

Sığ sularda su derinliklerinin yapay sinir ağıları kullanılarak uzaktan algılanması

Ceyhun ÖZÇELİK^{*}, Yalçın ARISOY

Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 35160, Buca, İzmir

Dokuz Eylül Üniversitesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

Özet

Kıyı bölgelerinde su derinliklerinin belirlenmesi gerek kıyı yaşamının korunması gerekse mühendislik uygulamaları açısından önem teşkil etmektedir. Ancak taban topografyasının değişken olması, güvenilir derinlik ölçümlerinin yapılmasını güçleştirmektedir. Bu noktada, mühendislik uygulamalarının özellikle önetüd ve önanaliz safhalarında uzaktan algılanmış uydu görüntülerinin kullanılması, batimetrik ölçümlerdeki maliyet ve işgücünü azaltıcı bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Böylelikle, zamansal ve alansal derinlik değişimleri etkili bir şekilde tahmin edilebilecektir. Bu çalışmada, uzaktan algılanmış görüntüler yardımıyla su derinliklerinin Yapay Sinir Ağları kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Uygulamada İzmir' in Foça ilçesinin batı kıyıları dikkate alınmıştır. Çalışmanın sonuçları, uydu görüntüleri kullanılarak etkili bir şekilde derinlik tahminleri yapılabileceğini ve batimetrik haritalar oluşturulabileceğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan algılama, yapay sinir ağıları, batimetri, sığ su derinlikleri.

Remote sensing of water depths in shallow waters by artificial neural networks

Abstract

Determination of the water depths in coastal zones is a common requirement in the majority of coastal engineering applications. However, production of high quality bathymetric maps requires expensive field survey, high technology equipment and expert personnel, and the sustainable maintenance of bathymetric data is a challenge especially where the bottom material changes rapidly. For many preliminary engineering applications, remotely sensed images can be effectively used to reduce the cost and labor needed for bathymetric measurements and to overcome the difficulties in estimating temporal and spatial changes of water depths in shallow waters. This study introduces a procedure using the Artificial Neural Networks (ANN) in detecting water depths via remote sensed images. As an application, a region on the west coast of the Foça, near the province of İzmir, Turkey, is taken into consideration. The results of the study reveal the efficiency of use of ANN in water depth detection and bathymetric surveying.

^{*} Yazışmaların yapılacağı yazar: Ceyhun ÖZÇELİK. ceyhun.ozcelik@deu.edu.tr. Tel: 232 4127056; Fax: 232 4531192.

Keywords: *Remote sensing; artificial neural networks; bathymetric surveying; water depths in shallow waters*

Giriş

Sığ sularda yapılan batimetrik ölçümler, kıyı mühendisliği uygulamalarında büyük öneme sahiptir (Lue ve Chang, 2005; Grilli, 1998). Ancak, deniz tabanı özellikle kıyı bölgelerinde gelgit, dalga hareketleri, taban akıntıları gibi faktörlerin etkisiyle, yoğun sediment hareketlerine maruz kalmakta, dolayısıyla, batimetri kısa zaman aralıklarında bile değişebilmektedir (Grilli, 1998).

Derinlik ölçümlerinde geleneksel olarak kullanılan Shipboard echo sounder, noktasal ölçümler için oldukça güvenilir sonuçlar vermesine rağmen (Lue ve Chang 2005) kullanımı, yoğun iş gücü, zaman ve para gerektirmektedir. Bu nedenle, airborne lidar (Light detection and ranging) ve pasif multi-spectral scanner ölçümleri gibi uzaktan algılama tekniklerine yönelinmektedir (Martin, 1993).

Lidar, derinlik ölçümlerinde oldukça doğru sonuçlar vermesine rağmen, kullanımı maksimum yükseklik, tarama açısı, ve pozisyonu ile sınırlıdır. Bununla birlikte, ölçüm platformunun yüksekliğinin doğru olarak bilinmesi, hassas derinlik ölçümleri için gereklidir (Lyzenga, 1985).

Su derinliklerinin uzaktan algılamasında su sütununun optik karakteristiklerin kullanılması (optical remote sensing), bu alanda kullanılan ilk yöntemlerdendir (Fonstad ve Marcus, 2005). Su sütununun optik karakteristiklerinin uzaktan algılamasına dayanan modeller, genellikle su derinliği ve belirli spectral bantlardaki yansımaya (reflectance) değerleri arasındaki basit regresif ilişkilere dayanmaktadır. Su derinliğinden kaynaklanan yansımaya değerlerini, su kirliliği, taban bitki örtüsü, türbülans, akıntı gibi faktörlerin etkilerinden kaynaklanan yansımaya değerlerinden tamamıyla ayırmak mümkün olmamasına rağmen (Hengel ve Spitzer, 1991), sığ sularda su derinliklerinin uzaktan algılamasında optik uzaktan algılama teknikleri, alandan ve zamandan bağımsız bir ortam oluşturması, kullanımının kolay olması gibi nedenlerle, özellikle yansımaya değerlerini etkileyen derinlik dışındaki faktörlerin sabit kabul edilebildiği homojen bölgelerde, tercih edilmektedir.

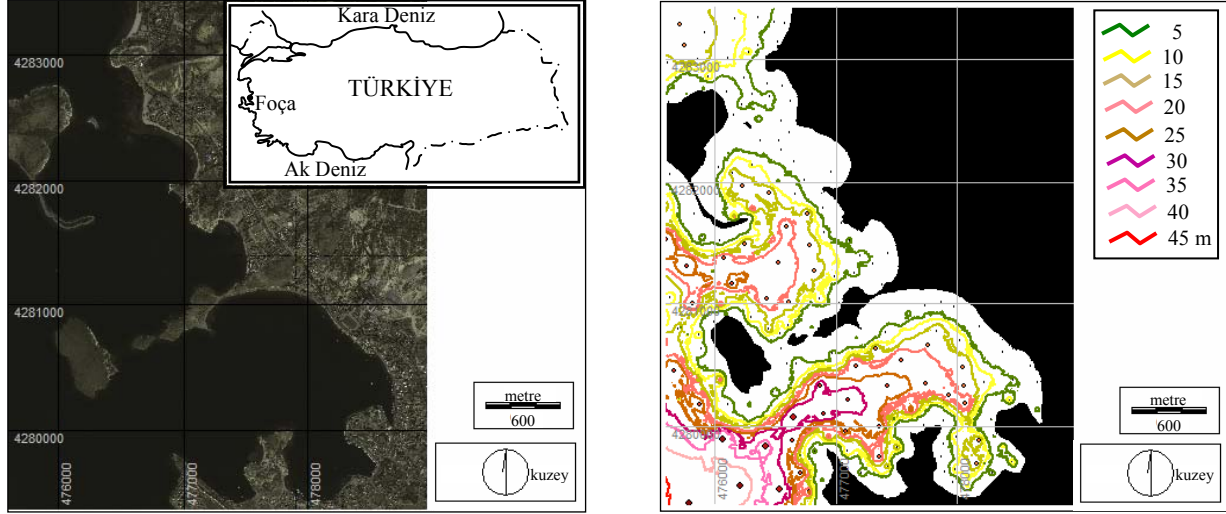
Literatürde, Lyon ve diğerleri, (1992); Leu ve Chang (2005); Fonstad ve Marcus (2005); Martin, (1993) gibi birçok araştırmacı tarafından, kıyı bölgelerinde, geniş ve nispeten temiz akarsu kesitlerinde su derinliklerini tahmin etmek için, su sütununun optik karakteristiklerini kullanan çeşitli yöntemler önerilmiştir. Ancak, uygulamada çoğu kez kirlilik, taban malzemesi, bitki örtüsü gibi birçok etki su sütununda yansımaya değerlerini etkilemektedir. Bu nedenle, literatürde önerilen yöntemlerin doğruluğu, su derinliğinden kaynaklanan yansımaya değerlerini diğer etkenlerden izole edebildiği ölçüde değişmektedir. Bu noktada, insan beyninin bilgi işlem yapısından esinlenerek geliştirilen, bir bilgi işleme paradigması olan Yapay Sinir Ağları (YSA), lineer olmayan, örnek verisine dayanan, sabit bir modele bağlı olmayan yapısıyla (Mas, 2004), su derinliğinden kaynaklanan yansımaya oranına bakmaksızın batimetrik modellemede etkili bir şekilde kullanılabilir bir ortam sunmaktadır.

Bu çalışmada, uydu görüntüleri kullanılarak kıyı bölgelerinde su derinlikleri YSA aracılığıyla tahmin edilmiştir. Böylelikle, derinlik tahminlerinde değişken taban malzemesi, su kirliliği vb. etkenlerden kaynaklanan ve de arazi ölçümleri ve radyometrik kalibrasyonlardaki kimi zorlukların üstesinden gelinmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar Tek bant (Single Band) Algoritması ve Asal

Bileşenler (Principal Component) Algoritması (Martin, 1993) tahminleriyle karşılaştırılmıştır.

Çalışma alanı ve veriler

İzmir ilinin Foça ilçesi kıyıları çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Foça ilçesindeki ana ekonomik etkinlikler, balıkçılık ve turizmdir. Deniz ulaşımı için Foça limanı kullanılmaktadır, dolayısıyla, sediment hareketleri sonucu meydana gelecek derinlik değişimleri, deniz ulaşımını balıkçılık, rekreasyon gibi etkinlikleri etkilemektedir.



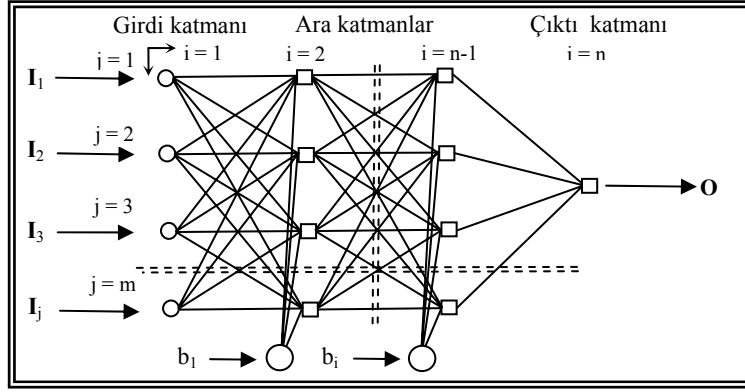
Şekil 1. Çalışma alanı ve referans derinlik ölçümleri

Harita genel komutanlığı tarafından yerinde yapılan derinlik ölçümleri referans derinlik ölçümleri olarak alınmıştır. Bu derinlik ölçümlerini içeren eşyüksekti haritası Şekil (1) de verilmektedir. Aster 15 m × 15 m çözünürlüklü, bir (520-600 nm), iki (630-690 nm) ve üçüncü (760-860 nm), ve quickbird 0,61 m × 0,61 m çözünürlüklü, mavi (450-520 nm), yeşil (520-600 nm), kırmızı (600-690 nm), ve kızılötesi (760-900 nm) bant uydu görüntüleri kullanılmıştır (Temmuz, 2005). Görüntülerle eşzamanlı derinlik ölçümlerine ulaşılammış, bu nedenle, aynı dönem ölçümleriyle yetinilmiştir.

Yöntem

Genel Yapay sinir ağları, esnek bilgi transfer yapısıyla son yıllarda oldukça ilgi görmektedir (Mas, 2004). Lineer olmayan fonksiyonel ilişkilerin araştırılmasında kullanılabilmesi, gözlenmemiş durumlar için tahminler türetebilmesi YSA ların kullanımında özendirici etkenler olmuştur (Lek vd., 1996; Mas, 2004). Özellikle, çevre bilimleri, tıp, moleküler biyoloji, görüntü işleme gibi alanlarda yaygın uygulama alanı bulmuştur (Atkinson & Tatnall, 1997; Mas, 2004).

Bu çalışmada, sığ su derinlikleri tahmin etmek için, bilgi akışını girdi katmanından, çıktı katmanına tek yönde sağlayan ve son zamanlarda tercihen kullanılan (Atkinson ve Tatnall, 1997) çok katmanlı ileri beslemeli (Multi layer feed forward) YSA lar kullanılmıştır (Şekil 2). Şekil 2 deki I_j , j . bant için, standardize edilmiş yansıma değerlerini içeren girdi matrislerini; o referans derinlik değerlerini içeren, standardize edilmiş çıktı matrisini; b_i , i . katmana ait eşik değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 2: Ağ yapısı

Eğitim algoritması olarak, en iyi bilinen algoritmalarından olan (Mas, 2004) geri yayımlı (back propagation) Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Burada, ara katman girdileri net_j ve ara katman çıktıları $f(net_j)$, (1) eşitliklerindeki gibi hesaplanabilmektedir (Hagan ve Menhaj 1994; Atkinson ve Tatnall, 1997).

$$net_j = \sum_{j=1}^m w_{i,j} \cdot o_{i,j}; \quad f(net_j) = 1 / (1 + \exp(-net_j)) \quad (1)$$

$w_{i,j}$ i. katmanın, j. bağlantısına ait ağırlığını; $o_{i,j}$, girdi katmanı için I_j ye diğer katmanlar için $f(net_j)$ eşit olan katman çıktıları göstermektedir. t_p , eğitim seti için beklenen çıktı matrisinin p. elemanını; o_p , ise \mathbf{o} çıktı matrisinin p. elemanını; N, eğitim seti uzunluğunu göstermek üzere, ağı eğitilmesi (2) eşitliğiyle verilen performans değerinin kabul edilebilir bir değer altına düşüncüye kadar ağı ağırlıklarının (3) eşitliği kullanılarak değiştirilmesiyle sağlanmaktadır.

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^N (t_p - o_p)^2}{N}} \quad (2)$$

$$(w_{i,j})_{k+1} = (w_{i,j})_k - [\mathbf{J}^T \mathbf{J} + \mu \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{J}^T \boldsymbol{\varepsilon} \quad (3)$$

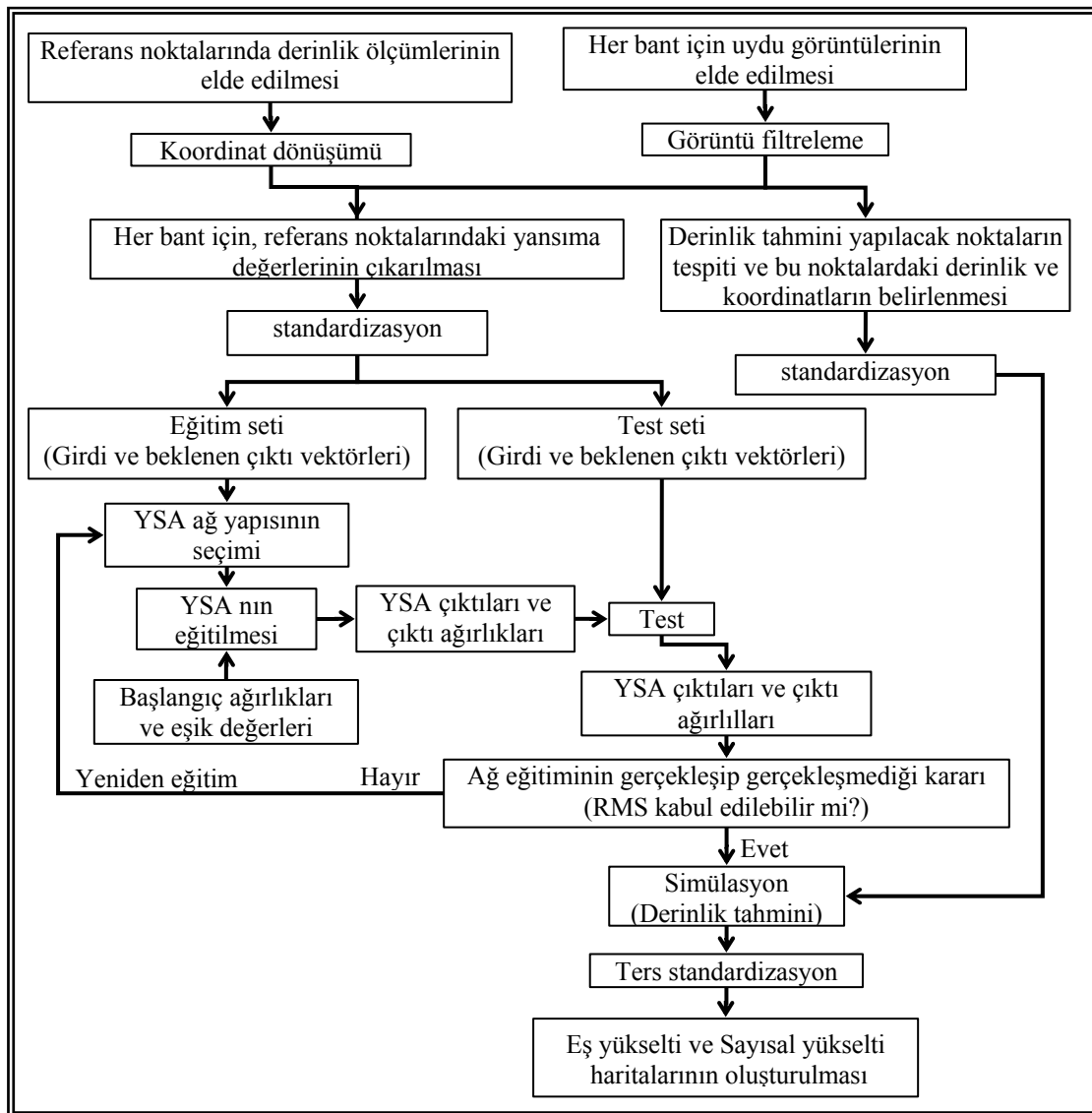
$\boldsymbol{\varepsilon}$, \mathbf{J} hata ve jacobyen matrislerini; μ ağırlık hesaplamasında hız ve duyarlılığı değiştiren bir sabiti; k iterasyon sayısını; \mathbf{I} , birim matrisi ve \mathbf{T} matris tersini göstermektedir (Hagan ve Menhaj 1994).

YSA kullanarak derinlik tahmini ve sayısal yükselti haritalarının oluşturulması

YSA kullanılarak derinlik tahminleri yapılabilmesi dolayısıyla bir batimetrik harita oluşturulabilmesi için, su yüzeyinin farklı kesimlerinde anlamlı ölçüde farklı yansıma değerleri veren (su sütununun yansıma karakteristiklerini temsil eden) farklı banttardan uydu görüntüleri, YSA'nın girdileri olarak, ve referans noktalarındaki derinlik ölçümleri YSA'nın beklenen çıktıları olarak kullanılmıştır. Derinlik tahminleri için aşağıda verilen yöntem önerilmektedir (Şekil 3).

Buna göre, ilk olarak her banttardan uydu görüntüleri, karasal alanları ve su yüzeyindeki gemi vb. unsurları, analiz dışı bırakabilmek, gürültü ve yayılım (noise ve scattering) etkilerini azaltabilmek amacıyla filtrelendikten sonra, referans (derinlik değerleri bilinen noktalardaki) derinlik ölçümleri

ile aynı koordinat sistemine dönüştürülmesi gerekmektedir. Sonra derinliği bilinen noktalardaki her banda ait yansıma değerleri belirlenip, hem yansıma değerleri hem de derinlik ölçümleri standardize edilerek eğitim ve test veri setleri oluşturulmalıdır. Ağ yapısı ve eğitim parametreleri belirlendikten sonra istenilen performansa ulaşılan kadar eğitim ve test işlemleri gerçekleştirilir. Böylelikle, nihai ağırlıkları kullanılarak oluşturulan YSA modeli ile, istenilen noktalarda derinlik tahminleri elde edilebilir. Derinlik tahminlerini görüntü üzerindeki tüm pikseller için yapmak teorik olarak mümkün olsa dahi, tüm piksellerden oluşacak veri setinin çok büyük olacağı (örneğin Quickbird görüntüleri 4×38 milyon yansıma değerine sahiptir) ve eğitim setinin bu kadar çok ve farklı karakteristikli noktada yeterli doğrulukta tahmin yapamayacak kadar küçük olacağı için, batimetri oluşturulması istenen bölgeleri yansıma özellikleri ve su derinlikleri bakımından temsil edebileceği kabul edilen noktalarda tahminler yapmak veya tahmin öncesi yansıma değerlerini gruplamak akılcı bir yaklaşım olabilir. Sonuç olarak elde edilen noktasal tahminler sayısal yükselti haritalarının oluşturulmasında kullanılabilir.



Şekil 3 Uzaktan algılanmış görüntüler kullanılarak YSA aracılığıyla derinlik tahmini

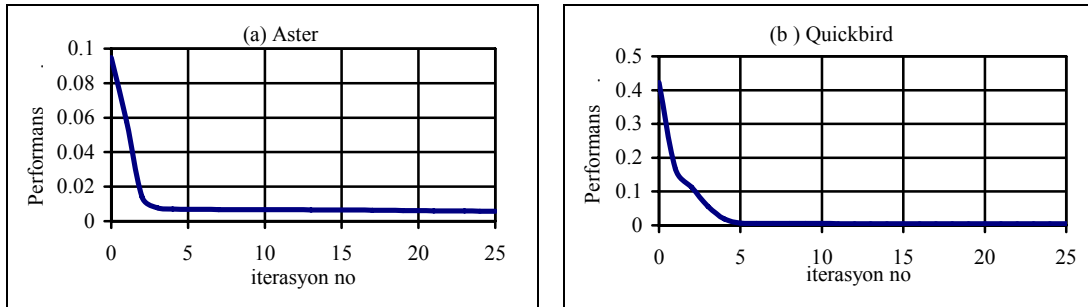
Uygulama

Derinliği bilinen 300 referans noktasında, Aster ilk üç bant ve Quickbird ilk dört bant uydu görüntülerinin yansıma değerleri visual basic ortamında yazılan bir program aracılığıyla elde edilmiş, standardizasyon sonucu 150 şer noktalık eğitim ve test verileri oluşturulmuştur. 300 referans noktası kullanılarak elde edilen Tek bant (TB) ve Asal Bileşen (AB) ler algoritması modellerinin determinasyon katsayıları Çizelge (1) de verilmektedir.

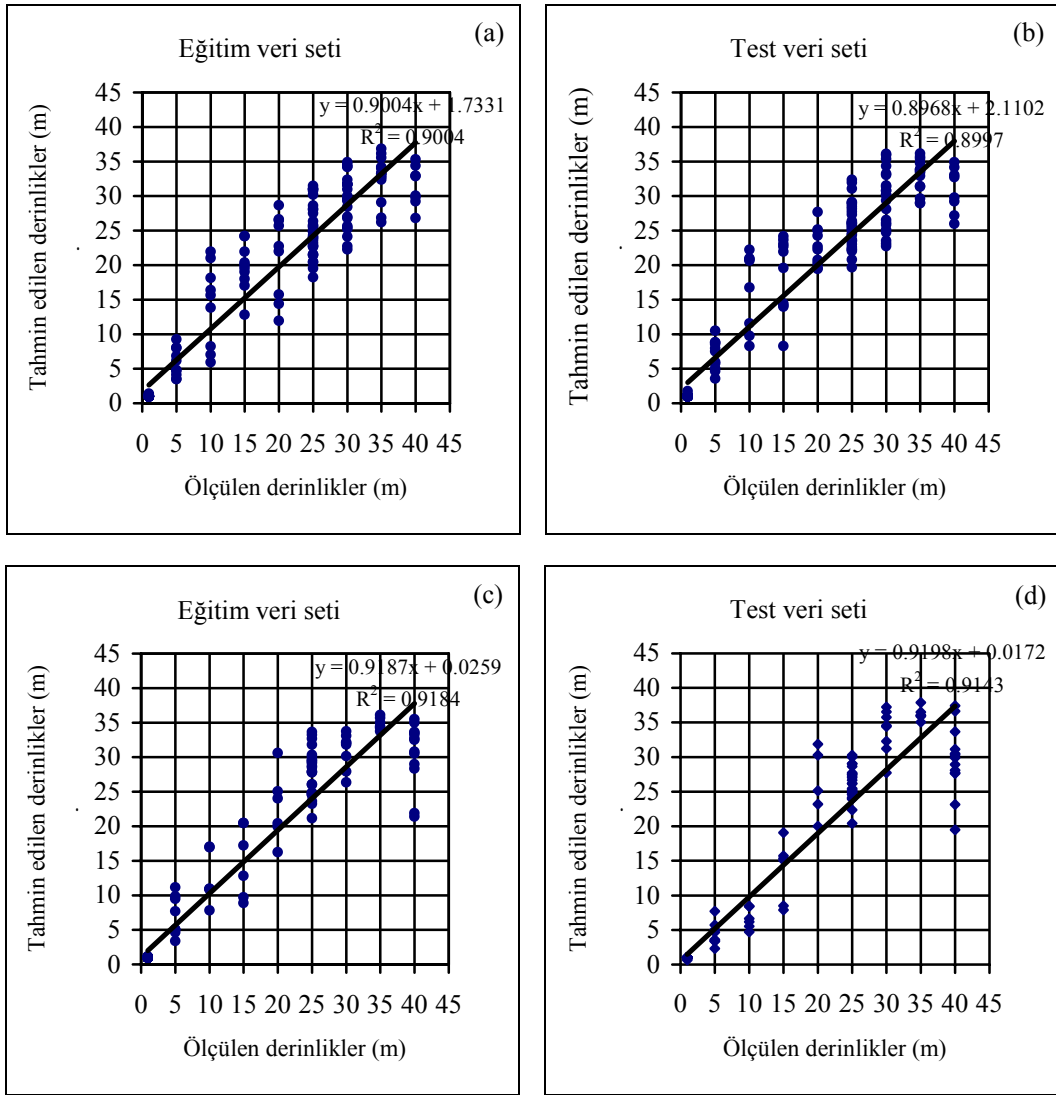
Çizelge 1 TBA, ABA derinlik modelleri determinasyon katsayıları

Aster				Quickbird			
Tek bant algoritması		Asal bileşenler algoritması		Tek bant algoritması		Asal bileşenler algoritması	
Bant	R ²	A.B. No	R ²	Bant No	R ²	A.B. No.	R ²
1	74.70	1	74.45	1	29.00	1	65.59
2	67.00	2	0.02	2	57.58	2	0.00
3	76.24	3	0.02	3	65.75	3	0.02
				4	51.45	4	0.01

Aster ve Quickbird girdi vektörleri için, ağ performanslarının iterasyon sayılarıyla değişimi Şekil (4) deki gibi elde edilmiştir. Performans eğrilerinin yataylaşmaya başladığı noktalardaki iterasyon sayıları nihai ağ ağırlıklarının dolayısıyla YSA modellerinin kurulmasında kullanılmıştır. Şekil (5) de referans noktalarındaki derinlik tahminleri ile ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır.

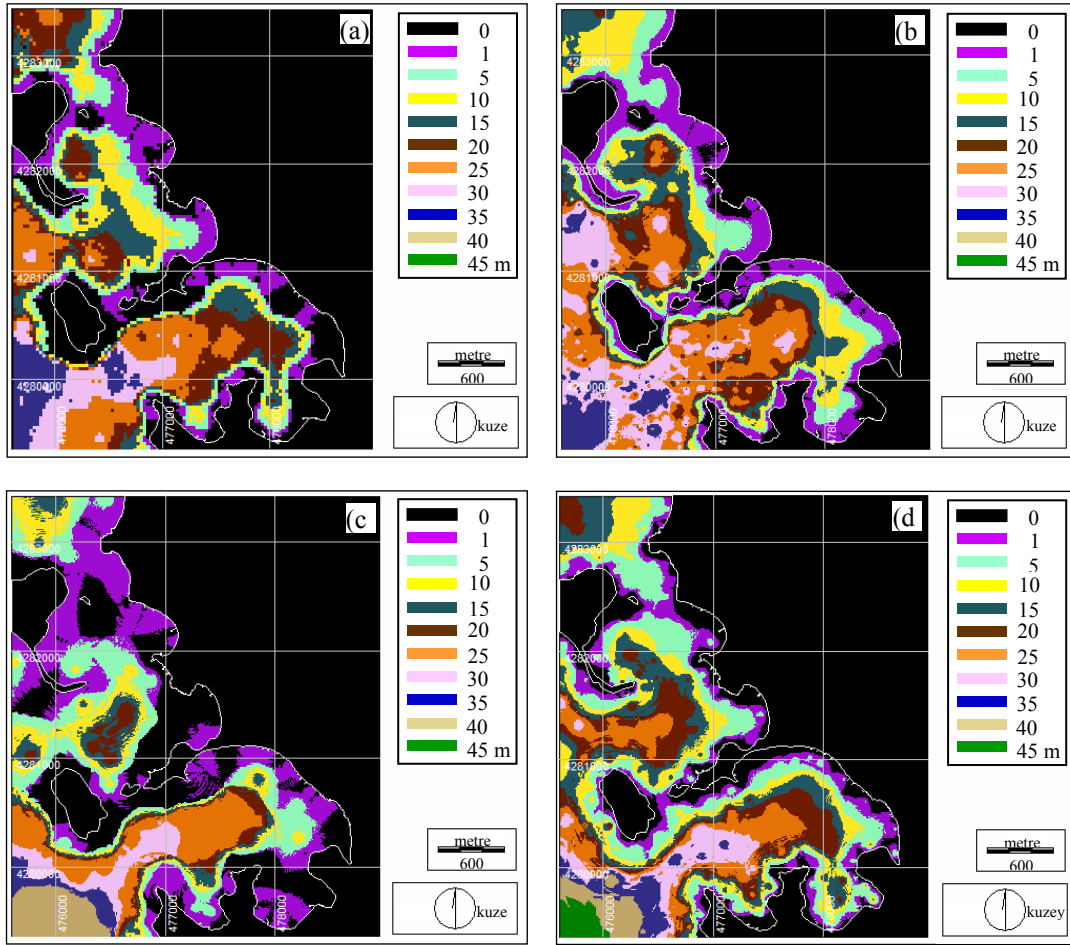


Şekil 4 (a) Aster, (b) Quickbird girdi vektörleri için elde edilen Performans eğrileri



Şekil 5 (a),(b) Aster;(c),(d)Quickbird girdi vektörleri kullanılarak kurulan YSA modelleri için referans noktalarındaki derinlik tahminleri ile ölçülen derinliklerin karşılaştırılması

Modellerin uygunluğuna karar verildikten sonra, Aster girdi vektörleri için kurulan YSA modeli kullanılarak, belirlenen 300 noktada derinlik tahminleri yapılmış, türetilen sayısal yükselti haritası Şekil 6 (a) da verilmiştir. Quickbird görüntülerinin çözünürlüklerinin daha düşük olması nedeniyle ilgili YSA modeli için 575 noktada derinlik tahmini yapılarak daha hassas bir batimetrik harita türetilmesi planlanmıştır (Şekil 6b). Harita etkinliklerinin sınanabilmesi için, eğitim veri setinde kullanılan 150 ve hem eğitim hem de test setinde kullanılan 300 referans noktası kullanılarak ölçüm değerlerine dayanan yükselti haritaları türetilmiştir (sırasıyla Şekil 6c-6d).



Şekil 6 Sayısal Yükselti Haritalarının karşılaştırılması.

Bant sayısının YSA model performansına etkilerini belirleyebilmek için, farklı bant kombinasyonlarını girdi vektörü olarak kabul eden YSA modelleri oluşturulmuştur

Çizelge 2 Bant sayısının YSA model performansına etkileri.

Quickbird			Aster		
Bant	Performans	R ²	Bant	Performans	R ²
4,3,2,1	0.005	91.53	3,2,1	0.006	0.90
3,2,1	0.007	89.90	2,1	0.008	0.85
2,1	0.011	83.00	1	0.010	0.82
1	0.021	67.00			

Bu modellerin performansları ve referans noktalarında tahmin edilen derinlik değerleri ile ölçüm değerleri arasındaki doğrusal ilişkilerin determinasyon katsayıları Çizelge (2) de verilmiştir.

Sonuçlar

Derinlik tahminlerinde YSA ların kullanılması özellikle, su sütunundan yansıma değerlerinin taban örtüsü, su kirliliği, akıntı gibi faktörlerden etkilenmesi durumlarında faydalı bir araç olarak bulunmuştur. Çalışma alanı, homojen olmayan taban örtüsüne sahip olduğundan Tek bant ve Asal Bileşenler Algoritmaları yeterli doğrulukta sonuçlar türetememektedir. Ancak YSA modelleri, % 90 ın üzerinde bir varyans açıklama oranına sahip doğrulukta tahminler türetebilmektedir. Eğitim sürecinde Aster görüntülerinin kullanılması, model ve harita türetim süreçlerini kolaylaştırmakla, birlikte bu modeller Quickbird görüntüleri ile kurulan modeller kadar duyarlı olamamaktadır. YSA ların kullanımıyla her iki uydunun görüntüleri için ilk iki bantla bile 80 % nin üzerinde bir varyans açıklama oranı ile derinlik tahminleri yapılabilmektedir. Üçüncü bantların hatta Quickbird yakın kızılötesi görüntüsünün (11 bit) kullanılması, daha hassas tahminler yapmaya olanak sağlamaktadır.

Yöntem farklı spektral bantlar ile su derinliği arasında doğrusal olmayan ilişkileri dikkate almaya olanak sağlamaktadır. YSA modellerinin doğrulukları eğitim ve test setlerinin doğruluğu ve boyutuyla doğrudan ilişkilidir. YSA modelleri kullanılarak türetilen batimetrik haritalar incelendiğinde, farklı ölçüm uzunlukları için türetilen haritalara göre daha hassas tahminler verdiği hatta noktasal kimi ölçüm yanlışlarını da giderdiği gözlenmektedir.

Sonuç olarak, YSA lar su sütununun optik karakteristiklerini kullanarak etkili bir şekilde batimetrik haritalama yapmaya imkan vermektedir. Bununla birlikte, ağ eğitiminde farklı tarihli görüntülerin kullanılabilmesi batimetrik haritalamadaki zamansal bağımlılığı azaltabilmektedir. Böylelikle, özellikle aşırı hassasiyet gerektirmeyen ve belirli aralıklarla tekrarlanması gerekli derinlik ölçümlerinde, maliyet artışı, işgücü ve zaman kaybı anlamlı ölçüde önlenebilecektir.

Kaynaklar

- Atkinson, P. M., & Tatnall, A. R. L., (1997). Neural Networks in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 18 (4), 699-709.
- Fonstad, M. A., & Marcus W. A., (2005). Remote sensing of stream depths with hydraulically assisted bathymetry (HAB) models. *Geomorphology*, 72 (2005) 320-339.
- Grilli, S. T., (1998). Depth inversion in shallow water based on nonlinear properties of shoaling periodic waves. *Coastal Engineering*, 35 (1998) 185-209.
- Hagan, M. T., & Menhaj M., (1994). Training feed forward networks with the Marquardt algorithm, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 5, no. 6, pp. 989-993.
- Hengel, W. V., & Spitzer, D., (1991). Multi-temporal water depth mapping by means of Landsat TM, *International Journal of Remote Sensing* 12 (4), 703-712
- Leu L., Chang H., (2005). Remotely sensing in detecting the water depths and bed load of shallow waters and their changes. *Ocean Engineering*, 32(2005) 1174-1198.
- Lek, S., Delacoste, M., Baran, P., Dimopolos, I., Lauga, J., & Aulanier, S., (1996). Application of Neural Networks to modeling nonlinear relationships in ecology. *Ecological Modelling*, 90, 39-52.
- Lyzenga, D.R. (1985). Shallow-water bathymetry using combined lidar and passive multi spectral scanner data. *International Journal of Remote Sensing*, 6(1), 115-125.
- Lyon. J. G., Lunetta, R. S., & Williams, D. C., (1992). Airborne MSS data for evaluating bottom sediment types and water depths of St. M.R.M. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58 (7), 951-956.
- Martin K. S., (1993). *Applications in coastal zone, research and management*. Switzerland: United Nations Institute for training and Research, Vol 3.
- Mas, J. F., (2004). Mapping land use/cover in a tropical costal area using satellite sensor data, GIS and Artificial Neural Networks, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 59(2004) 219-230.