seçimi.

Yazılımda p güç parametresi değeri kullanıcı tanımlı ya da otomatik olarak belirlenebilmektedir. Çalışma sahasındaki dayanak noktalar ile enterpolasyon noktalara ait veri girişleri yapıldıktan sonra, p güç parametresi değeri kullanıcı tanımlı olarak Şekil 3'de görüldüğü gibi manuel olarak girilebilmektedir.



Şekil 3: Çalışma sahası gösterimi ile p güç parametresi değeri giriş ekranı.

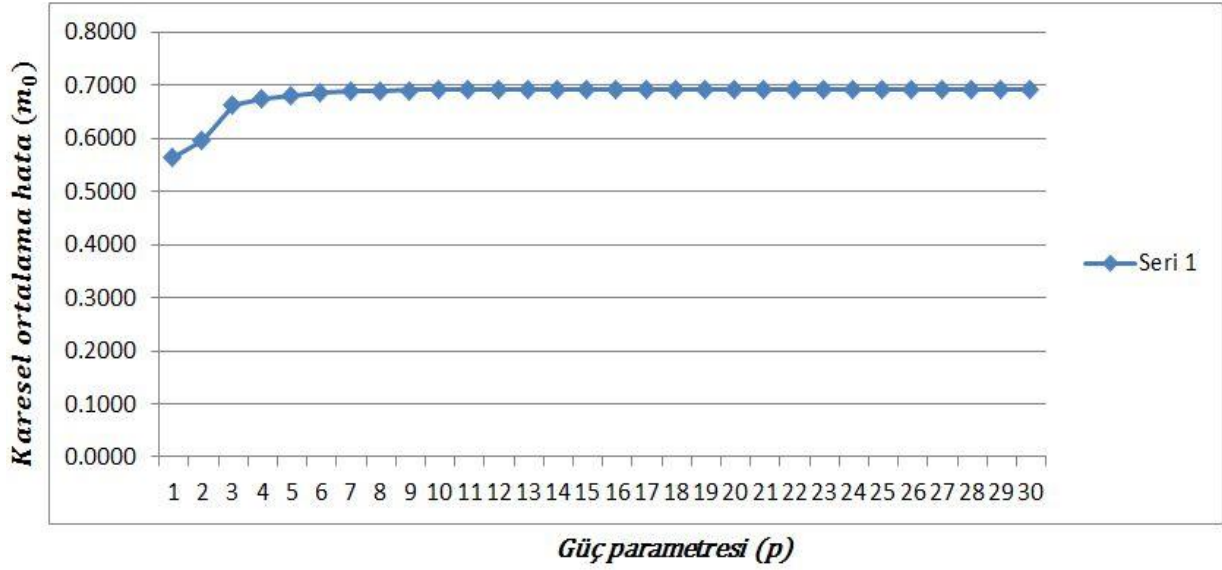
Veri girişleri ve p güç parametresi değeri kullanıcı tarafından belirlendikten sonra, dayanak noktalara göre çalışma sahasının sınırları tespit edilerek çalışma sahası alanı hesaplanmaktadır. Daha sonra enterpolasyon noktalarının çalışma sahası içerisinde kalıp kalmadığı test edilerek çalışma sahası için kritik daire yarıçapı r değeri belirlenmektedir. Sonraki adımda kritik daire içerisinde düşen dayanak noktalara göre ağırlıklar hesaplanıp enterpolasyon noktalarının jeoid ondülasyon değerleri elde edilmektedir. Son aşamada, girdi verisi olarak enterpolasyon noktalarının ölçülen jeoid ondülasyon değerleri ile kestirim değerlerinin karşılaştırması yapılarak uyumsuz ölçü testi yapılmaktadır. Uyumsuz ölçü olması durumunda, uyumsuz ölçülere ait veriler dışarda tutularak her bir p güç parametresi değeri için elde edilen sonuçların karesel ortalama hatası m_0 hesaplanmaktadır.

Uygulamanın ilk aşamasında, çalışma sahasında p güç parametresi değeri kullanıcı tanımlı 2, 3 ve 4 değerleri alınmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 1’ de gösterilmiştir.

Tablo 1: Güç parametresinin $p=2, 3, 4$ değerleri için elde edilen Jeoid Ondülasyon değerleri ve karesel ortalama hataları

Nokta No	Sağa	Yukarı	Ölçülen Jeoid Ondülasyon değeri	Hesaplanan Jeoid Ondülasyon değeri		
				$p=2$	$p=3$	$p=4$
N.H15	586850.798	4397248.044	33.7708	33.58574	33.60462	33.60970
N.H17	586885.214	4397011.106	33.7656	33.64471	33.69964	33.73390
N.H06	587280.857	4397573.548	32.601	32.62026	32.62069	32.62038
N.H01	587316.338	4396834.613	32.4096	32.47097	32.44277	32.42698
N.H04	587318.504	4397248.790	32.393	32.44342	32.44059	32.43689
N.H03	587321.951	4397102.432	32.4182	32.43182	32.42740	32.42421
N.G12	587712.536	4397858.802	32.686	33.36006	33.44866	33.49829
N.G14	587721.229	4397534.699	32.4211	32.70462	32.68975	32.67424
N.G16	587741.071	4397258.885	32.4208	32.43192	32.41825	32.40876
N.G13	587752.432	4397644.717	32.4202	33.29564	33.35228	33.40574
N.G15	587753.390	4397390.456	32.4137	32.50490	32.48585	32.46895
N.G07	588141.930	4398088.056	32.4131	33.50691	33.53107	33.53681
N.G05	588177.974	4397747.746	32.4282	33.52382	33.54771	33.55710
N.G06	588193.142	4397855.149	32.4253	33.55860	33.60784	33.64697
N.G03	588205.900	4397434.095	32.4198	32.54652	32.48078	32.44032
N.G04	588214.998	4397572.906	32.4267	33.37687	33.47971	33.52646
N.G01	588220.332	4397119.772	32.4013	32.39182	32.39138	32.39111
N.G02	588247.476	4397258.701	32.3954	32.39803	32.39763	32.39730
N.D08	588575.174	4398010.865	33.516	33.65502	33.66822	33.67916
N.D12	588580.532	4397407.843	33.5117	32.42602	32.40522	32.39829
N.D09	588617.090	4397880.202	34.9502	33.64582	33.65271	33.65803
N.D10	588621.606	4397802.040	33.5211	33.58460	33.57550	33.56963
N.D11	588635.783	4397572.352	33.5153	33.00108	33.09070	33.17193
Karesel Ortalama Hata:				$m_0= 0.5949$	$m_0= 0.6637$	$m_0= 0.6750$

Uygulamanın ikinci aşamasında yazılımın çalışma sahasına en uygun p güç parametresi değerini otomatik olarak belirlemesi istenilmiştir. Bu aşama enterpolasyon noktalarının ölçülen Jeoid ondülasyon değerlerinin olması durumuna göre tasarlanmıştır. Yazılım p güç parametresi değerini 1 den 30 değerine kadar olan aralıktaki her bir tamsayı değeri için koşturmaktadır. Her bir p güç parametresi değeri için elde edilen sonuç verilerin karesel ortalama hata m_0 değerleri içerisinde en düşük değer elde edildiği p güç parametresi değeri çalışma sahasına en uygun parametre olarak belirlenmektedir. Her bir p güç parametresi değerine karşılık hesaplanan karesel ortalama hata m_0 değerleri Şekil 4’te grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4: Güç parametresi değeri (p) ile Kareysel ortalama hata (m₀) değişim grafiği..

Sonuç olarak en uygun p güç parametresi değerinin “1” olduğu belirlenmiş olup elde edilen kestirim sonuçları Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2: Güç parametresinin $p=1$ değeri için elde edilen Jeoid Ondülasyon değerleri ve kareysel ortalama hata

Nokta No	Sağa	Yukarı	Ölçülen Jeoid Ondülasyon değeri	Hesaplanan Jeoid Ondülasyon değeri ($p=1$)
N.H15	586850.798	4397248.044	33.7708	33.5512
N.H17	586885.2138	4397011.106	33.7656	33.5698
N.H06	587280.8567	4397573.548	32.601	32.6185
N.H01	587316.3379	4396834.613	32.4096	32.5150
N.H04	587318.5038	4397248.79	32.393	32.4434
N.H03	587321.9512	4397102.432	32.4182	32.4369
N.G12	587712.5364	4397858.802	32.686	33.2427
N.G14	587721.2293	4397534.699	32.4211	32.7181
N.G16	587741.0706	4397258.885	32.4208	32.4478
N.G13	587752.4315	4397644.717	32.4202	33.2444
N.G15	587753.3902	4397390.456	32.4137	32.5222
N.G07	588141.9297	4398088.056	32.4131	33.4349
N.G05	588177.9741	4397747.746	32.4282	33.4847
N.G06	588193.1416	4397855.149	32.4253	33.5078
N.G03	588205.8998	4397434.095	32.4198	32.6155
N.G04	588214.9978	4397572.906	32.4267	33.2271
N.G01	588220.3315	4397119.772	32.4013	32.3924
N.G02	588247.4764	4397258.701	32.3954	32.3983
N.D08	588575.1739	4398010.865	33.516	33.6407
N.D12	588580.5322	4397407.843	33.5117	32.4683
N.D09	588617.0898	4397880.202	34.9502	33.6379
N.D10	588621.6058	4397802.04	33.5211	33.5952
N.D11	588635.7829	4397572.352	33.5153	32.9145
Kareysel Ortalama Hata:				$m_0 = 0.5637$

3. Sonuçlar

İlk aşamada, kullanıcı tanımlı olarak p güç parametresi değeri 2, 3 ve 4 alındığında, p nin 2 değerine karşılık karesel ortalama hata $m_0 = 0.5949$, p nin 3 değerine karşılık karesel ortalama hata $m_0 = 0.6637$, p nin 4 değerine karşılık karesel ortalama hata $m_0 = 0.6750$ olarak hesaplanmıştır. p nin 2 değeri alınması durumunda uyuşumsuz ölçülerin mevcut olduğu görülmüştür. Uyuşumsuz ölçüler çıkartılmadan önce p nin 2 değeri alınması durumunda $m_0 = 0.6443$ olarak hesaplanmıştır. Uyuşumsuz ölçülerin ayıklanması sonrasında p nin 2 değeri alınması durumunda ölçü değerlerine en yakın jeoid ondülasyon değerlerinin kestirildiği tespit edilmiştir.

İkinci aşamada, yazılımın çalışma sahasına yönelik belirlemiş olduğu en uygun güç parametresi değeri $p=1$ dir. p nin 1 değerine karşılık gelen karesel ortalama hata $m_0 = 0.5637$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer uyuşumsuz ölçü testi sonrası elde edilen değerdir. Uyuşumsuz ölçüler çıkartılmadan önce p nin 1 değeri alınması durumunda $m_0 = 0.6177$ olarak hesaplanmıştır.

Uygulamada IDW metoduyla kestirim yapılmak istenildiğinde, çalışma sahasında kontrol noktalarının var olması durumunda kontrol noktalarının kestirilen değerlerine göre uyuşumsuz ölçü testi yapılarak en uygun p güç parametresi değerinin belirlenebildiği, kestirim değerlerinin daha doğru sonuçlar verebileceği görülmüştür.

Kaynaklar

- Akyürek,Ö., Arslan,O., ve Karademir, (2013), A., *So2 ve Pm10 Hava Kirliliği Parametrelerinin Cbs ile Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.
- Chen, F. W., & Liu, C. W., (2012), Estimation of the spatial rainfall distribution using inverse distance weighting (IDW) in the middle of Taiwan. *Paddy and Water Environment*, 10(3), 209-222, <https://doi.org/10.1007/s10333-012-0319-1>.
- Demir C., Açıkgoz M., (2000), *Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı Noktalarındaki Uzun Periyotlu Koordinat Değişimlerinin (Seküler Hızların) Kestirilmesi*, Harita Dergisi, 123(1), 1-19.
- Doğan, H. M., Yılmaz, D. S. ve Kılıç, O. M., (2013), *Orta Kelkit Havzası'nın Bazı Toprak Özelliklerinin Ters Mesafe Ağırlık Yöntemi (IDW) ile Haritalanması ve Yorumlanması*, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, (6), 46-54.
- Erol, B., & Çelik, R.N., (2004), Modelling local gps/levelling geoid with the assesment of inverse distance weighting and geostatistical kriging methods. In XX th ISPRS Congress, Istanbul, Turkey.
- Ikechukwu, M. N., Ebinne, E., Idorenyin, U., & Raphael, N. I., (2017), Accuracy assessment and comparative analysis of IDW, spline and kriging in spatial interpolation of landform (Topography): An experimental study. *Journal of Geographic Information System*, 9(03), 354, doi: 10.4236/jgis.2017.93022.
- Kassim, F. A. (1980). *An evaluation of three techniques for the prediction of gravity anomalies in Canada*. Department of Surveying Engineering, University of New Brunswick,
- Kearsley, W., (1978). *The Prediction and Mapping of Geoidal Undulations from Geos-3 Altimetry, [gravity anomalies]*, <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19780015564>, [Erişim 11 Mart 2019].
- Mousavi, S. R., Sarmadian, F., Dehghani, S., Sadikhani, M. R., & Taati, A., (2017). *Evaluating inverse distance weighting and kriging methods in estimation of some physical and chemical properties of soil in Qazvin Plain*. Eurasian Journal of Soil Science, 6(4), 327-336.
- Prasad, N., & Sarma, A. D. (2004). Ionospheric time delay estimation using IDW grid model for GAGAN. *J. Indian Geophys. Union*, 8(4), 319-327.
- Rosette J., Suárez J., North P., Los S., (2011), *Forestry applications for satellite lidar remote sensing*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 77(3), 271-279.
- Shepard, D., (1968), *A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data*, In Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference, (pp. 517-524).
- Şahin, K., Şenol, E., & Ögel, C., (2016). *Isparta Şehrinde Trafik Kaynaklı Gürültü Kirliliği*, Journal of International Social Research, 9(43), 1177-1185.
- Taylan E.D., Damçayırı D., (2016), *Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini*, Teknik Dergi, 27(3), 7551-7559.
- Tunçay, T., Bayramın, I., Atalay, F., & Unver, I., (2016), Assessment of inverse distance weighting (idw) interpolation on spatial variability of selected soil properties in the Cukurova Plain. *Journal of Agricultural Science*, 22, 377-384.
- Yanalak, M., (1997). *Sayısal Arazi Modellerinden Hacim Hesaplarında En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Araştırılması*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Yanalak, M., (2002), *Yön Ve Ters Uzaklık Ağırlıklı Ortalama İle Enterpolasyon*, Harita Dergisi, 127, Ocak, Ankara
- Yaprak S., (2007), *Kriging Yönteminin Geoit Yüzeyi Modellemesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Varolan Yöntemlerle Karşılaştırılması*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Yiğit, C. Ö. (2003), *Elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliğe dönüşümünde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Zengin Kazancı, S., Tanir Kayıkçı, E., (2015), *Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri Uygulamalarında Optimum Parametre Seçimi: Doğu Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği*, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Türkiye.