



Alınış tarihi (Received): 21.04.2021
Kabul tarihi (Accepted): 02.06.2021

Karayolu Projelerinde Değişik Enterpolasyon Yöntemlerinin Kullanılabilirliği

Uğur YATIGI^{1,*}, Servet YAPRAK²

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.

² Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Tokat.

*Sorumlu yazar: uguryatigi@gmail.com

ÖZET: Yer bilimlerinde, özellikle de harita mühendisliği mesleğinde sayısal arazi modeli oluşturma, yüzey modellemesi ve bu modeller kullanılarak alan-hacim değerleri üretmek günümüzde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Doğru ve güvenilir bir alan-hacim hesabı için öncelikle doğru ve güvenilir bir yüzey modellemesinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu yüzey modellemeleri ve hacim hesaplamaları için çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Günümüzde birçok yazılım bu enterpolasyon yöntemlerini kullanmamıza olanak vermektedir. Bu çalışmada, Digor-Esenkent yolu güzergahındaki kazı ve dolgu kesit alanları belirlenmiştir. Ölçme noktaları, üç farklı kesit alanında siyah (doğal) zemin ve terasman (kazı / dolgu) yüzeyinden toplanmıştır. Ölçme noktalarından bazıları dayanak noktası ve test noktası olarak gruplandırılmıştır. Dayanak noktaları kullanılarak dört farklı enterpolasyon yöntemi ile yüzey modellemesi yapılmış ve test noktalarının enterpolasyon yükseklik değerleri hesaplanmıştır. Dayanak ve test noktaları kullanılarak, hacim hesaplamaları siyah (doğal) zemin alt yüzey ve teraslı üst yüzey olacak şekilde yapılmıştır. Elde edilen beş farklı hacim değerinin ortalaması alınmış ve bu hacim değeri referans değer olarak kabul edilmiştir. Elde edilen hacim değerleri karşılaştırılarak farklı enterpolasyon yöntemlerinin hacim hesaplamasına etkisi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler– Karayolları, Sayısal Arazi Modeli, Enterpolasyon, Kriging, Multikvadrik

Availability of Different Interpolation Methods In Highway Projects

ABSTRACT: In earth sciences, especially in the survey engineering profession, digital terrain model creation, surface modeling and generating area-volume values by using these models have a very important place. For an accurate and reliable area-volume calculation, firstly, an accurate and a reliable surface modeling should be performed. Some interpolation methods are used for these surface modeling and volume calculation. Today, various CAD software's allow us to use these interpolation methods. In this paper, the excavation and fill cross-sectional areas on the Digor-Esenkent Road route were determined. Measurement points were collected from black (natural) ground and terracing (excavation / fill) surface in three different cross-sectional areas. Some of the measurement points were grouped as fulcrum and test point. By using fulcrum points, surface modeling has been made with four different interpolation methods and interpolation height values of test points were calculated. Using the fulcrum and test points, volume calculations were made such that the black (natural) ground was the lower surface and the terraced upper surface. The average of five different volume values obtained were taken and this volume value was accepted as the reference value. The effect of different interpolation methods on volume calculation were examined by comparing the obtained volume values.

Keywords – Highways, Digital Terrain Model, Interpolation, Kriging, Multiquadric

1. Giriş

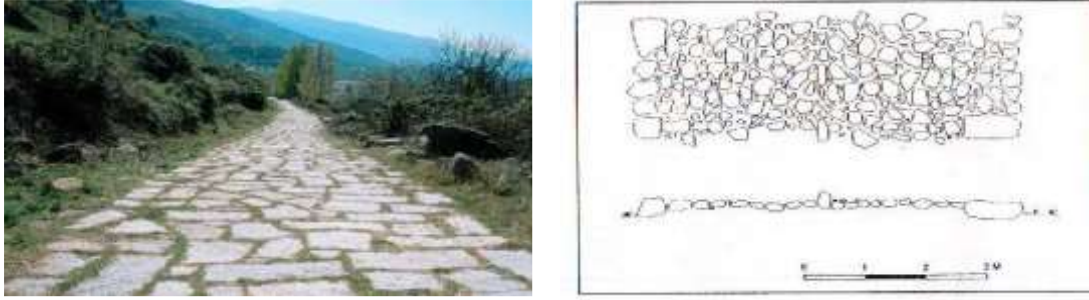
Ulaşımın duyulan ihtiyaç insanlık tarihi kadar eskiye dayanmaktadır (Serin, 2015). İnsanoğlu varoluşundan itibaren yeni yerleşim alanları bulmak, merak, ticaret gibi amaçlarla çevresini keşfetmeye ve seyahat etmeye ihtiyaç duymuştur. Bu faaliyetlerin artması ile de bir yerden başka bir yere giderken veya bir eşyayı bir yerden başka bir yere ulaştırırken ulaşım araçlarını kullanmak zorunda kalmıştır (Yıldırım, 2019). Geçmişten günümüze en fazla tercih edilen ulaşım türü karayollarıdır. Bugün hava, deniz ve demiryolu ile ulaşım ve ticaret imkanları da kullanılmakla birlikte dünyanın bütünü ele alınışında hala en yaygın kullanılan ulaşım yolu karayollarıdır. Gelişen teknoloji ve büyüyen ekonomi sayesinde karayolları ile neredeyse her yere ulaşmak mümkündür (Yatığı, 2021).

Ulaşım, bir ülkenin ekonomisi açısından da oldukça önemli bir faktördür. Nüfusun zaman içerisinde artması ile birlikte ticaretin başlaması ve ihtiyaçların farklılık göstermesi sonucunda daha uzak yerlere ulaşma ihtiyacı doğurmuştur (Ayhan, 2011). Bir ülkede üretilen tarım ve endüstri ürünleri ulaşım ağı ile dış pazarlara sunulmakta ve ekonomik olarak o ülkeye büyük katkı sağlamaktadır. Güçlü devletler ve medeniyetlerin her devirde uzak bölgelere gidebilmek için yollar inşa ettikleri görülmektedir.

İnsanlar ilk olarak gidip gelmeleri için kullandıkları patika yolları oluşturmuşlar, sonra bazı şeyleri taşımak için kızakları kullanarak hayatlarını kolaylaştırmaya çalışmışlardır (Serin, 2015). Daha sonra yan yana yatırılmış ağaç gövdeleri üzerine konulan nesnelere itilerek hareket ettirilmesiyle tekerlek fikri ortaya çıkmaya başlamıştır. Bilinen en eski tekerlek, birbirine tahta mıhlarla iliştirilmiş yan yana üç kalasın yontularak yuvarlaklaştırılması yöntemiyle üretilmiştir. İzlenilen ilk yol güzergahları hayvan izleri olmuştur. Bunun sebebi bazı hayvanların engebeli, orman ve çalılıkların bulunduğu bölgelerde daha kolay ve daha rahat gidebileceği yol güzergahını tespit edebilme kabiliyetidir. Kuzey Amerika'da ilk olarak gezgin ve avcılar tarafından kullanılan yollar bufalolar tarafından kullanılan yollardır. Ülkemizde ise atlar ve eşekler tarafından oluşturulan yollar insanların sürekli kullandığı yaya yolları haline gelmiştir (Ayhan, 2011).

Yol tekniğinde ilk büyük gelişmelerin tekerleğin icat edilmesi ile M.Ö. 5000 yıllarında meydana geldiği kabul edilmektedir (Serin, 2015). Tekerleğin icat edilmesiyle birlikte yollar daha geniş ve daha sağlam bir altyapı ile inşa edilir hale getirilmiştir (Yıldırım, 2019). Tekerleğe dair en eski kayıt MÖ 3.500 yıllarına ait, tekerlekli bir kızağı resmeden Sümer (Uruk) piktogramıdır (Whell, 2014). Roma İmparatorluğu'nun yayılma politikası ve eski çağlarda yapılan esir ticaretleri yol inşası için önemli katkı sağlamıştır. Bu dönemdeki yollar genel olarak 4.50 m genişliğinde, 4 tabaka halinde ve yolun her iki kenarında da yaya yolu bulunacak şekilde inşa edilmiştir. Yol kalınlığı 90-100 cm civarındadır. Yolların uzaklıklarını belirtmek için km levhaları görevini yapan taşlar dikilmiştir. Feodal beyliklerin ortaya çıkması ve Roma İmparatorluğunun çöküşüne geçmesi ile yeni yol yapımlarına bir süreliğine ara verilerek, eski yapılan yolların bakımsız olmasından dolayı kısa süre içerisinde yollar kullanılamaz hale gelmiştir (Yayla, 2004).

18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren yol yapımlarına daha hızlı bir ilerleme olduğu görülmektedir. Önceleri yollar Roma yollarına benzer bir şekilde yapılmış olsa da işçilik ve uygun malzeme bulma konusunda yaşanan problemlerden dolayı farklı malzemelerin kullanımı geliştirilerek yol yapımları hızlandırılmıştır.



Şekil 1. Roma yolu plan ve enkesiti (Serin, 2015)

Figure 1. Roman road plan and cross section

19. yüzyılın başlarında ivme kazanan yol yapım çalışmaları buharlı makinaların keşfedilmesiyle bir duraklama dönemine girerek karayolu taşımacılığına göre deniz yolu kullanımının yanında daha hızlı ve daha konforlu olan demiryolu taşımacılığı ve inşası ön plana çıkmıştır (Yayla, 2004). 19. yüzyılın ikinci yarısından sonra ülkemizde; kasabaları kentlere, iskelelere ve demiryollarına bağlayan karayollarının Osmanlı İmparatorluğu'nun son zamanlarında uzun süren savaşlar sonucunda yolların bakımsız kalmasına neden olmuştur (Serin, 2015). Cumhuriyetin ilanından sonra sınırlarımız içerisinde; "13 900 km' si stabilize şose ve 4 450 km' si toprak olmak üzere, toplam 18 350 km yol ve 94 köprü" inşa edilmiştir. Cumhuriyet döneminde ulaşım sisteminin temel hedefi karayolları ve demiryollarını bir plan esasında geliştirmek olmuştur. 1950 yılında, ülkenin karayolu ağının oluşması ve yapılan yolların devamlılığının sağlanması amacı ile Karayolları Genel Müdürlüğü kurulmuştur (Kaplukan, 2014). KGM, 1950' li yıllarda karayolu politikasına "tekerlek dönsün" sloganı ile başlamıştır (Hanlı, 2009). 1950' li yıllarda karayolları yolcu taşımacılığında % 46, yükte % 17 ile ; yük taşımacılığı 957 km, toplam yolcu taşımacılığı 2 597 km iken (Altınok, 2001); 2020 yılında bu rakamlar toplam yük taşımacılığında 272 913 kilometre, toplam yolcu taşımacılığında ise 288 992 kilometre' ye kadar yükselmiştir (KGM, 2020).

Ülkemizde yolların sınıflandırma çeşidi altında idari bir sınıflandırmaya tabi tutularak karayolları üç ayrı yol sınıfına ayrılmıştır. Bunlar:

- Otoyollar
- Devlet yolları
- İl yolları şeklindedir (Pancar, 2018).

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada, bir karayolu projesinde tam dolgu, tam yarma (kazı) ve kazı-dolgu kesit alanlarının bir arada olduğu (karışık) üç farklı kesit alanı baz alınarak, öncelikle siyah (doğal) zeminden ve daha sonra terasman seviyesi (tesviye) yüzeyden şeritvari bir şekilde 20 metrede bir alım yapılarak dayanak noktaları toplanmıştır. Dolgu ve kazı kesit alanlarında siyah (doğal) zemin ve terasman yüzeyinden toplanan dayanak noktalarının içinden, homojen bir şekilde dağılmış bazı test noktaları seçilmiştir. Kalan dayanak noktaları ArcGIS yazılımı Geoistatistik Analiz modülünde, farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak farklı yüzey modeller oluşturulmuştur. Bu oluşturulan farklı yüzey modellerde test noktalarının enterpolasyon yükseklik değerleri kontrol edilmiştir. Bu işlemlerin tümü dolgu ve kazı şeklindeki üç farklı kesit alanına da uygulanmıştır. Geoistatistik Analiz modülünde kullanılan enterpolasyon

yöntemlerinin kendi aralarında karşılaştırmaları yapılarak Karesel Ortalama Hataları (KOH) değerlendirilmiştir.

Öte yandan test noktalarının enterpolasyon yükseklik değerleri ile dayanak noktaları kullanılarak NetCAD yazılımında hacim hesapları yapılmıştır. Siyah (doğal) zemin noktaları kullanılarak oluşturulan yüzeyler (alt yüzey), terasman (tesviye) yüzey noktaları kullanılarak oluşturulan yüzeyler (üst yüzey) olarak hacim hesaplarında kullanılmıştır. Bu hacim hesaplarından elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Kullanılan farklı enterpolasyon yöntemlerinin, hacim hesabı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma, Kars ilinin çevresinde bulunan "Digor-Esenkent Yolu" isimli yol projesidir. Yol güzergahının toplam uzunluğu 26+870 km' dir. Digor-Esenkent yolu, değişken bir platform genişliğine sahiptir ve genellikle bu genişliğin 10 m olduğu tek şeritli bir yol projesidir.



Şekil 2. Digor-Esenkent yol güzergahı Google Earth görüntüsü
Figure 2. Digor-Esenkent road route Google Earth image

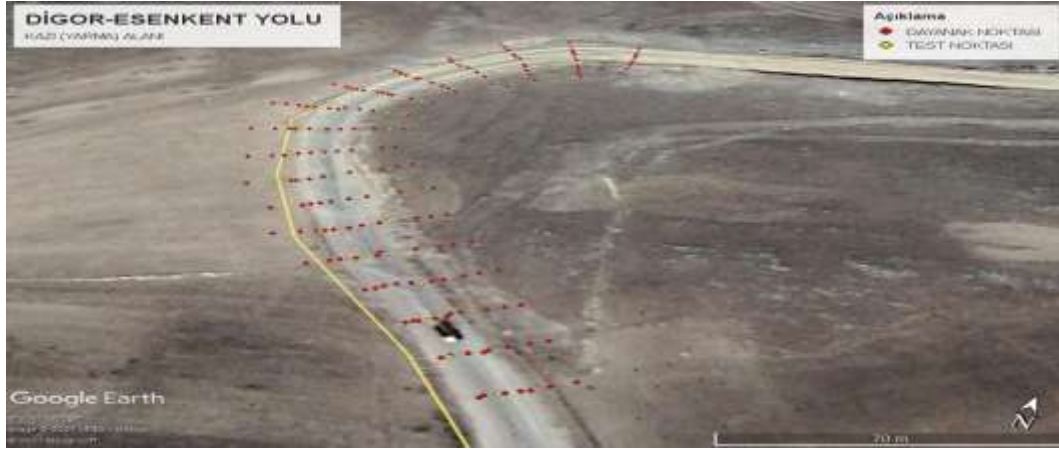
Çalışmada, bu yol güzergahında bulunan tam dolgu, tam kazı (yarma) ve karışık kesit alanları olan bazı kilometreler belirlenmiştir. Bu çalışmada dolgu, kazı (yarma) ve karışık kesit alanlarında enterpolasyon ve hacim hesapları yapılmıştır.

2.2. Dayanak ve Test Noktaları

Dolgu kesit alanında: siyah (doğal) zeminden toplam 397 adet ölçme noktası toplanmıştır ve bunların 328 adeti dayanak noktası 69 adeti ise test noktası olarak seçilmiştir. Terasman (tesviye) yüzeyden, toplam 160 adet ölçme noktası toplanmıştır ve bunların 144 adeti dayanak noktası 16 adeti ise test noktası olarak seçilmiştir.

Kazı (yarma) kesit alanında: siyah (doğal) zeminden toplam 202 adet ölçme noktası toplanmıştır ve bunların 165 adeti dayanak noktası 37 adeti ise test noktası olarak seçilmiştir. Terasman (tesviye) yüzeyden, toplam 95 adet ölçme noktası toplanmıştır ve bunların 86 adeti dayanak noktası 9 adeti ise test noktası olarak seçilmiştir.

Karışık kesit alanında: siyah (doğal) zeminden toplam 183 adet ölçme noktası toplanmıştır ve bunların 157 adeti dayanak noktası 26 adeti ise test noktası olarak seçilmiştir. Terasman (tesviye) yüzeyinden, toplam 90 adet ölçme noktası toplanmıştır ve bunların 81 adeti dayanak noktası 9 adeti ise test noktası olarak seçilmiştir.



Şekil 3. Google Earth, dayanak ve test noktalarının örnek görünümü
 Figure 3. Sample view of Google Earth, fulcrum and test points

2.3. Enterpolasyon Yöntemleri

Ters Mesafe Ağırlıklı enterpolasyon yöntemi, noktaların birbiriyle olan uzaklıklarını ağırlık hesabında kullanarak bilinmeyen noktaların tahmin edilmesini sağlar. Bu yöntemde, yakında bulunan noktaların uzaktaki noktalara göre daha fazla ağırlığa sahip olduğu esasına dayanmaktadır (Zengin Kazancı, 2014). Lokal Polinomlarla enterpolasyon yönteminin amacı, çalışılmakta olan bölgenin tek bir fonksiyonla ifade edilmesidir (Yiğit, 2003). Bu yöntemde, polinom derecesi arttığı zaman gerek duyulan dayanak noktalarının sayısı da artmaktadır. Ayrıca polinom derecesinin artmasıyla, yüzeyde gereksiz salınımlar oluşmaktadır (İnal ve ark., 2002). Multikvadrik enterpolasyon yönteminin amacı, çalışma alanındaki tüm dayanak noktaları aynı anda kullanılarak tek bir fonksiyonla yüzey modeli oluşturmaktır (Yanalak, 1997). Bu yöntemde, dayanak noktaları homojen bir şekilde dağılmamış olsalar bile bu durumdan yüzey modelleri sonuçları çok az etkilenmektedir. Ayrıca dayanak noktaları ile enterpolasyon noktaları arasındaki mesafe artar ise, dayanak noktalarının yüzey modellerine olan katkısı da aynı oranda azalmaktadır (Uluğtekin, 1994). Ordinary Kriging yöntemi, ilk olarak enterpolasyon noktaları kümesinden bir variogram oluşturmaktadır. Variogram, deneysel ve teorik olarak iki variogram çeşidinden oluşmaktadır. İlk adımda deneysel variogram tüm noktalarının varyansının hesaplanması ile bulunur. İkinci adımda ise, deneysel variogram modelindeki trendi modelleyen basit bir matematiksel fonksiyon olan teorik variogram oluşturulur (Yaprak, 2007). Ordinary Kriging yöntemi, teorik variogram modeli oluşturulduktan sonra uygulanmaktadır (Aydın, 2014).

Çalışmada ArcGIS 10.7 yazılımında Geoistatistik Analiz modülü kullanılarak:

- Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW)
- Lokal Polinomlarla
- Multikvadrik
- Ordinary Kriging (OK)

enterpolasyon yöntemleri kullanılarak SAM' leri elde edilmiştir. Bu enterpolasyon yöntemlerinin KOH değerleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Ayrıca ArcGIS yazılımında elde edilen yüzey modellerden farklı olarak, yine aynı yol güzergahından toplanan ölçme noktaları kullanılarak NetCAD 5.1 yazılımında Netsurf

modülüyle Linear Enterpolasyon ile Üçgenleme yöntemiyle yeni yüzey modeller elde edilmiştir.

2.4. Hacim Hesapları

Çalışmada hacim hesapları, paralel kesitlerle hacim hesabı yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Paralel kesitler ile hacim hesabı yönteminde, arazi yüzeyi eşit aralıklarla düşey düzlemlerle bölünerek, paralel kesitler elde edilmektedir. Hacim hesapları, NetCAD 5.1 yazılımında Netpro modülü kullanılarak yapılmıştır. Çalışma alanından elde edilen dayanak noktaları ve test noktalarının enterpolasyon yükseklik değerleri kullanılarak hacim hesapları yapılmıştır. Çalışmada dolgu ve kazı kesitleri olmak üzere, toplam 15 farklı hacim hesabı yapılmıştır ve çıkan sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular

Digor-Esenkent Yolunun üç farklı kesit alanından toplanan dayanak noktaları kullanılarak, Geoistatistik Analiz modülü ile 4 farklı enterpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Uygulanan enterpolasyon yöntemleri sonucunda üç farklı kesit alanından elde edilen KOH değerleri, Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1. KOH değerlerinin karşılaştırılması (m)

Table 1. Comparison of KOH values (m)

KOH	SİYAH			TERASMAN		
	Dolgu	Kazı	Karışık	Dolgu	Kazı	Karışık
Enterpolasyon Yöntemi						
IDW	0.24	0.25	0.26	0.09	0.14	0.15
Lokal Polinom	0.24	0.21	0.22	0.02	0.02	0.08
Multikuadrik	0.19	0.19	0.19	0.02	0.02	0.12
OK	0.19	0.21	0.20	0.03	0.02	0.09

Karesel Ortalama Hata (KOH) değeri bulunurken, enterpolasyon sonucu tahmin edilen yükseklik değerleri ile araziden alınan ölçme yükseklik değerlerinin farkı alınarak V_i değerleri bulunur. Daha sonra V_i değerlerinin kareleri alınarak $(V_i V_i)$, $\sum V_i V_i$ değeri hesaplanır.

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (1)$$

Tablo (1)' de görüldüğü gibi her yüzey ve uygulanan enterpolasyon yöntemi için ayrı ayrı KOH değeri hesaplanmıştır. KOH, genellikle ortalama hata değeri olarak da adlandırılmakta olup enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen yüzey modellerden hangisinin daha güvenilir ve daha doğru sonuçlar verdiğini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.

Her üç farklı kesit alanı için siyah zeminde, genel olarak en küçük KOH değerini Multikuadrik enterpolasyon yöntemi vermiştir. IDW enterpolasyon yönteminin ise, genel olarak en büyük

KOH değerini verdiği görülmektedir. Terasman yüzeyinde, genel olarak en küçük KOH değerini Lokal Polinomlarla enterpolasyon yöntemi vermiştir. En büyük KOH değerini ise, siyah zeminde olduğu gibi terasman yüzeyinde de IDW enterpolasyon yönteminin verdiği görülmektedir.

Çalışmada, paralel kesitler yöntemine göre hacim hesabı yapılmıştır. Test noktalarının enterpolasyon yükseklik değerleri ve dayanak noktalarının yükseklik değerleri kullanılarak NetCAD yazılımında hacim hesapları m^3 cinsinden yapılmıştır. Elde edilen hacim değerleri Tablo (2, 3, 4)'de gösterilmiştir. Ayrıca her üç farklı kesit alanında Geoistatistik Analiz modülü kullanılmadan, NetCAD yazılımı kullanılarak Lineer Enterpolasyonla Üçgenleme yöntemine göre hacim hesabı yapılmıştır. Her üç farklı kesit alanında elde edilen hacim değerlerinin ortalaması alınmıştır ve bu değerler referans olarak kabul edilmiştir.

Tablo 2. Dolgu kesit alanının, NetCAD yazılımı ile elde edilen hacim değerleri

Table 2. Volume values of fill cross-sectional area obtained by NetCAD software

Yöntem	Hacim Değeri (m^3)	Hacim Değerleri Farkı (m^3)	Karesel Ortalama Hata (KOH) (m^3)
IDW	28878.920	-14.91	$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[7681.947]}{4}}$ $= 43.82 m^3$
L.Polinom	28918.930	+25.10	
Multikvadrik	28860.590	-33.24	
OK	28853.110	-40.72	
L.Üçgenleme	28957.600	+63.77	
Ortalama (Referans)	28893.830	0	

Tablo 3. Kazı kesit alanının, NetCAD yazılımı ile elde edilen hacim değerleri

Table 3. Volume values of excavation cross-sectional area obtained by NetCAD software

Yöntem	Hacim Değeri (m^3)	Hacim Değerleri Farkı (m^3)	Karesel Ortalama Hata (KOH) (m^3)
IDW	33163.050	+31.164	$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[1495.752]}{4}}$ $= 19.34 m^3$
L.Polinom	33128.777	-3.109	
Multikvadrik	33131.800	-0.086	
OK	33110.035	-21.851	
L.Üçgenleme	33125.769	-6.117	
Ortalama (Referans)	33131.886	0	

Tablo 4. Karışık kesit alanının, NetCAD yazılımı ile elde edilen hacim değerleri
 Table 4. Volume values of mixed cross-sectional area obtained by NetCAD software

Yöntem	Kazı (m ³)	Dolgu (m ³)	Toplam Hacim Değeri (m ³)	Hacim Değerleri Farkı (m ³)	Karesel Ortalama Hata (KOH) (m ³)
IDW	1121.228	3934.278	5055.506	+4.983	$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[473.236]}{4}}$ $= 10.88 \text{ m}^3$
L.Polinom	1111.758	3925.851	5037.609	-12.914	
Multikvadrik	1141.098	3917.918	5059.016	+8.493	
OK	1125.288	3914.723	5040.011	-10.512	
L.Üçgenleme	1117.898	3942.575	5060.473	+9.950	
Ortalama (Referans)	1123.454	3927.069	5050.523	0	

Tablo (2, 3, 4)' de görüldüğü gibi üç farklı kesit alanında hacim değerlerinin ortalaması alınarak elde edilen hacim değeri referans olarak kabul edilmiştir. Beş farklı enterpolasyon yönteminin hacim değerleri ile referans değerinin farkı alınarak aralarındaki hacim farkları ve KOH değerleri hesaplanmıştır.

Genel olarak çıkan sonuçlara bakıldığında referans değere en yakın çıkan hacim değerinin dolgu ve karışık kesit alanında Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW), kazı kesit alanında ise Multikvadrik enterpolasyon yönteminin olduğu görülmektedir.

4. Sonuç

Digor-Esenkent karayolu projesinin boykesit (profil) grafiğine bakıldığında, dolgu kesit alanı karayolu projesinin aliyman (düz) kısmında bulunmaktadır ve eğim + %1.23' tür. Kazı kesit alanı karayolu projesinin kurp kısmında bulunmaktadır ve yarıçapı 280 derece olan bir düşey kurptan oluşmaktadır. Kazı kesit alanında eğim - %8.57' dir. Karışık kesit alanı ise karayolu projesinin aliyman (düz) kısmında bulunmaktadır ve eğim + %3.77' dir. Bu bilgilere ve uygulamada elde edilen sonuçlara bakıldığında karayolu projelerinde:

Aliyman, düz ve eğimin az olduğu alanlarda Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi, ortalama (referans) değere en yakın sonucu vermiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygulamada bulunan dolgu ve karışık kesit alanlarında IDW enterpolasyon yöntemini kullanmak mümkündür.

Kurp ve eğimin fazla olduğu alanlarda Multikvadrik enterpolasyon yöntemi, ortalama (referans) değere en yakın sonucu vermiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygulamada bulunan kazı kesit alanında Multikvadrik enterpolasyon yöntemini kullanmak mümkündür.

Ordinary Kriging (OK) yöntemini üç farklı kesit alanında en iyi sonuçları vermese de ortalama en yakın değerlerde sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çalışmada hacim hesabı yapılacak olan bir karayolu projesinde kullanılan enterpolasyon yönteminin, parametrelerinin ve oluşturulacak sayısal arazi modelinin (SAM) ne kadar önemli olduğu net bir şekilde görülmektedir. Arazinin şekline (engebeli, girintili çıkıntılı, düz) ve eğimine, farklı yüzey alanlarına (siyah, terasman), nokta sayısı ve sıklığına göre KOH ve hacim değerlerinin değişkenlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

5. Kaynaklar

- Altınok, S., 2001. Türkiye'de Ulaştırma Politikaları, Karayolları ve Demiryollarının Mukayesesi. Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 1 (1-2), 73-87.
- Aydın, O., 2014. Türkiye' de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Kriging Yöntemiyle Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ayhan, F., 2011. Kuzey Marmara Otoyolu Güzergahında Bulunan Yerleşmeler ve Yolun Yerleşmelere Muhtemel Etkileri Sakarya İli Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Sakarya.
- Hanlı, E., 2009. Esnek Yol Üstyapısında Oluşan Bozulmalar ve Değerlendirmesi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- İnal, C., Turgut, B. ve Yiğit, C. Ö., 2002. Lokal Alanlarda Jeoit Ondülasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim, Konya.
- Kapluhan, E., 2014. Ulaşım Coğrafyası Açısından Türkiye' de Karayolu Ulaşımının Tarihsel Gelişimi ve Mevcut Yapısı. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 7 (33), 427-439.
- KGM, 2020. Yol Ağı Bilgileri. Karayolları Genel Müdürlüğü, [https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Kurumsal/YolAgi.aspx- \(09.04.2021\)](https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Kurumsal/YolAgi.aspx- (09.04.2021)).
- Pancar, E. B., 2018. Yol Bilgisi Ders Notları, Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun.
- Serin, S., 2015. Ulaştırma, Düzce Üniversitesi, [https://docplayer.biz.tr/115743920-Ulasm-dr-ogr-uyesi-sercan-serin.html-\(10.04.2021\)](https://docplayer.biz.tr/115743920-Ulasm-dr-ogr-uyesi-sercan-serin.html-(10.04.2021)).
- Uluğtekin, N., 1994. Sayısallaştırılmış Kadastro Paftalarının Geometrik Niteliğinin Yükseltmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 52 (1-2), 35-41.
- Whell, 2014. Encyclopedia Britanica Online. [http://www.britannica.com/EBchecked/topic/641642/wheel\(10.04.2021\)](http://www.britannica.com/EBchecked/topic/641642/wheel(10.04.2021)).
- Yayla, N., 2004. Karayolu Mühendisliği. Birsen Yayınevi, 285s, İstanbul.
- Yanalak, M., 1997. Sayısal Arazi Modellerinden Hacim Hesaplarında En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Araştırılması. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yaprak, S., 2007. Kriging Yönteminin Geoit Yüzeyi Modellemesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Varolan Yöntemlerle Karşılaştırılması. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yatığı, U., 2021. Karayolu Projelerinde Değişik Enterpolasyon Yöntemlerinin Kullanılabilirliği. (Yüksek Lisans Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Yıldırım, S., 2019. Ferrokrom Cürufunun Karayolu Alt Dolgularında Kullanılabilirlik Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.
- Yiğit, C. Ö., 2003. Elipsoidal Yüksekliklerin Ortometrik Yüksekliğe Dönüşümünde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Konya.
- Zengin Kazancı, S., 2014. Konumsal Enterpolasyon Yöntemlerinin Uygulanması: Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.