

Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini

E. Dilek TAYLAN¹
Derya DAMÇAYIRI²

ÖZ

Çalışmada Isparta ili ve çevresindeki uzun dönem ortalama yağışların tahminlerinin yapılması konusunda modeller üretilmiştir. Modellerin üretilmesi ile birlikte elde edilen tahminler ile haritalar yapılmıştır. Modellerin oluşturulmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW) ve Kriging Enterpolasyon yöntemi ile tahmin yapılmıştır. Tahminde oluşan sonuçlar her iki yöntem açısından kıyaslanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda IDW yöntemi ile elde edilen tahminlerin ve haritaların daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), IDW, Kriging Enterpolasyon Yöntemi.

ABSTRACT

The Prediction of Precipitations of Isparta Region By Using IDW and Kriging

The models on the long term mean rainfall estimations of Isparta region were produced in this study. The maps were formed according to estimation results of models. In modeling, Geographic Information Systems (GIS), Inverse Distance Weighting-IDW estimation method and Kriging Interpolation estimation methods were used. The results of predictions of both methods were compared and the results were evaluated. The evaluation results showed that the estimations and maps of IDW are better than those of Kriging method.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), IDW, Kriging Interpolation Method.

1. GİRİŞ

Su; canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri açısından önemli bir bileşiktir. Su kaynaklarının korunması da bu açılardan oldukça önemlidir. Bilimsel çevrelerde de su ve su kaynaklarının korunması için birçok çalışma yapılmaktadır. Kaynakların ve havzaların korunmasında

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 07.07.2014 günü ulaşmıştır.
- 30 Eylül 2016 gününe kadar tartışmaya açıktır.

1 Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta - dilektaylan@sdu.edu.tr

2 Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta - deryadamcayiri@gmail.com

yararlanılan önemli araçlardan biri de Coğrafi Bilgi Sistemleridir (CBS). CBS; karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemidir[1]. Bu yazılım ve sistemler, her alanda olduğu gibi su kaynaklarının korunması ve havza genelinde çalışmalar yapılması konusunda olanak sağlamaktadır. Bu ve benzeri sistemler sonucunda oluşturulan nihai haritalar gerçek değerlere olan yakınsaklıkları ile de güncel verileri desteklemektedir. Söz konusu çalışmada; Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW) ve Kriging Enterpolasyon Yöntemi kullanılmıştır. IDW yönteminde; örneklenemeyen her bir nokta için mesafe artışına göre hücre değerlerinin belirlenmesi sağlanır. Kriging yönteminde ise; her bir nokta için bir varyans değeri hesap edilmiştir. Bu da, modellerin güvenilirliği açısından oldukça önemli bir unsurdur. Bu modeller oluşturularak yağış tahminlerinin yapılmasındaki amaç; yağış verilerinin eksikliğinde eksik verileri tamamlayarak veri eksikliğini gidermektir. Ayrıca; iki farklı model yaklaşımı ile yapılan tahminlerin doğruluğu kıyaslanmış, hangi yöntemin gerçeğe daha yakın olduğu saptanmıştır.

2. KONUMSAL TAHMİNLEME YÖNTEMLERİ

2.1. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW)

Bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. İlgili hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar gözetilerek ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değeri hesap edilir. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır. Bu yöntemde verilen genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi özellikler incelenmektedir. Verilerin sadece yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılması yapılmaktadır. Deterministik bir yöntemdir[2], [5].Ağırlıklı hareketli ortalama enterpolasyon için yaygın kullanılan bir yaklaşımdır. Farklı ağırlıklı fonksiyonların çeşitleri kullanılmış fakat IDW, CBS sistemlerindeki en ortak form olmuştur. IDW tam bir ara değer üreticisidir (enterpolatördür) öyle ki verilerin değerlerini pekiştirir. IDW tahmincisi aşağıdaki gibidir [3], [4];

$$z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad (1)$$

Tahminlerin yapıldığı X_0 lokasyonu, komşu ölçümleri n 'nin bir fonksiyonudur ($z(X_{0i})$ ve $i=1,2,\dots,n$); r gözlemlerin her birinin atanmış aralığını belirleyen üsttür ve d gözlem lokasyonu X_i ile tahmin lokasyonu X_0 'ı ayıran mesafedir. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakınındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir [4].Matematiksel formüller yukarıda açıklandığı şekilde olup, CBS yazılımı olan ARCGIS ortamında hesaplanmış ve haritalar üretilmiştir.

2.2. Kriging Enterpolasyon Yöntemi

Kriging enterpolasyon yöntemi, bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak, diğer noktalardaki verilerin optimum değerlerini kestiren bir enterpolasyon metodudur [6], [7]. Kriging enterpolasyon, yarıvariogram yapısal özellikleri kullanılarak örneklenmemiş noktalardaki konumsal değişikliklerin yansız tahminin optimal şekilde yapıldığı bir tekniktir [8], [9], [7]. Kriging yöntemini diğer enterpolasyon yöntemlerinden ayıran en önemli özellik, tahmin edilen her bir nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu tahmin edilen değer için güven derecesinin bir ölçüsüdür [9], [7]. Kriging de kullanılan temel eşitlik,

$$N_p = \sum_{i=1}^n P_i x N_i \quad (2)$$

dir. Burada, n modeli oluşturan nokta sayısı; N_i , N_p 'nin hesabında kullanılan noktaların geoit ondülasyon değerleri; N_p aranılan ondülasyon değeri ve P_i , N 'nin hesabında kullanılan her N_i değerine karşılık gelen ağırlık değeridir. $i=1$ 'den n 'ye kadar gözlem noktalarındaki N ondülasyon değeri bilinmektedir. Ancak bu değerlere verilecek olan ağırlıkların hesaplanması gerekmekte olup Kriging'de bu ağırlıklar, kestirim hataları ortalaması sıfır ve varyans minimum olacak şekilde belirlenir. Yansızlık için ümit değeri $E [N_p - N_i] = 0$ olmalıdır. Bunu sağlayabilmek için $\sum P_i = 1$ olmalıdır. Minimum varyans için ise; $Var [N_p - N_i] = \text{minimum}$ olmalıdır. Bu amaçla türetilen

$$\begin{aligned} P_1 \gamma(h_{11}) + P_2 \gamma(h_{12}) + \dots + P_n \gamma(h_{1n}) &= \gamma(h_{1p}) \\ P_1 \gamma(h_{21}) + P_2 \gamma(h_{22}) + \dots + P_n \gamma(h_{2n}) &= \gamma(h_{2p}) \\ \vdots & \\ P_1 \gamma(h_{n1}) + P_2 \gamma(h_{n2}) + \dots + P_n \gamma(h_{nn}) &= \gamma(h_{np}) \end{aligned} \quad (3)$$

Lineer denklem sistemine göre ağırlıklar çözümlenir. Matris gösterime göre $\gamma P = \gamma_0$ olur. Burada γ dayanak noktaları arasındaki yarıvariogram matrisini, P ağırlık matrisini, γ_0 ise dayanak noktaları ile kestirim noktaları arasındaki yarıvariogram matrisini gösterir. Enterpolasyonun yansız olması için ağırlık toplamlarının 1'e eşit olması istenir ($\sum_{i=1}^n P_i = 1$). Bu durumda denklem 3 aşağıdaki şekli alır.

$$\begin{aligned} P_1 \gamma(h_{11}) + P_2 \gamma(h_{12}) + \dots + P_n \gamma(h_{1n}) &= \gamma(h_{1p}) \\ P_1 \gamma(h_{21}) + P_2 \gamma(h_{22}) + \dots + P_n \gamma(h_{2n}) &= \gamma(h_{2p}) \\ \vdots & \\ P_1 \gamma(h_{n1}) + P_2 \gamma(h_{n2}) + \dots + P_n \gamma(h_{nn}) &= \gamma(h_{np}) \\ P_1 + P_2 + \dots + P_n &= 1 \end{aligned} \quad (4)$$

Bu durumda n tane bilinmeyen ve (n+1) tane denklem vardır. Çözümün yansız olması için λ Lagrange çarpanı eklenir. Böylece denklem sayısı bilinmeyen sayısına eşitlenir [10], [7].

$$\begin{aligned}
P_1\gamma(h_{11}) + P_2\gamma(h_{12}) + \dots + P_n\gamma(h_{1n}) + \lambda &= \gamma(h_{1p}) \\
P_1\gamma(h_{21}) + P_2\gamma(h_{22}) + \dots + P_n\gamma(h_{2n}) + \lambda &= \gamma(h_{2p}) \\
\vdots & \\
P_1\gamma(h_{n1}) + P_2\gamma(h_{n2}) + \dots + P_n\gamma(h_{nn}) + \lambda &= \gamma(h_{np}) \\
P_1 + P_2 + \dots + P_n &= 1
\end{aligned} \tag{5}$$

Elde edilir. Bu halde $\gamma P = \gamma_0$ olur. Burada,

$$\gamma = \begin{bmatrix} \gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & \dots & \gamma(h_{1n}) & 1 \\ \gamma(h_{21}) & \gamma(h_{22}) & \dots & \gamma(h_{2n}) & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(h_{n1}) & \gamma(h_{n2}) & \dots & \gamma(h_{nn}) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_p \\ \lambda \end{bmatrix} \gamma_0 = \begin{bmatrix} \gamma(h_{1p}) \\ \gamma(h_{2p}) \\ \vdots \\ \gamma(h_{np}) \\ \lambda \end{bmatrix}$$

Olmak üzere ağırlıklar variogram fonksiyonlarından yararlanılarak aşağıdaki 6 eşitliğinden bulunur.

$$P = \gamma^{-1}x\gamma_0 \tag{6}$$

Ağırlıkların belirlenmesinden sonra her bir nokta için kestirim değerleri hesaplanır. Enterpolasyon noktasının Kriging varyansı, aşağıdaki 7 eşitliği ile bulunur.

$$\sigma^2 = P^T x \gamma_0 \tag{7}$$

Burada; $P^T =$ Ağırlık matrisinin transpozunu, $\sigma^2 =$ Kriging varyansı ifade eder. Kriging tekniği, diğer tekniklere göre daha yansız sonuçların yanı sıra, minimum varyanslı ve tahmine ait standart sapmanın hesaplanmasına olanak veren bir tekniktir [11], [12], [13], [6]. Kriging tekniğinde örnekleme yapılmamış bir noktada araştırılan özellik için enterpolasyon yapmada bu noktanın yakın çevresinde ölçüm yapılmış en az 6 ve 8, en çok 16 ve 24 arasında değişik nokta kullanılır [14], [15], [7]. Bu modelde de, IDW yönteminde olduğu gibi ARCGIS ortamında veriler girilip haritalar üretilmiştir.

3. UYGULAMA

Yapılan çalışmada; Akdeniz Bölgesi Isparta ve Burdur İli çevresindeki 13 istasyonunu verileri kullanılarak 11 istasyonun yağış tahmini IDW ve Kriging yöntemleri ile yapılmış, gerçek yağış değerleri ile tahmin edilen değerler kıyaslanmış ve söz konusu yöntemlerin doğrulukları kıyaslanmıştır. Aşağıdaki çizelgede; yağış verileri kullanılan istasyonlar hakkında genel bilgiler verilmiştir. Her istasyon için aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Aylık olarak her ay için yağış verileri toplanmış, ortalaması alınmış ve 13 istasyon için 156 yağış verisine ulaşılmıştır. Çizelge 1 de aynı zamanda istasyonların yıllık uzun dönem ortalamaları ve standart sapma değerleri hesap edilmiştir.

Çizelge 1. Meteorolojik İstasyonlara Ait İstatistikler

İstasyon adı	Veri Aralığı	Ortalama	Standart Sapma
Isparta Merkez	1964-2006	436,58	240,49
Eğirdir	1964-2006	640,79	474,20
Senirkent	1964-2006	547,48	311,41
Uluborlu	1964-2006	515,50	267,35
Yalvaç	1964-2004	413,55	203,81
Gelendost	1983-1988	41,25	25,57
Barla	1987-1992	41,95	23,50
Aksu	1983-2003	72,97	43,66
Ağlasun	1975-1992	61,47	34,45
Sütçüler	1975-1992	79,16	51,43
Kasımlar	1987-1997	86,98	67,53
Burdur-Bucak	1975-1998	56,86	31,49
Kızılkaya	1987-1990	29,54	16,92

Elde edilen yağış verileri, koordinatlı olan istasyon noktalarına Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin ARCGIS programının ARCMAP yazılımı kullanılarak işlenmiştir. İstasyon noktalarına işlenen veriler yardımı ile tahminler yapılmıştır. Tahminler yapılırken, tahmin edilecek istasyon dışındaki veriler kullanılmış ve her bir işlem de (n-1) istasyon sayısı mantığı ile çalışılmıştır. Tahminleme yöntemleri olarak IDW ve Kriging yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler yardımı ile tek tek her bir istasyon için tahminler yapılmıştır. Oluşturulan modeller ile yağış verileri tahmin edilmiş ve tahmin edilen değerlerin gerçek değerlere yakınlığı kıyaslanmıştır.

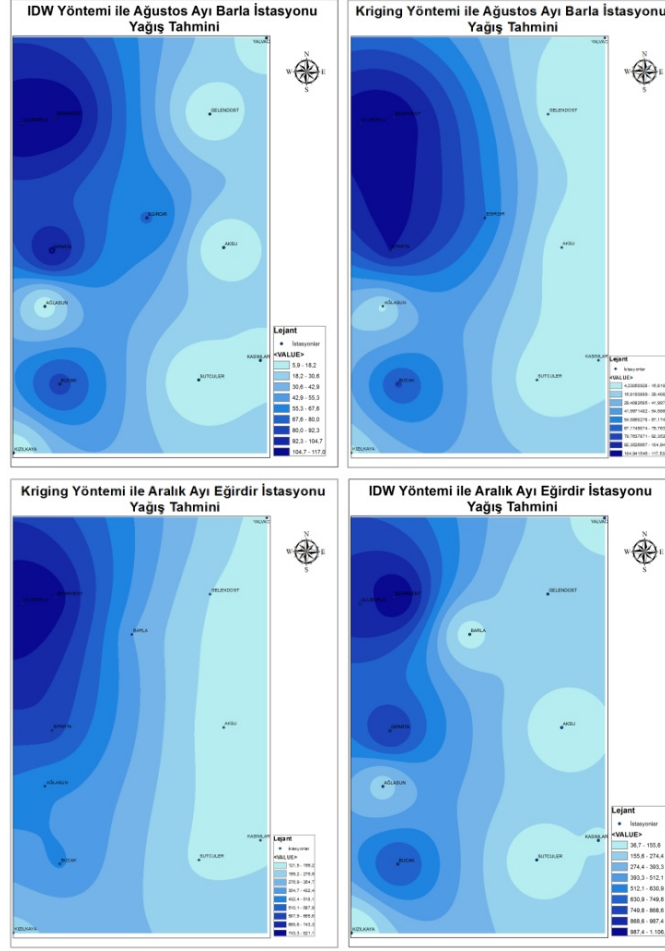
3.1. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW) ile Tahminlerin Yapılması

Mevcut istasyonlardan elde edilen uzun yıllara ait ortalama yağış verileri ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi ile modellenmiş ve havzadaki yağışların dağılımı haritalarda gösterilmiştir. Haritalar oluşturulurken 13 istasyon verisi kullanılmış ve 11 istasyon için haritalar üretilmiştir. Haritalar her bir istasyon için yağış verisi tahmin etme mantığına dayanmaktadır. Uzun yıllar yağış ortalamalarına göre en kurak ay Ağustos, en yağışlı ay Aralık bulunmuştur. Elde edilen haritalar yardımı ile her bir istasyon için yağış tahmini yapılmıştır.

3.2. Kriging Enterpolasyon Yöntemi İle Tahminlerin Yapılması

IDW yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de 13 istasyonun ortalama yağış verilerinden yararlanılarak haritalar üretilmiştir. Söz konusu yöntemde de; en kurak ay Ağustos, en yağışlı ay olarak Aralık ayı bulunmuştur. Elde edilen haritalar yardımı ile her bir istasyon ve her bir ay için ayrı ayrı tahminler yapılmıştır. IDW yönteminde de olduğu gibi Kriging yönteminde de, uzun yıllar yağış ortalamalarına göre en kurak ay Ağustos, en yağışlı ay

Aralık bulunmuştur.Şekil 1 de verilen haritalarda, kuraklığın en fazla olduğu ay ve istasyonolan Barla İstasyonu Ağustos ayı ve en yağışlı ay ve istasyon olan Eğirdir İstasyonu Aralık ayı için IDW ve Kriging yöntemlerine göre elde edilen yağış tahmin haritaları görülmektedir.



Şekil 1. IDW ve Kriging Yöntemi ile Barla ve Eğirdir İstasyonlarına Ait Yağış Tahmini

3.3. Yapılan Tahminler İle Gerçek Sonuçların Karşılaştırılması

IDW ve Kriging yöntemleri ile 11 istasyon için yapılan tahminlerin doğruluğunu göstermek için gerçek değerler ile tahmin edilen değerler en kurak ve en yağışlı aylar için aşağıdaki çizelgede kıyaslanmıştır.

Çizelge 2. Gerçek Yağış Değerleri ve Tahmin değerleri

	AĞUSTOS			ARALIK		
	Gerçek Değer	IDW	Kriging	Gerçek Değer	IDW	Kriging
Isparta	105,33	39,51	50,99	861,45	506,75	431,83
Eğirdir	68,13	35,55	31,01	1453,78	329,13	331,93
Senirkent	116,05	90	54,86	1106,35	789,21	411,42
Uluborlu	117,10	95,95	40,89	963,80	933,77	423,30
Gelendost	6,78	29,46	22,30	49,68	192,78	442,38
Barla	5,92	42,84	35,31	78,43	623,82	499,48
Aksu	14,52	32,05	37,38	152,63	353,54	497,08
Ağlasun	12,68	22,88	26,84	95,69	271,68	490,90
Sütçüler	9,38	37,81	32,72	164,49	451,93	489,91
Kasımlar	13,48	76,21	92,66	234,73	705,84	484,06
Burdur-Bucak	9,18	63,01	74,82	110,78	821,14	600,57

4. SONUÇLAR

Isparta ili ve çevresindeki 13 istasyon noktası kullanılarak, 11 istasyon için uzun yıllara ait ortalama yağış verileri kullanılarak IDW ve Kriging yöntemi ile tahminler yapılmış ve elde edilen tahminler ile yağış haritaları üretilmiştir. Elde edilen tahminlerden alınan sonuçlar karşılaştırıldığında IDW yöntemi ile Uluborlu istasyonuna ait tahminin, gerçek değerlere en iyi yaklaşan istasyon olduğu görülmüştür. IDW yöntemi ile elde edilen tahminlerden en düşük determinasyon katsayısına sahip istasyonun da Barla İstasyonu olduğu görülmüştür. Kriging yönteminde ise; en yüksek determinasyon katsayısı Isparta, en düşük determinasyon katsayısı da Barla istasyonuna aittir. IDW ve Kriging yöntemleri ile tahminlerin yıllık uzun dönem ortalama ve standart sapma değerleri aşağıdaki Çizelge 3'de gösterilmiştir.

Yapılan tahminlerin ortalama ve standart sapma değerlerinin regresyon değerleri hesap edildiğinde; IDW yönteminin R^2 değeri 0.0903, Kriging yönteminin R^2 değeri 0.3128 bulunmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde Kriging yönteminin IDW yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür bunun nedeni Kriging yönteminde fark ağırlığının sadece mesafeye dayanmamasıdır. Ayrıca; gerçek değerlerde olduğu gibi tahmin edilen değerlerde de her iki yöntem için de en kurak ayın Ağustos, en yağışlı ayın Aralık ayı olduğu görülmüştür. Örneğin; Anderson (2003) [16]., ABD'nin Arizona bölgesinde yaklaşık 6.387 km² lik bir alanda, 36 adet meteoroloji gözlem istasyonu kullanarak alansal sıcaklık haritası üretmiştir. Sıcaklık değerleri; Spline, Ağırlık Ters Uzaklık (IDW) ve Kriging yöntemiyle haritalanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Değerlendirme; istatistiksel sonuçları ve Willmott denklemi baz alarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak; Kriging yönteminin alansal enterpolasyonda muhtemel en iyi tahmini yaptığını belirtmiştir. Kriging yönteminden sonra ikinci en iyi tahmini IDW yöntemi sonuçlarından elde edildiği vurgulanmıştır (Keskiner, 2008) [17]. Esas olarak bu çalışmada; istasyon noktalarına ait verilerin eksikliğinde tahmin yapıp, o istasyona ait en doğru veriyi elde etmek amaçlanmıştır. Karşılaştırılan iki yöntem ile de eksik veri ile karşılaşıldığında daha doğru sonucu veren yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 3. IDW ve Kriging Yönteminin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

	IDW		Kriging	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Isparta Merkez	237,05	145,58	219,73	123,81
Eğirdir	169,74	92,66	172,63	96,36
Senirkent	414,79	221,43	218,39	108,45
Uluborlu	471,84	275,65	213,47	120,91
Gelendost	140,72	74,87	193,27	142,61
Barla	291,27	190,40	239,99	147,56
Aksu	175,40	102,03	242,83	146,92
Ağlasun	136,57	78,97	234,38	149,12
Sütçüler	222,27	136,54	233,85	149,36
Kasımlar	361,25	199,55	285,62	129,92
Burdur-Bucak	388,50	247,14	328,17	184,67

Semboller

- F : Matematiksel fonksiyon
n : Modeli oluşturan nokta sayısı
 N_p : Aranılan ondülasyon değeri
 N_i : N_p in hesabında kullanılan noktaların geoit ondülasyon değerleri
P : Ağırlık matrisi
 P_i : N 'nin hesabında kullanılan her N_i değerine karşılık ağırlık değeri
 P^T : Ağırlık matrisinin transpozu
 γ : Dayanak noktaları arasındaki yarıvariogram matrisi
 γ_0 : Dayanak noktaları ile kestirim noktası arasındaki yarıvariogram matrisi
 σ^2 : Kriging varyansı

Kaynaklar

- [1] İşlem CBS Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti., 2005. ArcGIS9 Uygulama Dökümanı, Sinan Ofset Matbaacılık, Ankara.
[2] Korkmaz Başel, E. D., Çakın, K., Satman, A., Türkiye'nin Yeraltı Sıcaklık Haritası ve Tahmini Isı İçeriği, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 2008.
[3] Loyd C.D., 2007, Local Modelsfor Spatial Analysis, CRC Press, 21-22p.

- [4] Demircan, M., Alan, İ. ve Şensoy, S., Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- [5] Doğan, H. M., Yılmaz, D. S. ve Kılıç, O. M., Orta Kelkit Havzası'nın Bazı Toprak Özelliklerinin Ters Mesafe Ağırlık Yöntemi (IDW) ile Haritalanması ve Yorumlanması, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, Tokat, 2013.
- [6] İnal, C., Turgut, B. ve Yiğit, C. Ö., Lokal Alanlarda Jeoit Ondülasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya.
- [7] Yaprak, S., Arslan, E., Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2008/1, 98, 36-42, 2008.
- [8] Trangmar, B.B, Yost, R. J., Wehara, G, Application of Geostatistic to Spatial Studies of Soil Properties, Advances in agronomy, Vol 38, 65-91.
- [9] Başkan, O., Gölbaşı Yöresi Topraklarının Mühendislik, Fiziksel Özellik İlişkilerinde Jeostatistik Uygulaması, Doktora Tezi, A. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [10] İnal, C. Ve Yiğit, C. Ö., Jeodezik Uygulamalarda Kriging Enterpolasyon Yönteminin Kullanılabilirliği, TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştay, 24-25-26 Eylül 2003, Konya.
- [11] Deutsch, C. V. Ve Journel, A. G.:GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide. New York, New York: Oxford University Press., 1992.
- [12] Abtew, W., Obeysekera, J., Shih G.: Spatial Analysis For Monthly Rainfall in South Florida, Water Resources Bulletin, 29 (1993), 179-188.
- [13] Başkan, O., Gölbaşı Yöresi Topraklarının Mühendislik, Fiziksel Özellik İlişkilerinde Jeostatistik Uygulaması, Doktora Tezi, A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [14] Wollenhaupt, N. C., Mulla, D. J., Gotway Crawford, C. A., Soil Sampling and Interpolation Techniques for Mapping Spatial Variability of Soil Properties. P 19-55. In F. J. Pierce and E. J. Sadler (eds) The State of Site-Specific Management for Agriculture. ASA, CSSA, SSSA, Madison, 1997.
- [15] Dikici, H., Toprak Biliminde Kullanılan Bazı Jeostatistik Yöntemleri, Tarımda Bilişim Teknolojileri 4. Sempozyumu, p.76-81, 2001.
- [16] Anderson, S., 2003. An Evaluation of Spatial Interpolation Methods on Air Temperature in Phoenix, AZ. Department of Geography, Arizona State University, U.S.A.
- [17] Keskiner, A. D., 2008. Farklı Olasılıklı Yağış ve Sıcaklıkların CBS Ortamında Haritalanmasında Uygun Yöntem Belirlenmesi ve M. Turc Yüzey Akış Haritasının Geliştirilmesi: Seyhan Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2008.

