

DENİZ DİBİ TOPOĞRAFYASININ YAPAY SİNİR AĞLARIYLA MODELENMESİ

H. Akçın¹, Ş.H. Kutoğlu¹, B. Terlemezoğlu²

¹Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Jeodezi ve Fotg. Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, hakanakcin@karaelmas.edu.tr, kutoглуh@hotmail.com

²Aydiner A.Ş., Ürdün, bterlemezoğlu@hotmail.com

ÖZET

Hidrografik amaçlı bir çok Mühendislik uygulamasında, deniz dibi topoğrafyasına ihtiyaç duyulmakta ve topoğrafyanın uygun doğrulukta belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Sayısal Yüzey Modeli uygulamalarında olduğu gibi, örnekleme noktalarındaki yatay konum ve derinlik bilgilerini kullanarak, deniz dibi topoğrafyası uygun bir yöntemle modellenebilir. Ancak; su kitleleri üzerinde gerçekleştirilen ölçmeler, karalarda gerçekleştirilen ölçmelere oranla oldukça yüksek birikim hataları (noiselar) içerirler. Bu nedenle, yaygın olarak kullanılan yöntemler ile deniz dibi modellemesi için Uluslararası Standartlarda derinliğe bağlı olarak verilen duyarlık seviyelerine ulaşmak, çoğu kez mümkün olmayabilir.

Böylesi bir problemlerin çözümünde, Yapay Zeka Teknolojisinin Yapay Sinir Ağları Methodu uygun çözümler sağlayabilmektedir. Bu düşünceden hareketle, Ürdünün Akabe körfezinde, bir dalgakıran ve marinanın inşası için gerçekleştirilen hidrografik ölçümler kullanılarak, körfezin Yapay Sinir Ağları Metoduyla elde edilen sayısal deniz dibi modelinin, konvansiyonel yöntemlerin sonuçlarıyla karşılaştırıldığı bu çalışmada, birikim hatalarının yarı yarıya azaldığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Hidrografik Ölçmeler, Sayısal Yüzey Modeli, Deniz Dibi Topoğrafyası, Yapay Sinir Ağları.

ABSTRACT

MODELLING OF SEA BOTTOM TOPOGRAPHY BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

There are needed to determine the sea bottom topography with high accuracy in engineering applications for hidrographical aims. For this purpose, as happened with digital terrain model applications, based on the information of horizontal position and depth at sampling points, sea bottom topography can be modelled by a suitable method. Nevertheless, measurements made on water surfaces contain high noise in proportions to those made inland. Therefore, with the commonly used techniques, it is frequently not possible to meet the international standards for precision at depth values in modelling the sea bottom topography.

For the solution of these types of problems, Artificial Neural Networks (ANN) can be an alternative method. Based on this thought, using the hidrographic observations made for the construction of breakwater and marinas at Akabe gulf of Jordan sea bottom topography of gulf acquired by ANN has been compared against those obtained by conventional methods. As a result of this test, it is realized that noise is reduced by a factor of four.

Keywords: Hydrographic Surveys, Digital Surface Modelling, Sea Bottom Topography, Artificial Neural Network.

1. GİRİŞ

Mühendislik alanındaki inşaat uygulamalarının önemli bir kısmı su kitleleri içerisinde ve deniz dibi topoğrafyası üzerinde gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamalara; limanlar ve marinalar, dalgakıranlar, sondaj platformları ve deniz dolgu çalışmaları örnek olarak verilebilir. Söz konusu uygulamaların projelendirme aşamasında, deniz dibi topoğrafyasının uygun doğrulukta belirlenmesi gereklidir. Ayrıca; ölçümlerde bat-çık etkisinin GPS ölçüleri ile giderilmesinde de deniz dibi topoğrafyasının modeline ihtiyaç duyulmaktadır (Alkan 1998). Bu amaçla, Sayısal Arazi Modeli uygulamalarında olduğu gibi, proje alanına yeterli sıklıkta ve homojen dağılmış örnekleme noktalarındaki yatay konum ve derinlik bilgilerini kullanarak, deniz dibi topoğrafyasının uygun bir yöntemle modellenmesi yapılabilir. Böylece elde edilen sayısal model, projenin gerçekleştirilmesinde temel veri kaynağını oluşturur.

Deniz ve göl gibi su kitleleri üzerinde gerçekleştirilen ölçmeler, gel-git ve bat-çık gibi etkilerden kaynaklanan çeşitli hatalar içerir. Bu hataların bir kısmı matematiksel modeller yardımıyla giderilebilse de, geriye kalan hatalar nedeniyle su kitleleri üzerinde gerçekleştirilen ölçmeler, karalarda gerçekleştirilen ölçmelere oranla oldukça yüksek birikim hataları (noiselar) içerirler. Bu nedenle, Sayısal Arazi Modelleri için yaygın olarak kullanılan (konvansiyonel) yöntemler ile deniz dibi modellemesi için Uluslararası Standartlarda derinliğe bağlı olarak verilen duyarlık seviyelerine ulaşmak, çoğu kez mümkün olmayabilir. Hatta bazı yöntemler (örneğin kollokasyon), yerel çözümlere takılıp uygulamacıları yanıltabilirler. Böylesi bir problemin çözümünde, bilgisayar teknolojisinde yaşanan

gelişmeler sonucunda kendine geniş bir uygulama alanı bulan Yapay Zeka Teknolojisinin Yapay Sinir Ağları Methodunun uygun çözümler sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu düşünceden hareketle, Ürdünün Akabe körfezinde dalgakıran ve marina inşası sırasında gerçekleştirilen hidrografik ölçümler kullanılarak, körfezin Yapay Sinir Ağları Metoduyla sayısal deniz dibi modeli elde edilmiş ve bu model üzerinden inşaatın karakteristik noktalarının derinlik değerleri kestirilmiştir. Sonuçlar konvansiyonel yöntemlerin sonuçlarıyla karşılaştırılarak, modellerin hangisinin belirlenen standartlara göre uygun sonuç verdiği araştırılmıştır.

2. HİDROGRAFİK ÖLÇMELER VE DENİZ DİBİ MODELLEMESİ

Hidrografi; yeryüzünün sularla kaplı alanlarında dip topoğrafyasının ölçülmesi ve sonuçlarının hidrografi haritası yada sayısal modellerle gösterilmesi bilimidir (Algül 1989). Sayısal deniz dibi topoğrafyası modeli ise, bilgisayar destekli çalışmalara olanak verecek biçimde, deniz dibi topoğrafik yapısının, bir matematik modele uygun olarak sayısal anlatımıdır ya da bilgisayar destekli çalışmalarda, deniz dibinin topoğrafik yapısıyla beraber ayrıntılı olarak model gösterimidir.

Sayısal deniz dibi modelleri gerçekte, deniz dininin yüzeyine, matematiksel tanımlanabilen bir yüzey yerleştirme problemidir. Bu problem, topoğrafik yüzey üzerinde üç boyutlu koordinatlarıyla tanımlanmış olan örnekleme noktalarına dayalı olarak çözülebilmektedir. Örnekleme noktalarının koordinat değerleri, jeodezik ve oşinografik ölçmeler ile belirlenir. Özellikle jeodezik ölçmeler ; örnekleme noktalarının deniz yüzeyinden dibe kadarlık bölüme olan düşey uzaklık olan derinlik değerleri ve derinlik ölçümü yapılan noktanın konum ölçmelerini kapsamaktadır. Ancak örnekleme noktalarının derinlik değerleri, jeoite göre eksi kot değerleri taşır. Oluşturulan model ile deniz dibinde modellenmesi yapılan alan içinde, istenilen sıklıkta yeni noktaların yükseklikleri bulunabilir.

Hidrografik amaçlı konum ve derinlik ölçmeleri için bir çok değişik yöntem bulunmaktadır. Ancak bu yöntemlerin değişik amaçlı hidrografik çalışmalar için kullanılmasında farklı standartlar söz konusu olmasına karşın, Uluslararası Hidrografi Organizasyonu (IHO) tarafından bu standartlar belirlenmiş olup tablo 1’de verilmiştir (Alkan 1998).

Derece	Özel Ölçmeler	1	2	3
Tipik Uygulama Alanları	Limanlar, Rıhtım alanları, Ulaşım kanalları v.b.	Liman ulaşım kanalları, Gemi seyir güzergahları, 100 m. kadar derinlikteki kıyılarda	1. Derece dışında kalan derinliği 200 m. Kadar olan alanlarda	1. Derece dışında kalan derinliği 200 m. Kadar olan alanlarda
Konum Doğruluğu	2 m	5m+%5*derinlik	20m+%5*derinlik	150m+%5*derinlik
Derinlik Doğruluğu⁽⁰⁾	a=0.25 b=0.0075	a=0.5 b=0.013	a=1.0 b=0.023	a=1.0 b=0.023
Sayısal Derinlik Modeli Doğruluğu⁽¹⁾	ölçülmedir.	a= 1.0m b= 0.026m	a= 2.0m b= 0.05m	a= 5.0m b= 0.05m
Mak. Hat Aralığı	10m	100m	200m	500m

Derinlik Doğruluğu⁽⁰⁾= $\pm\sqrt{(a^2+(b*Derinlik)^2)}$

Tablo 1: Hidrografik ölçmeler için IHO standartları.

Her mühendislik çalışmasında karadaki veya sudaki ayrıntı noktaları ortak bir yüzey (referans yüzeyi) üzerinde değerlendirilir. Referans yüzeyi jeoitir. Sualtı zeminine ait derinlik ölçmeleri o andaki su seviyesine göre yapıldığından, ölçülerin referans seviyesine indirgenebilmesi için su seviyesindeki değişimlerin belirlenmesi gerekir. Zira su yüzeyi dinamik ve meteorolojik etkenler altında sürekli seviye değiştirir, hatta bu değişim su ortamının bulunduğu bölgeye göre mevsimlik, aylık ve saatlik olabilmektedir. Bu nedenle ortalama su seviyesine göre belirlenecek bir yüzey, derinlik ölçülerinin indirgeneceği yüzey olarak kabul edilir. Bölgesel hidrografik çalışmalar için basit Mareograflar ve kısa süreli gözlemler genellikle yeterlidir (Spiess ve diğerleri 1994).

Deniz dibi modellenmesinde ise değişik matematiksel yaklaşımlar söz konusudur. Bunlar genellikle konvansiyel modeller ve yapay sinir ağları modeli, sonlu elemanlar ve TIN modeli gibi değişik yaklaşımlardır. Sayısal Yüzey Modeli oluşturmanın en önemli kavramlarından birisi nokta veya örnekleme yoğunluğudur. İyi yapılmayan bir örnekleme ile kaydedilen bilgiler en mükemmel enterpolasyon yöntemi ile bile kazanılamaz.

Değişik örnekleme yöntemlerinde iki durum söz konusudur:

- Arazi yeterince temsil edilecek en az noktanın örneklenmesi durumunda nokta seçiminin ve ölçümlerinin yapılması oldukça özen gerektirir.
- Arazinin gerekenden daha çok noktayla temsil edilmesi durumunda gereksiz bilgilerin ayıklanması yapılacaktır. Bu durumda noktaların örnekleme doğruluğu diğerine göre daha az olacaktır.

Gereken sayıda noktayla örneklemede yüzeyin temsilinin doğru ve yeterli olmasına karşın deniz dibi yüzeyi açısından anlamlı olan bir çok ayrıntı kaybolabilir. Bundan dolayı özellikle kesitler boyunca örneklemede çok nokta alınması daha iyi sonuçlar verebilir. Enterpolasyon ise (x_i, y_i, z_i) dayanak nokta kümesi ile verilmiş olan bir alan içinde ya da bu kümenin bir alt kümesi ile sınırlanan bölge içindeki herhangi bir (x, y) konumuna sahip noktanın derinlik değerinin belirlenmesidir. Bu durum $H = F(x, y)$ fonksiyonu ile ifade edilir.

Bu problemin çözümünde ele alınan konvansiyonel yöntemlerin bir bölümünde ilk ölçülen yükseklik değerleri hatasız kabul edilir; bazılarında ise belirli bir dengeleme veya rastlantısal hataların filtrelenmesi yapılır. Seçilen enterpolasyon yöntemi ne kadar uygun ise hesaplanan H değeri ile gerçek değeri arasındaki fark o kadar küçük olur. Diğer bir ifadeyle hesaplanan (H) değerinin; gerçek deniz dibinin şekline uygunluğu, enterpolasyon fonksiyonunun ve Sayısal Denizdibi Topoğrafyası Modeli (SDTM) için güvenilirliğini artırır.

2.1. Konvansiyonel SDTM Teknikleri

SDTM'nin enterpolasyon probleminin konvansiyonel çözümünde başlıca üç yaklaşım vardır.

- Noktasal enterpolasyon
- Parça parça fonksiyonlarla enterpolasyon
- Tüm yüzeyi kapsayan tek bir fonksiyonla enterpolasyon

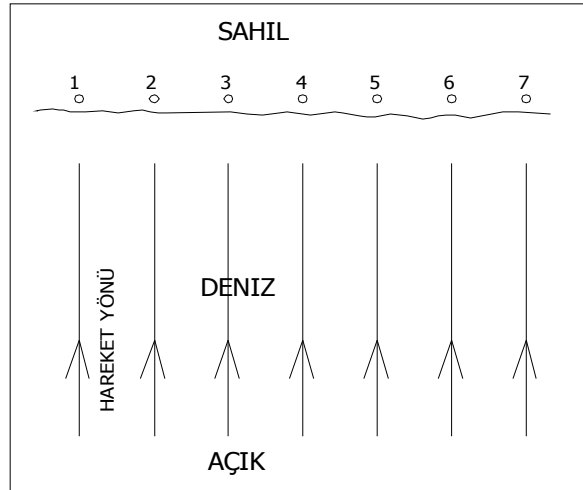
Noktasal enterpolasyonda; derinliği aranan noktayı çevreleyen bir ölçüt dairesinin veya karenin iç tarafına düşen örnekleme noktaları kullanılır. Bu noktalar düşük dereceden bir fonksiyonun parametrelerini hesaplamak için kullanılır. Her yeni nokta, çevresindeki örnekleme noktalarından hesaplandığından noktasal enterpolasyonda fonksiyon katsayıları noktadan noktaya değişir. Buna karşın depolama işlemine gerek kalmaz ve esneklik artar. Bu yaklaşımda şu enterpolasyon teknikleri kullanılır;

- Doğrusal Enterpolasyon
- Bidoğrusal Enterpolasyon
- Korelasyon Yöntemiyle Enterpolasyon
- Kayan Yüzeylerle Enterpolasyon

Parça parça enterpolasyonda; SDTM daha küçük parçalara bölünür ve her bir parça seçilen bir fonksiyonla gösterilir. Bu durumda parçaların sınırları boyunca süreksizlikler görülebilir. Bundan kaçınmak için parçalardaki fonksiyonları sınırlar boyunca çakıştırmak amacıyla birleştirme fonksiyonları kullanılır. Bu birleştirme koşullarının, bilinmeyen fonksiyon parametrelerinin hesabında açık olarak tanıtılması gerekli olduğundan, problem bir tek fonksiyonla enterpolasyona dönüşür. Bu nedenle uygulamada birleştirme koşullarına gerek kalmayacak biçimde fonksiyonlar seçilmelidir.

Tüm yüzeyi kapsayan tek bir fonksiyonla enterpolasyonda ise; örneklem noktalarının tümünü aynı anda kullanarak araziye tek bir fonksiyonla ifade etmek amaçlanır. Yöntemin uygulanmasında öncelikle m sayıdaki dayanak noktası kullanılarak bir trent yüzeyi geçirilir. Bu yüzey için polinom, harmonik seri veya trigonometrik fonksiyon kullanılabilir. Yapılan uygulamalarda 1. veya 2. dereceden bir polinomun yeterli olduğu görülmüştür. Trent yüzeyi olarak n . dereceden bir polinom kararlaştırılması durumunda, $H(x_i, y_i)$ polinomun katsayıları ve dayanak noktalarındaki ΔH artık derinlik değerleri (düzeltmeler) hesaplanır.

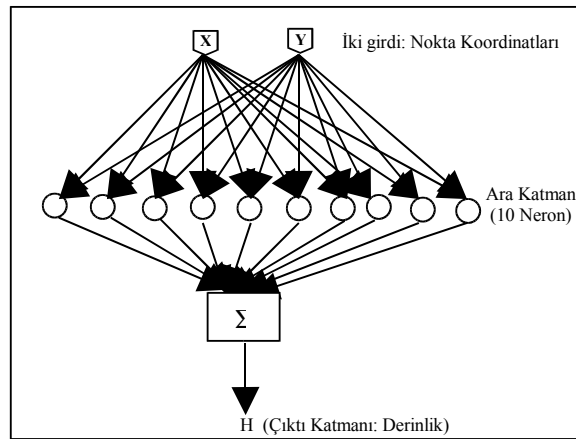
2.2. Yapay Sinir Ağları ile SDTM



Şekil 3. Denizde ölçme yöntemi.

3.1. Uygulama Bölgesinde Yapay Sinir Ağları ile SDTM

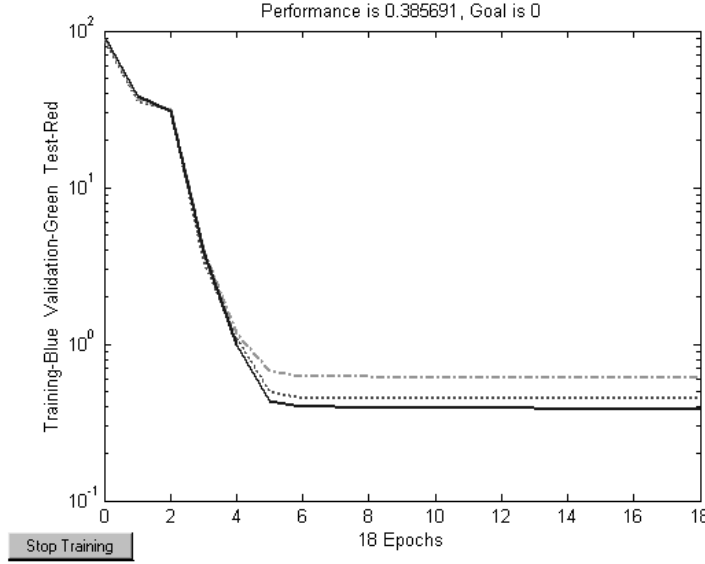
Bu çalışma için geriye yayma algoritmasına dayanan ileri beslemeli ve bir çıkış olmak üzere iki katmanlı bir ağ tasarlanmıştır. Ara katman için sigmoid, çıkış katmanı için lineer aktivasyon fonksiyonları seçilmiştir. Ağın eğitimi için Levenberg-morquardt algoritması seçilmiş ve performans fonksiyonu olarak standart sapmadan yararlanılmıştır. Şekil 4 tasarlanan ağ yapısını göstermektedir.



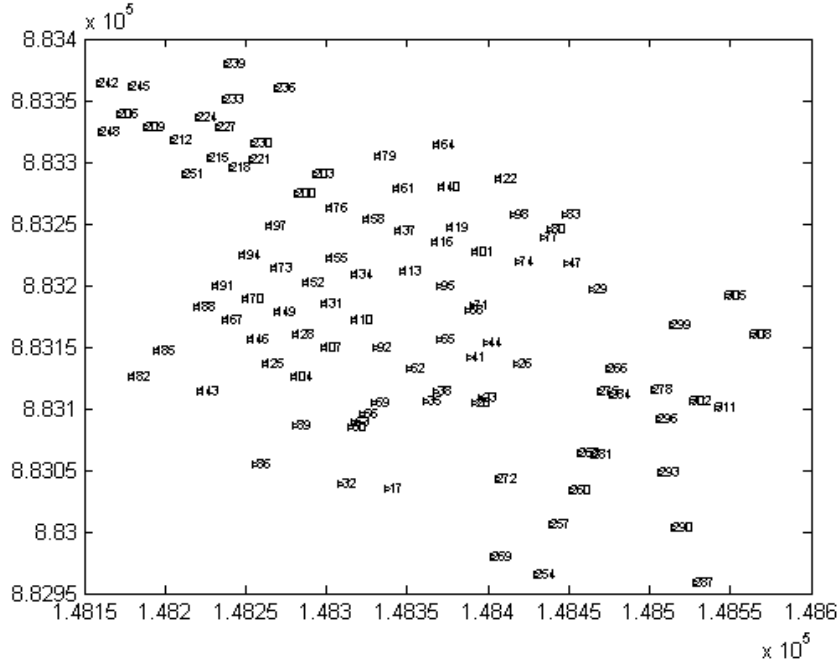
Şekil 4. Uygulama için tasarlanmış Yapay Sinir Ağı.

Ağın Eğitimi için 300 epok uygun görülmüş fakat çözümün genel olabilmesi (girdilere fazla uyumu engellemek) için veriler; eğitimde kullanmaya yönelik olarak **referans verisi** (99 nokta), genellemenin bozulduğu anda erken durdurmaya yönelik olarak **onay verisi** (99 nokta) ve genellemenin uygunluğunu kontrol etmeye yönelik olarak da **test verisi** (98 nokta) olmak üzere 3 guruba ayrılmıştır. Uygulamanın başlamasıyla 18. epokta genelleme bozulduğundan dolayı eğitim durdurulmuş ve 18. epok sonunda elde edilen ağ parametreleri ile deniz dibi topoğrafyası modellenmiştir. Ağın eğitimi sırasında elde edilen performans grafiği ile referans noktalarının dağılımları Şekil 5 ve 6' da verilmiştir.

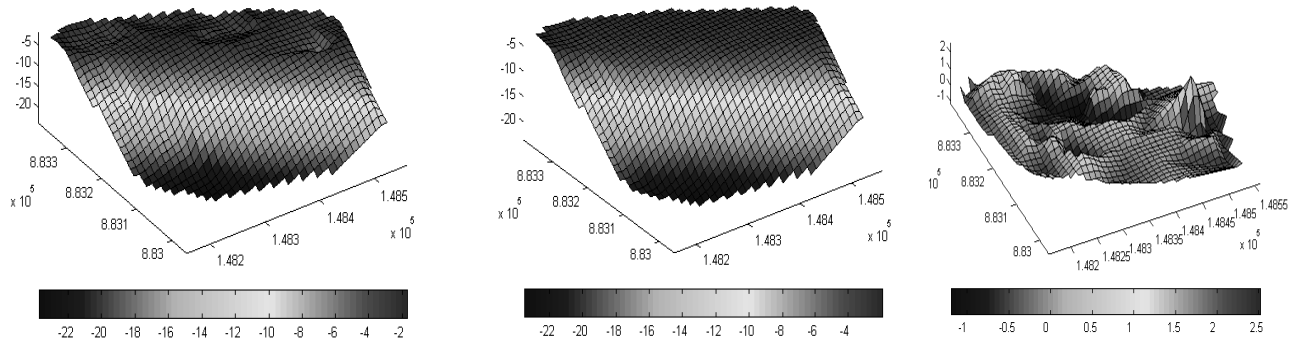
18. epokta elde edilen ağ parametreleri kullanılarak iki ayrı çalışma yapılmıştır. Bunlardan ilki; referans verisi olarak seçilen 99 noktanın yalnızca X ve Y koordinatları kullanılarak derinlikleri ağ parametreleri ile kestirilmiş ve bu noktaların gerçek derinlik değerleri ile kestirilmiş değerleri arasındaki farkları incelenerek Şekil 7'de sunulmuştur. İkinci olarak test verileri olarak seçilen 98 noktanın, benzer şekilde yalnızca X, Y koordinatları kullanılarak derinlikleri ağ parametreleri ile kestirilmiş ve gerçek değerlerden elde edilen model, ağ parametreleri kullanılarak bulunan modellerle karşılaştırılarak sonuçlar Şekil 8'de verilmiştir.



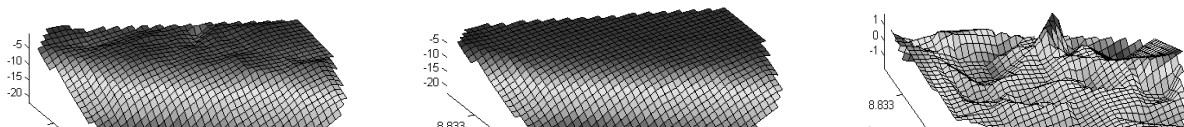
Şekil 5. Ağ eğitimi sırasındaki performans grafiği

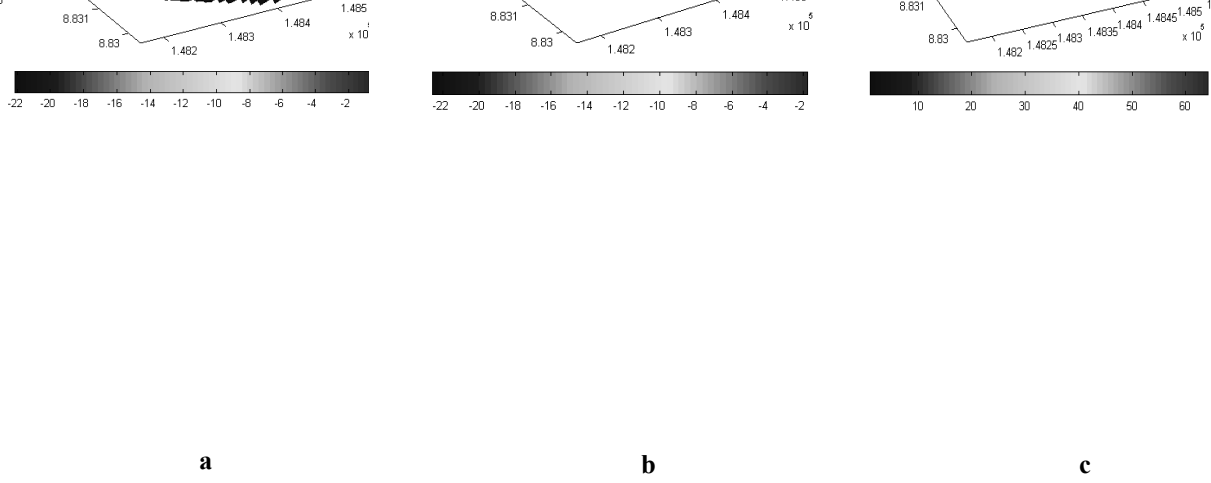


Şekil 6. Referans Veri Noktalarının Dağılımı



Şekil7. Referans noktalarının orijinal derinlik verileri ile oluşturulan model (a), Referans noktalarının Ağ parametreleri kullanılarak kestirilmiş derinlik değerleri ile oluşturulan model (b), orijinal ve kestirilmiş değerler arasındaki farkların uygulama alanına dağılım modeli (c).

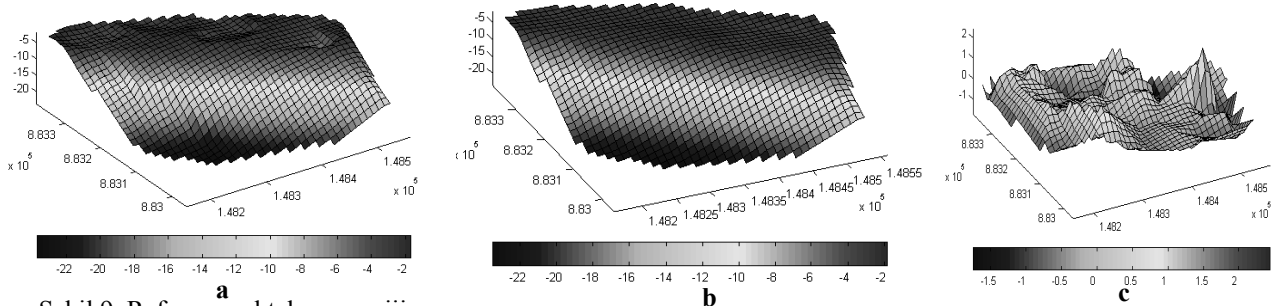




Şekil 8. Test noktalarının orijinal derinlik verileri ile oluşturulan model (a), Test noktalarının Ağ parametreleri kullanılarak kestirilmiş derinlik değerleri ile oluşturulan model (b), orijinal ve kestirilmiş değerler arasındaki farkların uygulama alanına dağılım modeli (c).

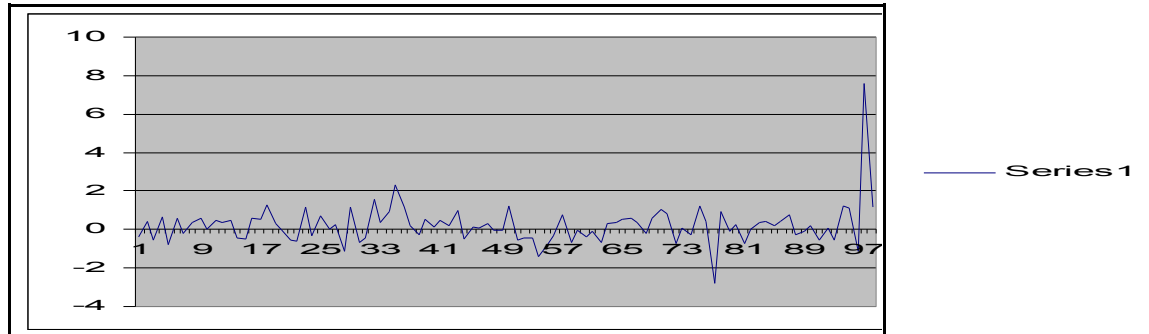
3.2. Uygulama Bölgesinde Konvansiyonel Yöntemle SDTM

Uygulama bölgesinde Yapay Sinir Ağlarından elde edilen sonuçları karşılaştırabilmek amacıyla, tüm yüzey için tek bir polinomal fonksiyonla çözüme gidilmiştir. Başlangıçta 6. dereceye kadar bir polinomun, birinci uygulamada seçilen referans verileri yardımıyla parametreleri kestirilmiş, 5. ve 6. derecedeki parametreler istatistiksel testle anlamsız olduğundan 4. derece polinom yaklaşımı ile çözüme gidilmiştir. Bu çözümden; referans verilerinin gerçek derinlik değerleri, kestirilmiş değerleri ile elde edilen modeller ve aralarındaki farkların yüzeye dağılım modeli Şekil 9'da gösterilmiştir.

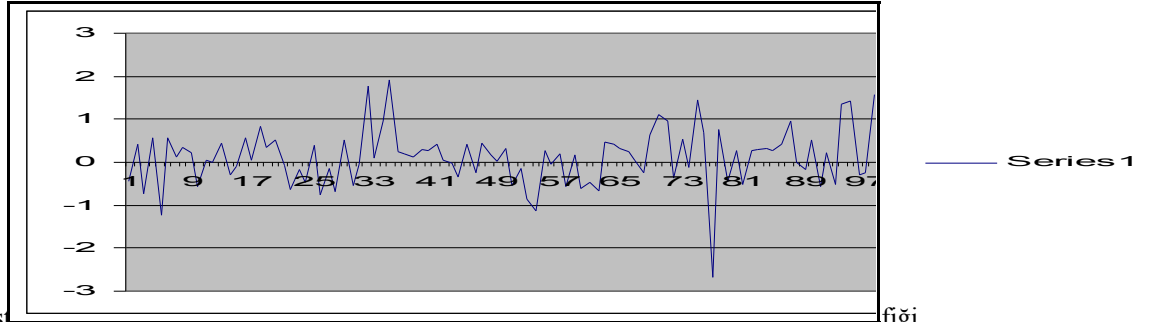


Şekil 9. Referans noktalarının orijinal derinlik verileri ile oluşturulan model (a), Referans noktalarının polinomal katsayılar kullanılarak kestirilmiş derinlik değerleri ile oluşturulan model (b), orijinal ve kestirilmiş değerler arasındaki farkların uygulama alanına dağılım modeli (c).

Ayrıca test verileri için yapay sinir ağı modellemesinden elde edilen hataların grafiği Şekil 10'da, polinomal yöntemle kestirilenlerin gerçek değerden farklarının grafiği de Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 10. Test verileri için Yapay Sinir Ağları ile kestirilmiş değerlerin gerçek değerlerden fark grafiği



Şekil 11. Test verilerinin zaman serisi grafiği.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hidrografik amaçlı denizdibi topoğrafyasının modellenmesine yönelik olarak gerçekleştirilen deneysel uygulamalarla, Yapay Sinir Ağları yaklaşımının ve konvansiyonel modelleme yöntemleriyle karşılaştırmalı bir inceleme yapılmıştır. Yapılan uygulamalara ilişkin olarak Yapay Sinir Ağları ile SDTM'de:

- Bölgede dayanak noktaları için ölçülen tüm derinlik değerleri ile yapay sinir ağı oluşturulması, ağın gereğinden fazla eğitilmesini ve sonuçların denetimsizleşmesini sağlamaktadır. Bu nedenle noktalar; referans noktaları, genellemenin bozulduğu anda erken durdurmaya yönelik olarak **onay verisi** (99 nokta) ve genellemenin uygunluğunu kontrol etmeye yönelik olarak da **test verisi** (98 nokta) olmak üzere 3 guruba ayrılmıştır.
- Referans verileri bölgenin tanıtılmasında ve sinir ağının onay verileri ile etkileşimli olarak eğitilmesinde yeterlidir. Ancak bu noktalar yüzeye homejen ve gerekli sıklıkta dağılmış olarak tüm örneklem gurubu içinden seçilmelidir. Ayrıca eğitimin ve sinir ağı parametreleri için genellemenin başarı düzeyini belirlemek için test noktaları gurubu oluşturmak gereklidir. Bu mantıkla yalnızca 10 neron kullanılarak, Yapay Sinir Ağı Modellemesinden referans noktalarının gerçek değerleri ve kestirim değerleri arasındaki farklar (mevcut verilere olan çakışma artıkları) ile Karesel Ortalama Hata 39cm bulunmuştur.
- Hem referans verilerinin, hem de test verilerinin ağ kestirimi ile oluşturulan SDTM'lerinin gerçek SDTM'ye iyi uyduğu görülmüştür.
- Yöntemin karşılaştırılması için kullanılan polinomal SDTM'de, referans noktaları için elde edilen Karesel Ortalama Hata 72 cm olarak bulunmuştur. Buna göre konvansiyonel yöntem Yapay Sinir Ağlarına göre yaklaşık iki kat fazla hata değeri vermiştir. Ayrıca Yapay Sinir Ağları için elde edilen sonuç Uluslararası Hidrografik kriterlere uymaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar; bu çalışmanın verilerinin sağlanmasındaki katkılarından dolayı Aydınlar İnşaat AŞ'ye ve Ürdün Kırallığına teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Algül, E. 1989. *Akustik İskandil Yöntemlerinde Presizyonlu Derinlik Belirlemesi İçin Detaylı Hata Araştırılması*, Profesörlük Takdim Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, İstanbul.

Alkan, R.M. 1998. *Presizyonlu Hidrografik Ölçmelerde Bat-Çık Etkisinin GPS Yöntemi İle Belirlenmesi*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, İstanbul.

Öztemel E., 2003. *Yapay Sinir Ağları*, Papatya yayıncılık.

Rumelhart D., McClelland J., 1986. *Paralel Data Processing*, MIT Press, Vol.1, Chepter 8, 318-362.

Spiess, F.N., Purcell, G.H., Draget, H. 1994 *Determination of Sea Floor Displacements Using Precision Transponders and GPS*, Proceedings International Symposium on Marine Positioning, INSMAP, International Partnership in Marine Positioning, University of Hannover, Germany, pp. 51-60.