

SAYISAL ARAZİ YÜKSEKLİK VERİLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Murat ARSLANOĞLU¹, Mesut ÖZÇELİK²

¹Harita Genel Komutanlığı, Bilgi Sistem Destek Dairesi Başkanlığı, Ankara, marсланoglu@hgk.mil.tr

²Harita Genel Komutanlığı, Bilgi Sistem Destek Dairesi Başkanlığı, Ankara, mozcelik@hgk.mil.tr

ÖZET

Günümüzde Sayısal Arazi Yükseklik Modelleri (SAYM), özellikle sivil amaçlı çalışmaların mühendislik, coğrafi bilgi sistemleri, doğal kaynakların yönetimi, proje planlama çalışmaları gibi bir çok alanında kullanılmaktadır. Topografiyi temsil edecek olan SAYM'lerin üretimi ve güncelleştirilmesi hızlı, doğru ve ekonomik yapılmalıdır. Bu çalışmada, mevcut 1/25.000 ölçekli haritalara ilişkin sayısal veriler kullanılarak güncel SAYM elde etmede uygulanabilecek farklı çözüm yöntemleri incelenmiştir. Bu maksatla, 1/25.000 ölçekli haritaların eş yükseklik eğri katmanları kullanılarak üretimi yapılan sayısal arazi yükseklik verilerine, arazinin karakteristik hatları olan dere ve sırt hatlarını da dahil etmek suretiyle iyileştirmeyi hedefleyen bir çalışma yapılmıştır.

Mevcut sayısal arazi yükseklik verilerinden, düzensiz yapıda üçgen ağı (TIN) oluşturulmuş ve morfolojik detayların bulunduğu alanlarda, mevcut yapının yeterli olmadığı tespit edilmiştir. SAYM verisinin iyileştirilmesi için, içerisine morfolojik (dere-sırt hatları, vadiler vb.) verilerin ilave edilmesi gerekmektedir. Görüntüler üzerinde gözle görülebilen detaylar (dere vb.) mevcut üretim sisteminde 3 boyutlu olarak elde edilebilmekte ancak, harita üretiminde vektörel olarak yer almayan sırt hatları bulunmamaktadır. Sırt hatlarının ve diğer morfolojik verilerin, eş yükseklik verilerine ilave edilerek, SAYM elde etme yöntemleri; uygulanabilirlik, zaman ve maliyet açısından incelenerek, elde edilen sonuçların olumlu ve olumsuz yönleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Sayısal Yükseklik Modeli, Enterpolasyon Teknikleri, Arazi Karakteristikleri.

ABSTRACT

IMPROVEMENT OF DIGITAL TERRAIN ELEVATION DATA

Today, Digital Terrain Elevation Models (DTEMs) have been used especially in many fields of engineering works such as, geographical information systems, natural resources management, project planning progress. Production and updates of DTEMs must be fast, accurate and economical. In this study, using digital data different solutions methods are examined related to existing 1/25 000 scale maps in order to obtain updated DTEMs. For this purpose, using 1/25 000 scale maps' contour layer, characteristic lines of the terrain such as streams and ridge lines are included to the DTEMs in order to achieve improvement.

After forming TIN from existing digital terrain elevation data, it is seen that existing structure is not sufficient in the areas which cover morphological details. For the improvement digital elevation model data, morphologic data (stream-ridge lines, valleys etc.) need to be added. Visible details on the images can be obtained in 3D at the existing production system. But, ridge lines don't exist in the map production as vector lines. Ridge lines and other morphologic data are added to contour data, thus DTEM creation methods are examined for applicability, time and cost. Achieved results are examined from all aspects.

Keywords : Digital Elevation Model, Interpolation Techniques, Terrain Characteristics

1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

1.1 Giriş

Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (SAYM) ya da Sayısal Yükseklik Modeli (SYM); ABD Jeolojik Ölçmeler Dairesi (USGS) tarafından tanımlanan, x ve y yönünde düzenli aralıklarla bölünmüş alanlarda ortak bir düşey datuma dayandırılmış z (yükseklik) değerlerini ihtiva eden sayısal kartografik bir arazi temsil yöntemidir (Yastıklı,2003). Kısaca SAYM eşit aralıklı yükseklik değerlerinin fiziksel yeryüzünü temsil ettiği sayısal bir gösterim şeklidir. Bazı ülkelerde SAYM ile eş anlamlı olarak kullanılan Sayısal Arazi Modeli (SAM) ise; SAYM'den daha geniş kapsamlı olup yüzeyi en iyi şekilde temsil etmeyi sağlayan, yapay ve doğal önemli topografik detaylara, kritik arazi hatlarına (dere, sırt, kıyı v.b) ve düzensiz dağılmış kritik yüzey noktalarına ait yükseklik değerlerini kapsayan bir modeldir.

SAM'lar SAYM'lerden normal olarak daha pahalı ve üretimi daha zaman alıcı bir modeldir. Çünkü, özellikle arazi karakteristik hatlarının (dere, sırt, kıyı şeridi v.b.) toplanması en önemli problemlerdendir. SAYM'lerin fiziksel yeryüzünü tam anlamıyla temsil etmesi pratik anlamda mümkün değildir (Yanalak,2002). Bu nedenle yüzeydeki bütün noktaların tanımlanması yerine örneklem noktaları ve uygun bir enterpolasyon fonksiyonunun tanımlanması yoluyla bir modelleme yapılır. Bu şekilde elde edilen SAYM'ler sayesinde özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri

(CBS)'nde, görünürlük analizi, kesit alma, kazı ve dolgu hacim hesapları, perspektif görüntü oluşturma, eş yükseklik eğrisi oluşturma gibi bir çok analiz ve sorgulamaları sayısal olarak yapmak mümkündür (Çolak,1999).

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, 1/25.000 ölçekli haritalara ilişkin sayısal veriler kullanılarak topografyayı daha doğru temsil edecek SAYM'lerinin oluşturulmasında ihtiyaç duyulan arazi karakteristik hatlarının üretimine yönelik ekonomik, hızlı ve uygulanabilir yöntemler incelenmiştir. Bu nedenle 1/25.000 ölçekli sayısal haritaların eş yükseklik eğri katmanı kullanılarak üretilen Sayısal Arazi Yükseklik Verilerindeki (SAYV) mevcut problemler incelenmiş ve çözüm yöntemleri önerilmiştir. Öncelikle mevcut eş yükseklik eğrisi verilerinden düzensiz üçgen ağı (TIN) oluşturularak SAYM elde edilmiştir. Veri yetersizliği nedeniyle dere ve sırt hatlarına karşılık gelen bölgelerde eğim değeri sıfır olan düz (flat) alanlar oluştuğu tespit edilmiş ve bu alanların nasıl iyileştirilebileceği üzerinde durulmuştur.

2. SAYISAL ARAZİ YÜKSEKLİK VERİLERİ

Sayısal Arazi Yükseklik Verileri (SAYV), SAYM'lerinin tanımlanması ile kullanılmaya başlayan ve onların oluşturulmasında altlık olan sayısal matris biçimli veri kümeleridir. Bu veriler fotogrametrik yöntemlerle, GPS ile arazide veri toplama, basılı haritaların taranıp etiketlenmesi gibi bir çok yöntemle üretilebilir. Üç boyutlu nokta detaydan yükseklik verisi üretmek için yıllardır çok çeşitli "grid" algoritmaları geliştirilmektedir. Bu algoritmalarından türetilen SAYV'lerin proje kriterlerine uygun ve yeterli doğruluğa sahip olması, bir çok sorgulama ve analizin yapılacağı projelerde başarıya ulaşmak için önemlidir. SAYV üretim sistemlerinden en temel olanları şunlardır (URL 1);

- Fotogrametrik yöntemler;** sayısal kıymetlendirme operatörünün stereo model üzerinden kritik arazi detaylarını toplaması esasına dayanır. Zaman alan bir yöntem olmasına karşın özellikle TIN(Düzensiz Üçgen Ağı) metodu ile SAYV üretmek için en doğru yoldur. Ayrıca bu yöntemde hava fotoğrafının ölçeği toplanan SAYV'lerin doğruluğunu doğrudan etkileyen en önemli parametredir.
- Vektör verinin taranması yöntemi;** zaman zaman "contour to grid" olarak adlandırılan yöntemde eş yükseklik eğri kalıpları taranmak suretiyle raster kütükten SAYV elde edilir. Koordinat dönüşümü, vektöre çevirme ve etiketleme ile raster kütükten SAYV elde edilir. Ancak bu yöntemde eş yükseklik eğrilerinden elde edilecek modelde düz (flat) alanların oluşması kaçınılmazdır. Bu nedenle arazi karakteristik hatlarının da Sayısal Yükseklik Modeli üretimine dahil edilmesi gerekir.
- Diğer yöntemler;** GPS doğal ve yapay detaylarla ilgili konum bilgisi toplamada geniş kullanım alanı bulan bir yöntemdir. Ancak GPS'in yükseklik bileşeni yatay bileşene göre yaklaşık iki kat daha kötü sonuçlar ürettiğinden elde edilecek SAYV düşük doğruluklu projelerde kullanılabilir. Total Station'lar ile doğrudan araziden ölçme yöntemiyle SAYV elde etme yöntemi ise, en hassas yükseklik verisi üretmesine karşın en fazla zaman gerektiren yöntem olduğu için yalnızca küçük çaplı projelerde uygulanabilir. Bir diğer yöntem ise stereo sayısal uydu görüntülerinden SAYV toplamaktır. Örneğin "SPOT level 1A" stereoskopik görüntüsü 10m'den daha fazla düşey doğruluk isteyen çalışmalarda SAYV üretiminde kaynak olarak kullanılabilir. Günümüzde INSAR, SRTM gibi radar görüntüleme sistemleri SAYM'lerine altlık olacak SAYV üretiminde sıklıkla kullanılmaya başlayan diğer yöntemlerdendir.

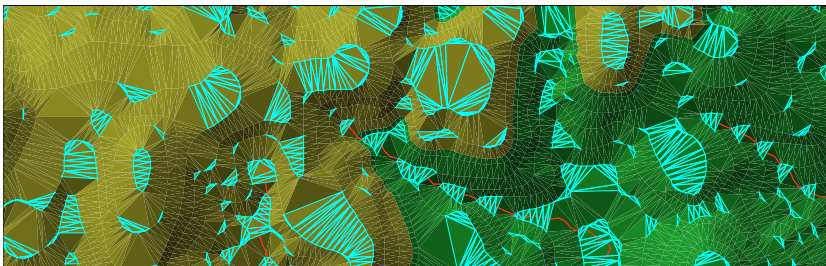
3. SAYISAL YÜKSEKLİK VERİLERİNİ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

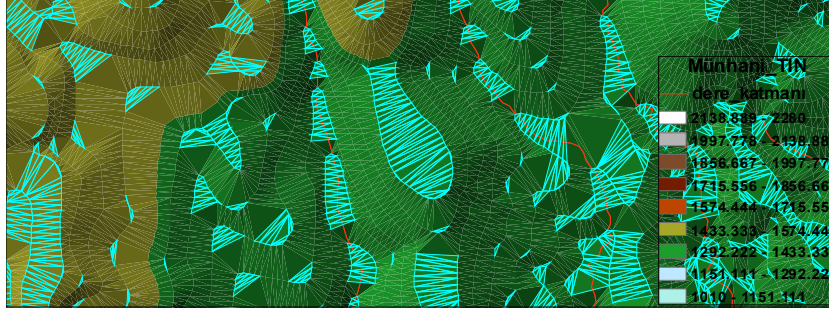
3.1 Problemin Ortaya Konulması

Mevcut 1/25.000 ölçekli haritaların yalnızca eş yükseklik eğri katmanı kullanılarak oluşturulan ve Şekil 1'de gösterilen TIN model incelendiğinde özellikle münhanilerin seyrek geçtiği yerler ile arazi karakteristik hatlarına (dere, sırt v.b) karşılık gelen yerlerde düz üçgenler oluştuğu görülmektedir. Bu çalışmadaki yöntem bu düz üçgenlere karşılık gelen alanlarda bir iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

3.2 Problemin Ele Alınması

- **LYAKLAŞIM** : Kaynak veri grubu içerisinde bulunmayan sırt hatlarının toplanması üç farklı yöntemle yapılabilir:





Arslandoğlu ve Özçelik

Şekil 1 : Eş yükseklik eğri katmanından elde edilen TIN model ve düz üçgenler

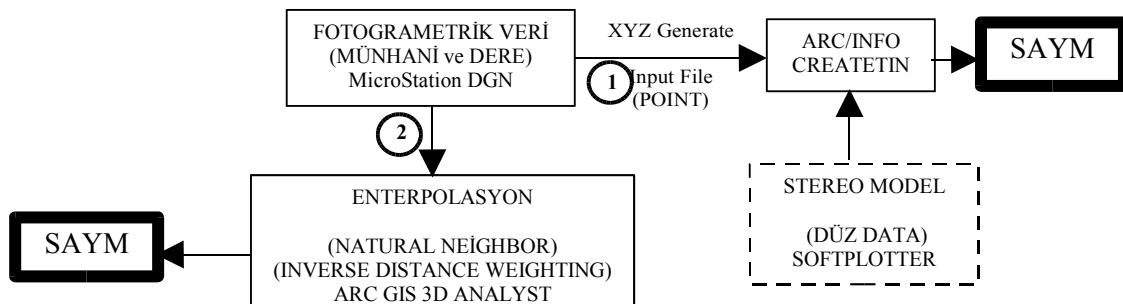
- Dere hatlarına benzer bir şekilde sırt hatları da stereo model üzerinden operatör tarafından toplanabilir. Ancak sırt hatları mevcut 1/25.000 ölçekli harita üretim sisteminde sembolik detay olarak yer almamaktadır. Bu nedenle eğer sırt hatları bu yöntemle toplanacaksa sembolik detay olarak tanımlama, uygun fotogrametrik kıymetlendirmede detay özellikleri ile ilgili eğitimin personele verilmesi gibi bir takım gereksinimler doğacaktır. Bu tür gereksinimlerin üretim sisteminin yavaşlamasına, dolayısı ile maliyet ve iş gücünün artmasına neden olacağı değerlendirilmiştir.
- Sırt hatları çizgi türetme algoritmaları (STRUCT, Ridge Valley Axis Picker v.b) yardımıyla eş yükseklik eğri katmanından türetilir. Bu tür uygulamada dere ve sırt hatlarını birlikte türetmek mümkün olacaktır. Çünkü çizgi türetme algoritmaları tamamen matematiksel bir hesaplama grid bir yapı üzerindeki eğim çizgilerini bulacak şekilde çalışırlar. Grid bir yapı üzerinde çalışan bu algoritmalar zaman zaman olmaması gereken bir hattı türetirken olması gereken bir hattı da türetmeyebilirler. Stereo model üzerinden türetilen çizgilerin kontrolünün yapılması hataların düzeltilmesi yine oldukça zaman alacak bir işlemdir.
- Doğruluk anlamında en fazla katkıyı sağlayacağı bilinmekle birlikte pratik anlamda uygulanması en zor olan bir diğer yöntem ise sırt hatlarının doğrudan yersel ölçmeler ile toplanmasıdır.

➤ **II. YAKLAŞIM :** I. Yaklaşımında ele alınan üç çözüm yönteminin zaman açısından büyük zorluklar içerdiği değerlendirilerek alternatif ikinci bir yaklaşım çerçevesinde yeni çözümler üzerinde durulmuştur. Bu yaklaşımda biri doğrudan çözüme diğeri dolaylı çözüme yönelik iki farklı yöntem ele alınmıştır.

- Doğrudan Çözüm:** Mevcut eş yükseklik eğrileri ve dere hatları dahil edilerek oluşturulan SAYM'deki düz alanlar tespit edilebilir. İyileştirme, oluşan bu alanlarda olacak şekilde bir uygulama yapılabilir. Tespit edilen alanlar ayrı bir kütükte saklanarak stereo model üzerine bindirilir ve böylelikle operatörün yalnızca söz konusu alanlarda SAYV toplamayı sağlanabilir. Böyle bir çözümün sırt hatlarını çizgi detay olarak toplamaktan çok daha kısa süreli bir uygulama olacağı açıktır. Sözü edilen çözüm yöntemine ilişkin ayrıntılar sayısal uygulama kısmında verilmiştir.
- Dolaylı Çözüm:** Mevcut eş yükseklik eğri katmanı ve dere katmanı verileri farklı enterpolasyon teknikleri yardımıyla SAYV üretimi için değerlendirilebilir. Farklı tekniklerden elde edilen SAYV'ler karşılaştırılarak düz alanlarda meydana gelen değişiklikler incelenebilir. Sözü edilen çözüm yöntemine ilişkin ayrıntılar sayısal uygulama kısmında verilmiştir.

3.3 Problemin Çözümü

Yukarıda sunulan her iki yaklaşım incelendiğinde "II. Yaklaşım" seçeneğinin daha uygulanabilir bir yöntem olduğu değerlendirilmiştir. Bu nedenle problemin çözümünde "II. Yaklaşım" seçeneğinin temelinde uygulamalar yapılmıştır. Şekil 2'de problemin çözümüne yönelik bir akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 2 : Problem çözüm akış şeması

4. SAYISAL UYGULAMA

4.1 Uygulamada Kullanılan Yazılım, Donanım ve Test Verisi

Uygulamada ARC/INFO 8.0.2, ARCGIS 8.0 Coğrafi Bilgi Sistem yazılımları, Microstation J CAD yazılımı ve Silicon Graphics SOFTPLOTTER fotogrametrik iş istasyonu kullanılmıştır. Test verisi olarak 1/25.000 ölçekli ELAZIĞ K44b3 paftasına ait sayısal veriler kullanılmıştır.

4.2 Doğrudan Çözüm Yönteminin Uygulanması

Eş yükseklik eğrilerini tanımlayan çizgi detaylar her noktasında aynı yükseklik değerine sahip iken derelere ait çizgi detaylar her noktasında farklı yükseklik değeri alırlar. ARC/INFO ortamında üçüncü boyut öznitelik olarak saklanmaktadır. Dolayısı ile her çizgi detayın yalnız bir yükseklik değeri öznitelik olarak saklanabileceğinden, her noktasında farklı yükseklik bilgisi içeren derelerin sisteme tanıtılabilmesi için ara bir formata ihtiyaç duyulmaktadır. Bu format ARC/INFO sistem formatı “Generate Input File Format” olup Ascii tabanlı bir yapıda ve ID,X,Y,Z düzeninde bir dosya formatıdır. Burada ID ile detayın yüzey tipi anlaşılmalıdır ve farklı yüzey tipleri için sabit sayısal değerler almaktadır. Örneğin “ignore” (tanımsız) yüzey tipi için 0, “mass” (nokta kümesi) yüzey tipi için 1 gibi değerler almaktadır (URL 2). Şekil 3’de “Generate Input File Format” yapısı gösterilmiştir.

Bu uygulamada ilk olarak test verisi olan ELAZIĞ K44b3 paftasının k44b3.dgn kütüğündeki eş yükseklik eğri katmanı ve dere katmanına ait koordinat değerleri, Şekil 3’de bir bölümü gösterilen “Generate Input File Format” yapısına dönüştürülerek, ARC/INFO CREATETIN modülü yardımıyla Şekil 4’de bir bölümü gösterilen SAYM elde edilmiştir. Şekil 1’de görülen düz üçgenler kendi aralarında tek bir alan detay olacak şekilde birleştirilerek düz alanlar oluşturulmuştur. Oluşan düz alanlar farklı bir dosyada stereo kıymetlendirme operatörüne verilmeden önce bir eliminasyona tabi tutulmuşlardır. Çünkü, 17992 adet düz alanda veri toplamak oldukça zaman alan bir uygulama olacaktır. Bunun yanı sıra oluşan irili ufaklı alanların hangilerinin doğruluk anlamında katkılarının yeterli olacağına karar vermek gerekmektedir. Burada sözü edilen eliminasyon için aşağıdaki gibi bir uygulama yapılmıştır.

“Generate Input File Format”				
File Name	:	K44b3_mun_dere.gen (ASCII File)		
Surface Feature Type	:	Mass		
Numeric Value	:	1		
ID	X	Y	Z	
1	622495.6066	4303854.4198	1454.0683	
1	622514.8200	4303841.7400	1441.0100	
1	622532.9900	4303822.7100	1434.9000	
1	622540.3200	4303811.6400	1430.4600	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
1	622608.5100	4303769.7600	1398.4200	
1	622620.2900	4303769.1600	1388.1300	
1	622647.6600	4303746.9700	1376.6900	
1	622679.7800	4303715.0000	1359.5300	
END				

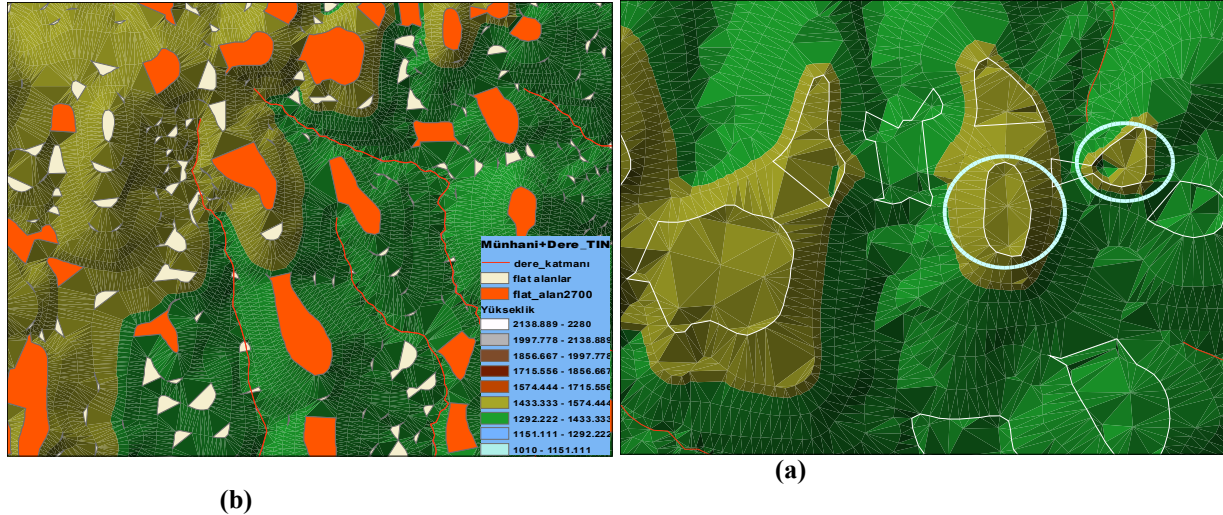
Şekil 3 : Örnek bir “Generate Input File Format” yapısı

İyileştirilmeye konu olan SAYM verileri NATO Stanag 3809’a göre hazırlanan DTED2 (Digital Terrain Elevation Data Level 2 = 2 nci Düzey Sayısal Arazi Yükseklik Verisi)’ye altlık olacak verilerdir. DTED2 matris formunda bir SAYV formatıdır ve 1”x 1” enlem, boylam aralıklı (≈30m x 30m yer çözünürlüklü) grid hücre boyutludur. Bu nedenle DTED2’nin grid hücre aralığı (30m x 30m) birim ölçü alınmış ve eliminasyon kriteri için DTED2 grid

hücre aralığının 3 (üç) katı büyüklüğündeki düz alanların kaba hatalı alanlar olduğunu varsayan bir eliminasyon yaklaşımı getirilmiştir.

$$\text{Eliminasyon Ölçütü} = 3 \times \text{DTED2 Grid Hücre Alanı} \quad (1)$$

Yukarıda açıklanan eliminasyon sonucunda alanı 2700 m² den büyük olan alanlar seçilip farklı bir dosyada sayısal kıymetlendirme operatörüne verilmiştir. Operatör bu dosyayı stereo model üzerine bindirmek suretiyle yalnızca Şekil 4 (a)'da kırmızı renkle gösterilen büyük alanlarda nokta verisi toplamıştır ve bu işlem için toplam 370 dk'lık süre harcamıştır.



Şekil 4 : (a) Düz Alanlarda Eliminasyon. (b) Doğrudan Çözüm Sonucunda Oluşan Hatalı Alanlar

Toplanan yeni veriler daha önceki SAYM'e dahil edilerek Şekil 4 (b)'de görünen TIN model elde edilmiştir. Yeni elde edilen model incelendiğinde ortaya daha başka problemlerin çıktığı görülmüştür. Sırt ya da tepe olması gereken alanlarda tam tersi bir durum olarak çukurlukların oluştuğu gözlemlenmiştir. Hatalı olan bu alanlar daire içerisine alınmak suretiyle Şekil 4 (b)'de gösterilmiştir. Bu durum stereo kıymetlendirme hatasından kaynaklanmaktadır. Operatörün yapmış olduğu kıymetlendirme hatası özellikle $\pm 5m$ ' yi aşan yerlerde bu şekilde çukurluklar oluşmuştur. Bu tarz bir hatayı gidermek için operatörün ilgili yerdeki eş yükseklik eğrilerini yeniden çizmesi ve tekrar üretim sistemine dahil etmesi gerekecektir. Bu işlem oldukça zaman alan bir yöntemdir.

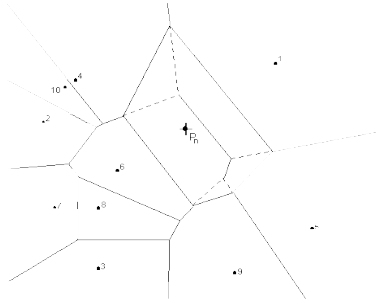
4.3 Dolaylı Çözüm Yöntemlerinin Uygulanması

Dolaylı çözüm yöntemi olarak iki farklı enterpolasyon yöntemi seçilmiştir: “Doğal Komşuluk Enterpolasyon Tekniği” ve “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted, IDW)”.

a. Doğal Komşuluk Enterpolasyon Tekniği (Natural Neighbor Interpolation):

Ağırlıklı ortalama göre çalışan bu enterpolasyon tekniği “Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon tekniğine” çok benzer. Enterpole edilecek noktaları araştırırken örneklem noktalarında mesafeye bağlı ağırlıkları kullanır (URL 3). Düzensiz yoğunluktaki örneklem verisini ayırıp sınıflayabilen, enterpolasyon mantığının genel amaçlarına uygun sayısal enterpolasyon araçları ile TIN fonksiyonlarını bir algoritmayla beraber kullanan ve özel tanımlı parametrelere ihtiyaç duymayan son derece kolay bir tekniktir.

Bu teknikte ilk olarak Delaunay Üçgenlemesi ile her örneklem noktasının üçgen köşe noktası olduğu bir üçgenleme yapılır. Ardından her bir nokta için minimum sayıda üçgen kenarı olacak şekilde dışbükey alanlar tanımlanır. Her komşu noktanın ağırlığı, “Thiessen/Voronoi Tekniği” ile belirlenen bu alanlarda tayin edilir. Yani Doğal Komşuluk Enterpolasyon Tekniği “Thiessen Poligon Ağı”na dayalı olarak çalışan bir yöntemdir. Thiessen poligon ağı örneklem noktalarından elde edilen delaunay üçgenlemesi üzerine kurulabilir. Thiessen poligon ağında her bir örneklem noktası için tek bir “thiessen poligonu” vardır. Şekil 5’de örneklem noktaları için oluşturulan thiessen poligonları ile enterpole edilecek herhangi bir P_n noktası için oluşturulan thiessen poligonu görülmektedir. Burada enterpole edilecek P_n noktasına en yakın 1,4,5,6 ve 8 örneklem noktalarından enterpolasyonla değer verilmektedir.



Şekil 5: Enterpole edilecek nokta için Thiessen poligonu oluşturma

Doğal Komşuluk (Natural Neighbor) enterpolasyon tekniği ile SAYM oluşturmak için ARCGIS 8.0 CBS sistem yazılımı 3D Analyst modülünde bir uygulama yapılmıştır. Test verisi olan ELAZIĞ K44b3 paftasına ait eş yükseklik eğri ve dere katmanına ait nokta detay verileri kullanılarak Şekil 6 (a)'da renk kademeli olarak gösterilen grid model elde edilmiştir.

b. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted = IDW) :

IDW enterpolasyon tekniği örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir. IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar. Birkaç IDW yöntemi olmasına karşın en bilineni “Shaperd’s Metodu”dur (URL 3).

Yüzeydeki dağınık nokta sayısı n , örneklem noktalarını tanımlayan fonksiyon f_i ve ağırlıklar w_i olmak üzere “Shaperd’s eşitliği” aşağıdaki gibidir.

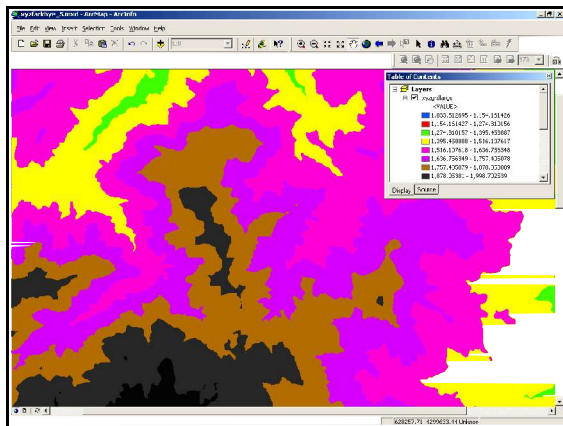
$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (2)$$

w_i ağırlıkları ise (3) eşitliğindeki gibidir.

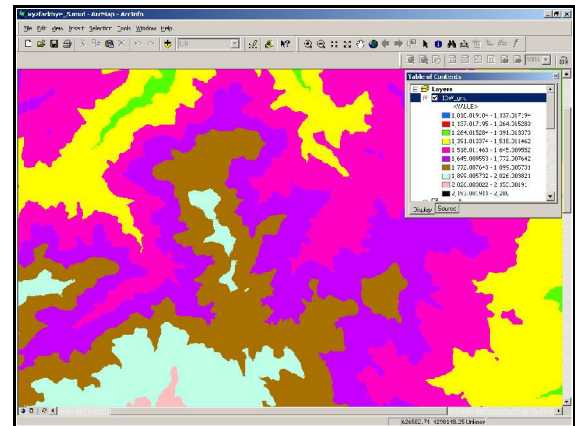
$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}} \quad (3)$$

Burada p “power parameter” olarak bilinir ve genellikle 2 alınan pozitif gerçel bir sayıyı ifade eder. h_i ise örneklem noktaları ile enterpole edilecek nokta arasındaki (4) eşitliğindeki üç boyutlu uzaysal mesafeyi tanımlar.

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} \quad (4)$$



(a)



(b)

Şekil 6 : (a) Doğal Komşuluk Enterpolasyon Tekniği ile üretilen renk kademeli grid model. (b) IDW enterpolasyon tekniği ile üretilen renk kademeli grid model

IDW enterpolasyon tekniği ile SYM üretmek amacıyla ARCGIS 8.0 CBS yazılımı 3D Analyst modülünde bir önceki uygulamaya benzer şekilde örnek bir uygulama daha yapılmıştır. ELAZIĞ K44b3 paftasının eş yükseklik eğri ve dere katmanına ait sayısal veriler kullanılarak IDW tekniği ile grid model üretilmiştir. Üretilen grid model Şekil 6 (b)'de renk kademeli olarak gösterilmiştir.

4.4 Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

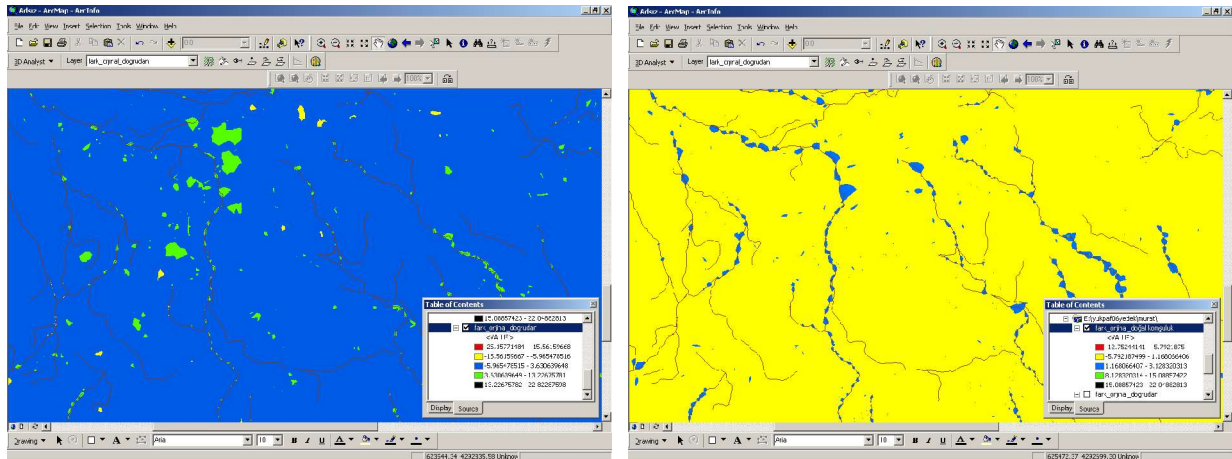
Doğrudan ve dolaylı çözüm yöntemlerinden elde edilen SAYM'lerini karşılaştırmak amacıyla, grid modellerin ARC/INFO GRID modülünde farkları alınmıştır. İlk olarak doğrudan çözüm yöntemi ile elde edilen grid model ile eş yükseklik eğrisi katmanından elde edilen grid model (5) eşitliğinde gösterilen basit bir ifade ile karşılaştırılmıştır. Oluşan “*fark1*” grid dosyası renk kademeli olarak Şekil 7 (a)'da gösterilmiştir. Elde edilen *fark1* grid modele ilişkin istatistiksel veriler; en küçük fark değeri -25.158m, en büyük fark değeri +22.823m, farkların ortalaması 0.055m ve farkların standart sapması ± 1.010 m şeklinde elde edilmiştir.

$$GRID_{fark} = \langle GRID_{orjinal} - GRID_{yeni} \rangle \quad (5)$$

Bir diğer karşılaştırma dolaylı çözüm ile elde edilen grid modelle eş yükseklik eğrisi katmanından elde edilen grid model arasında yapılmıştır. İlk olarak doğal komşuluk enterpolasyon tekniğinden elde edilen grid model ile farklar alınmış. Elde edilen “*fark2*” grid modeli Şekil 7 (b)'de gösterilmiştir. *fark2* grid modeline ilişkin istatistiksel veriler; en küçük fark değeri -12.752m, en büyük fark değeri +22.049m, farkların ortalaması 0.083m ve farkların standart sapması ± 0.691 m şeklinde elde edilmiştir. İkinci olarak ise IDW enterpolasyon tekniği ile elde edilen grid model eş yükseklik eğrisi katmanından elde edilen grid model ile karşılaştırılarak “*fark3*” grid modeli elde edilmiştir. *fark3* grid modeline ilişkin istatistiksel veriler ise; en küçük fark değeri -17.305m, en büyük fark değeri +19.906m, farkların ortalaması 0.298m ve farkların standart sapması ± 2.897 m şeklinde elde edilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde doğrudan çözüm yöntemi ile doğal komşuluk enterpolasyon tekniğinden elde edilen grid modeller eş yükseklik eğri katmanından elde edilen grid modele yaklaşık aynı katkıyı sağlamışlardır. Ancak özellikle doğrudan çözüm ile elde edilen yeni modelde daha önce bahsedilen hataların giderilmesi oldukça zaman alıcı bir yöntem olacağından dolaylı çözüm teknikleri daha uygulanabilir yöntemler olarak değerlendirilebilir. Burada, doğal komşuluk tekniğinden daha duyarlı farklar ürettiği görülen IDW tekniğinin test paftasının genelinde oluşturduğu farklar nedeniyle yüzeyde bozulmalara neden olduğu ve yüzeyi iyi temsil etmediği görülmüştür.

Diğer yandan Şekil 7 (a) incelendiğinde doğrudan çözümün genelde ± 5 m farklarla yüzeyi temsil ettiği daha büyük farkların ise eğrilerin seyrek geçtiği alanlar ile arazi karakteristik hatlarına karşılık gelen yerlerde olduğu görülmektedir. Yüzeyi genelde -5m ile +1m arasında farklarla temsil eden doğal komşuluk yönteminde daha büyük hatalar benzer şekilde arazi karakteristik hatlarına karşılık gelen yerlerde oluşmuştur.



Şekil 7 : (a) Renk kademeli “*fark1*” grid kütüğü. (b) Renk kademeli “*fark2*” grid kütüğü.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1/25.000 ölçekli haritaların yalnızca eş yükseklik eğri katmanı kullanılarak üretilen SAYM'lerde meydana gelen düz alanların iyileştirilmesine yönelik yapılan bu uygulama ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Sırt hatlarına ilişkin detayların tıpkı dere hatları gibi stereo model üzerinden toplanması oldukça zor ve zaman alan bir yöntemdir. Ayrıca 1/25.000 ölçekli harita üretim sistemi içerisinde sembolik detay olarak geçerli bir fonksiyonelliği olmayan sırt hatlarının yalnızca DTED2 verilerine altlık

olacak SAYV'lerin iyileştirilmesi için toplanacak olması maliyet ve zaman açısından mevcut üretim sistemini aksatacak nitelikte bir uygulama olarak değerlendirilmektedir.

- b. Sırt hatları yerine eliminasyon işlemine tabi tutulmuş düz alanlarda stereo model üzerinden belirli sıklıkta nokta detay toplamak daha iyi bir seçenek olarak düşünülse de yeni detayların dahil edildiği SAYM'lerde oluşan hataların giderilmesi yine üretim sistemini aksatacak nitelikte bir uygulamadır.
- c. DTED2 verisinden beklenen mutlak düşey doğruluğun $\pm 20m$ olduğu göz önüne alınacak olursa, uygulamalardan elde edilen değerlerin problemin çözümüne ilişkin değerlendirmeler için anlamlı olduğu söylenebilir. Zaman, maliyet ve iş gücü açısından zorluklar içeren doğrudan çözüm yöntemi yerine, kullanımı ve uygulaması son derece kolay olan doğal komşuluk enterpolasyon tekniğinin düz alanların iyileştirmesi hususunda uygulanabilir olduğu değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın şekillenmesindeki katkılarından dolayı Dr.Müh.Alb. Hayati TAŞTAN'a, Doç.Müh.Alb. Muzaffer KAHVECİ'ye, Müh.Bnb. Caner KARABAY'a ve Müh.Bnb. Zühtü YÜKSEL'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ÇOLAK M., TAŞTAN H., 1999. *Sayısal Arazi Yükseklik Modellerinde Doğruluk Araştırması*, Harita Dergisi, sayı: 121, sayfa: 54-68.

YANALAK M., 2002. *Sayısal Arazi Modellerinde Yükseklik Enterpolasyonu*, Harita Dergisi, sayı:128, sayfa:44-58

YASTIKLI N., JACOBSEN K., 2003. *Automatic Digital Elevation Model Generation, Problems and Restrictions in Urban Areas*, YTÜ dergisi, sayı:2003-2, sayfa:38-46

URL 1, UCSB İnternet sitesi, *Digital Elevation Data And Gis Projects*, http://negia.uscb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/desawal_robert/usgspost.html

URL 2, Texas Üniversitesi İnternet sitesi, *How to create TIN from a generate input file*, <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/grad/azagra/Research/tin.htm>

URL 3, EMS-I İnternet sitesi, *Interpolation Methods*, <http://www.ems-i.com/gmshelp/interpolation/interpolation.html>

ARC/INFO Help Dokümanları