

## **Meşe Kayın Karışık Meşceresinde Yapay Sinir Ağları Kullanılarak İntersepsiyonun Tahmin Edilmesi**

**İbrahim Yurtseven<sup>1\*</sup>, Yusuf Serengil<sup>1</sup>, Süleyman Özhan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>İ.Ü. Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Anabilim Dalı 34473 Bahçeköy-İstanbul

\*Tel: +90 212 226 11 00 / 25337, E-Posta: ibrahimy@istanbul.edu.tr

### **Kısa Özet**

Bu çalışmada meşe-kayın karışık meşceresinde, yapraklı dönem intersepsiyonu kullanılarak yapay sinir ağı modeli ile yapraksız dönem intersepsiyonunun tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Yapraklı ve yapraksız olmak üzere iki dönemde belirlenmeye çalışılan intersepsiyon miktarı için açık alana düşen yağış ile meşe-kayın karışık meşcere altına düşen yağış miktarları kullanılmıştır. Yapay sinir ağı modeline entegre edilecek veriler test ve tahmin olmak üzere iki ayrı gruba ayrılmıştır. Test grubu girdi verileri olarak yapraklı dönem yağış değerleri (açık alan-ormanaltı yağış), çıktı verileri için ise yapraklı dönem intersepsiyon değerleri kullanılmıştır. Tahmin grubu girdi verileri olarak yapraksız dönem yağış değerleri (açık alan-orman altı yağış) alınmıştır. Yapraksız dönem (bilinen) intersepsiyon değerleri ile yapay sinir ağı modeli sonucu tahmin edilen intersepsiyon değerleri kendi aralarında regresyon ve ortalama karesel hatadan oluşan bir performans değerlendirmesine tabi tutulmuştur.

Yapılan regresyon analizine göre bilinen intersepsiyon miktarı (mm) ile tahmin edilen intersepsiyon miktarı (mm) arasında önemli bir ilişki saptanmış ( $R^2= 0,90$ ) ve bu iki değer arasında hesaplanan ortalama karesel hatanın düşük çıktığı ( $OKH = 3,47$ ) görülmüştür. Ancak, bu iki periyot değerleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark bulunmamaktadır ( $P =0,004$ ). Araştırma sonucunda ortaya konulan yapay sinir ağı tahmin modeli yardımıyla benzer özelliklere sahip bir meşceredeki yapraklı veya yapraksız dönem intersepsiyon miktarları tahmin edilebilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay sinir ağları, intersepsiyon, meşe-kayın meşceresi, yapraklı dönem, yapraksız dönem

## **Estimation of Interception with Artificial Neural Networks in Oak-Beech Mixed Stand**

### **Summary**

The objective of this paper was to estimate the dormant season interception of an oak-beech mixed forest with the growing season interception data by using an artificial neural network model. Precipitation and throughfall data were used to find out the amount of interception amounts in growing and dormant seasons. There is statistical difference ( $P=0,004$ ) between two seasons in terms of interception.

The data was divided into two groups of testing and estimating and was then integrated to the artificial neural network model. Growing season precipitation data (total precipitation-throughfall) were used as inputs while interception data were used as outputs.. Dormant season precipitation (total precipitation-throughfall) were used as estimating group inputs data. A performance evaluation composed of regression and mean squared error, was performed between interception values of dormant season and estimating interception values with artificial neural network. Significant linear correlation was found between estimated and measured interception values with a high determination coefficient ( $R^2= 0.90$  for dormant season respectively) and low mean square error (MSE = 3.47) . Models presented in this study are applicable to stands of similar features. In other words, if throughfall and total precipitation values are known, these models provide the researchers with the opportunity to estimate interception amounts of different seasons in ecosystems of stand which have similar characteristics.

**Keywords:** Artificial neural networks, interception, growing season, dormant season

## 1. Giriş

Temiz tatlı su üretimi ülkemizde son yıllarda ön plana çıkan konular arasında yer almaktadır. Su üretimindeki devamlılığın sağlanması doğal kaynaklardan koruma-kullanma dengesini bozmadan yararlanılması ile mümkün olabilmektedir (FAO, 2005). Doğal kaynaklardaki bozulmanın başlıca nedeni insan etkisidir. Ormanlar, bu bozulmadan en çok etkilenen doğal kaynakların başında gelmektedir. Odun üretimi, yaban hayatı, rekreasyon, yem ürünü gibi amaçlara hizmet eden kullanım şekillerinden birine yada birkaçına tahsis edilen ormanlar ayrıca temiz tatlı su üretiminin yapıldığı alanlardır. Ormanlar toprağın korumasında etkili bir araç olurken aynı zamanda suyun depolanması, akış rejiminin ve su kalitesinin düzenlenmesi ile sel ve taşkınların önlenmesi gibi olumlu hidrolojik ve hidrokimyasal etkiler yaptığı da bilinmektedir (Özhan, 2004).

Su döngüsü içerisinde atmosferden yeryüzüne ulaşan yağmur damlasının geçtiği aşamaların yani yağışın dispoziyonun bilinmesi, su üretimi amacına hizmet eden havzalara yapılacak silvikültürel müdahale tekniklerinin yapısını belirlemektedir (Özyuvacı ve diğ., 2004). Bu tip havzalarda kilit parametre yağmur damlasının toprağa ulaşmasını engelleyen dolayısıyla üretilen suyun miktarını belirleyen intersepsiyon olgusudur. İntersepsiyon, yağış sularının (yağmur, kar, çığ vb.) bitkilerin yaprak, sürgün ve gövdelerinde yada ölü örtü üzerinde tutulması ve bu kısımlardan buharlaşma ile atmosfere hızla geri dönmesidir (Zhang ve diğ., 1995). Genel olarak intersepsiyon miktarının bulunabilmesi açık alana düşen yağışın bilinmesinin dışında ormanaltı yağış ve gövdeden akış değerlerinin bilinmesini gerektirmektedir (Lewis, 2003). Orman

ekosistemlerinde intersepsiyon miktarı, ağaç türüne, meşcere tipine, yaşına, meşcere kapalılık derecesine ve mevsimlere bağlı olarak değişmektedir (Çepel, 1986).

Ormanaltı yağış, açık alana düşen yağış ve intersepsiyon arasında var olan ilişkilerin doğrusal nitelikte olmayışı nedeniyle normal dağılıma dönüştürülmüş verilerin regresyon ilişkilerinin kullanımından ziyade, lineer olmayan ilişkileri tam anlamıyla simule edebilecek bir modele gereksinim duyulmaktadır. İşte bu çalışma ile bir yerde açık alana düşen yağış ve orman altı yağış miktarı bilindiği takdirde benzer niteliklere sahip meşcerelerdeki yapraklı ve yapraksız dönem intersepsiyon miktarları yapay sinir ağı modeli ile ayrı ayrı tahmin edilebilecektir. Literatürde özellikle yağış akış ilişkilerinin modellenmesinde kullanılan yapay sinir ağı modelleri (Dawson ve Wilby, 1998; Tokar ve Markus, 2000; Modarres, 2008), intersepsiyon tahminlerinde de kullanılmıştır. Örneğin, Lü ve ark. (2007) *Populus euphratica* türüne ait intersepsiyon değerlerini geriye beslemeli yapay sinir ağı modeli ile tahmin etmiştir.

Havza modelleme için kullanılan kara kutu modellerinde havza sistem davranışı, havza mekanizması ve özelliklerini dikkate almaksızın matematiksel olarak bir davranış fonksiyonları takımı ile temsil edilmektedir (Alp ve Cıgızoğlu, 2004). Sistem davranışının simule edildiği kara kutu modellerindeki davranış fonksiyonları sistemin girdi ve çıktı dataları arasındaki optimum ilişkinin ağırlık değerleri ile saptanmasını sağlayan yapılarıdır. Yani yapay sinir ağı mimarisinde gerekli olan ağırlık değerlerinin belirlenmesi matematiksel algoritmalarla bir tanesi kullanılarak üretilen çıktıların doğruluk düzeyinin maksimize edilmesi

içindir (Yurtoğlu, 2005).

Çevre bilimlerindeki lineer olmayan ilişkilerin modellenmesindeki üstünlüğü nedeniyle yapay sinir ağları, model parametrelerindeki herhangi bir değişimin sistem üzerindeki etkisinin ayrı ayrı hesaplandığı yayılı modellemelerin yerini almaya başlamıştır (ASCE, 2000a; 2000b). Kalibrasyon sürecinde girdi parametrelerinin çok fazla sayıda olduğu yayılı modeller kadar parametreye ihtiyaç duymaması da metodun avantajlarından birini oluşturmaktadır. Ayrıca yapay sinir ağı modeline entegre edilen verilerin mutlaka normal dağılıma uyması ve saçılma diyagramında belirli bir trendi izlemesi gibi bir şartı yada kabulü bulunmamaktadır (Şen, 2004).

İlk kez bu araştırma ile yağış-vejetasyon arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler yapay sinir ağı algoritmaları ile belirlenecektir. Yine bu araştırma ile meşe-kayın karışık meşceresindeki bilinen intersepsiyon değeri ile yapay sinir ağı algoritması kullanılarak tahmin edilen intersepsiyon değeri karşılaştırılacaktır. Böylelikle intersepsiyon tahmini için yapay sinir ağı kullanılarak geliştirilen modelin performansı da belirlenmiş olacaktır.

5 ayrı standart yağış ölçer ile yapılmış, toplam yağış ölçümü ise deneme alanına yakın bir yerde traşlama kesimi ile oluşturulan açık alanda gerçekleştirilmiştir. Ormanaltı yağış miktarını ölçmek amacıyla Belgrad Ormanı Kurtkemerli İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan Ortadere Yağış Havzasında, orta yamaçta, havzayı kapsayan ve büyük çoğunluğu Meşe (*Quercus dschorochensis* K.Koch.) ve kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) ağaçlarının karışımından oluşan normal kapalılığa sahip ağaçlık çağındaki karışık bir meşcere ile açık alana düşen yağışı ölçmek için bu meşcerenin 50 metre uzağında oluşturulan ve çapı 50 m olan bir orman içi boşluğu deneme alanı olarak seçilmiştir (Özhan ve ark. 2011)

Araştırma alanının yer aldığı yörede yıllık ortalama sıcaklık 12,3 °C ve yıllık ortalama yağış 1129,4 mm olup en sıcak ay Ağustos (21.7 °C) ve en soğuk ay ise Ocak (4.2 °C) ayıdır. Yöre nemli, düşük sıcaklıkta, su açığı olmayan, okyanusal iklim etkisine yakın koşulları içeren bir iklim tipine sahiptir (Özhan ve ark. 2008).

Bu çalışmada yapay sinir ağı modelinin çalıştırılabilmesi amacıyla kullanılan veriler Özhan ve ark. (2011) çalışmasından alınmıştır.

## 2.2. Yöntem

Yapay Sinir Ağları (YSA) ile bir intersepsiyonun tahmin modeli için öncelikle veriler test grubu ve tahmin grubu olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Bu ana gruplarda kendi içlerinde yapraklı ve yapraksız dönem girdi ve çıktı veri grupları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aşağıdaki tablo kullanılacak veri grubunu göstermektedir (Tablo 1).

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

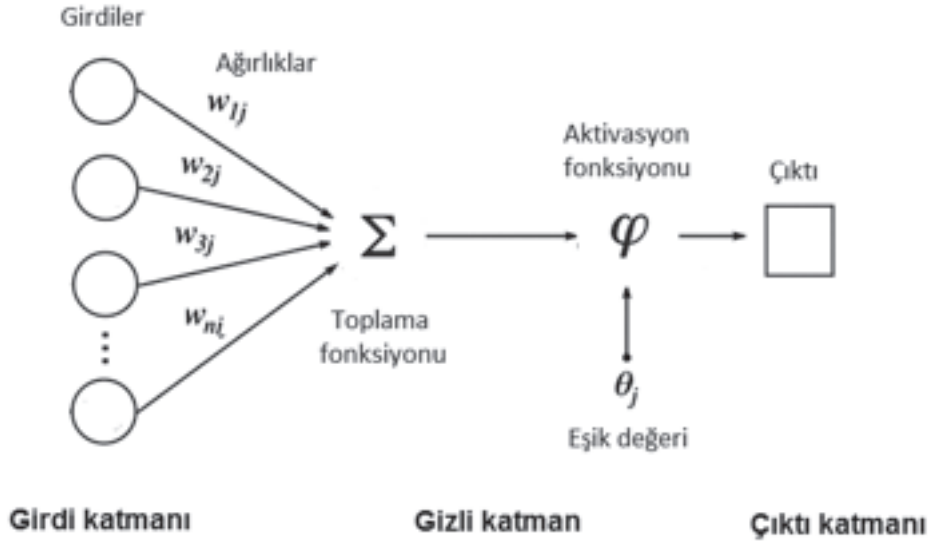
Ormanaltı yağış ölçümü, Belgrad Ormanı Ortadere Yağış Havzasındaki karışık meşcereleri temsil etmek üzere tesis edilen bir deneme alanında

Tablo 1. Yapay sinir ağı modelinde kullanılacak veri grupları  
Table 1. Data groups for artificial neural network model

VERİLER	Test grubu	Yapraklı dönem girdi verileri	Açık alana düşen yağış
		Yapraklı dönem çıktı verisi	İntersepsiyon
	Tahmin grubu	Yapraksız dönem girdi verileri	Açık alana düşen yağış
		Yapraksız dönem çıktı verisi	İntersepsiyon (YSA ile)
			Orman altı yağış

Yapay Sinir Ağı için kullanılacak veri grupları bir yapay sinir ağı yazılım programına entegre edilmiştir. Yapay sinir ağları insan vücudundaki biyolojik sinir sisteminin işleyiş mekanizmasından esinlenerek geliştirilen bir kara kutu modelidir (Şekil 1). Girdi verilerinin ağırlıklarını çıktıyı etkileme

güçleri nispetinde değiştiren, önce transfer sonra da aktivasyon fonksiyonu sayesinde çıktıya ulaştıran bir yaklaşım olup havza modellemelerinde son yıllarda sıkça başvurulan bir yöntemdir (Maier ve Dandy, 2000).



Şekil 1. Basit bir yapay sinir ağı mimarisi (Şen, 2004)

Figure 1. A simple artificial neural network architecture (Şen, 2004)

Temel bir sinir ağı girdi, gizli ve çıktı olmak üzere üç ana katmandan oluşmaktadır. Şekilden de görüldüğü gibi her bir girdi kendisine karşılık gelen  $w_j$  ağırlık katsayısıyla çarpılarak gizli katmana iletilir ve burada bir  $f$  fonksiyonu elde edilir (Özkan ve diğ., 2008).

$$Y_i = f(\sum w_{ji}x_i)$$

Gizli katmana gelen toplamlar  $f$  (Threshold, Hyperbolic tangent, Zero-based log-sigmoid, Log-sigmoid, Bipolar sigmoid vb.) fonksiyonundan geçerek çıktı üretilir. Diğer bir deyişle yapay sinir ağları test verilerini kullanarak ağırlıkları belirlemek yoluyla girdi değişkenleri ile tahmin edilen değişkenler arasındaki ilişkiden ağı eğiterek bir çıktı üretilir. Üretilen çıktı, amaçlanan çıktı ile karşılaştırılarak hata payı elde edilir. Geri yayılım (backpropagation) olarak adlandırılan bir algoritma hata payını azaltacak şekilde ağırlıkları ayarlamak için kullanılır. Bu işlem defalarca tekrar edilerek ağı eğitilir (Sattari ve diğ., 2007).

Bu araştırmada ölçümü yapılan değerler

modelin kalibrasyonu ve tahmini için kullanılmıştır. Tahmin amacıyla farklı aktivasyon fonksiyonu, gizli katman sayısı, öğrenme oranı, giriş verilerinin ağırlık değerleri gibi farklı parametrelerin şekillendirdiği farklı yapay sinir ağı mimarisi ile intersepsiyon tahmini gerçekleştirilmiştir. Modelin performansının belirlenebilmesi için program çıktısı yani tahmin edilen intersepsiyon değerleri ile bilinen intersepsiyon değerleri arasında regresyon analizi ve ortalama karesel hatadan oluşan istatistiksel eşitlikler kullanılmıştır. OKH, hataların karelerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Hata değeri ölçülen miktar ile tahmin edilen miktar arasındaki farktır ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerlerin farkının karesinin örnek sayısına oranıdır.

$$OKH = \frac{\sum (X_0 - X_p)^2}{N}$$

Regresyon katsayısının 1'e ve Ortalama Karesel Hata (OKH) değerinin sıfıra yakın bir değer alması modelin başarılı olduğunu göstermektedir.

### 3. Sonuç

Orman tepe çatısının yapraklı olduğu dönemde 34 ve yapraksız olduğu dönemde de 46 olmak üzere toplam 80 yağış ölçümü yapılmış ve ormanaltı yağış, açık alana düşen yağışın yüzdesi olarak yapraklı dönemde % 75,4 ve yapraksız dönemde ise bu değer

% 82,7 bulunmuştur (Özhan ve ark. 2011). Tablo 2 de Yapay Sinir Ağı modelinde test ve tahmin veri gruplarının özet istatistik parametreleri; ortalama değer ( $X_{ort}$ ), maksimum değer ( $X_{max}$ ), minimum değer ( $X_{min}$ ), çarpıklık ( $C_{sx}$ ) ve standart sapma ( $S_x$ ) değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Veri gruplarına ait özet istatistik parametreleri  
Table 2. Summary statistical parameters of data groups

			$X_{ort}$	$X_{max}$	$X_{min}$	$C_{sx}$	$S_x$
Test grubu	Yapraklı dönem girdi verileri	Yağış	14,65	77,90	0,10	2,18	20,01
		Ormanaltı Yağış	10,87	68,90	0	2,35	17,04
	Yapraklı dönem çıktı verisi	İntersepsiyon	3,78	21,16	0	2,35	4,09
Tahmin grubu	Yapraksız dönem girdi verileri	Yağış	19,37	110,20	1,40	1,95	25,87
		Ormanaltı Yağış	15,84	97,04	0,36	2,06	23,04
	Yapraksız dönem çıktı verisi	İntersepsiyon (YSA ile)	3,52	18,02	0,02	2,05	3,63

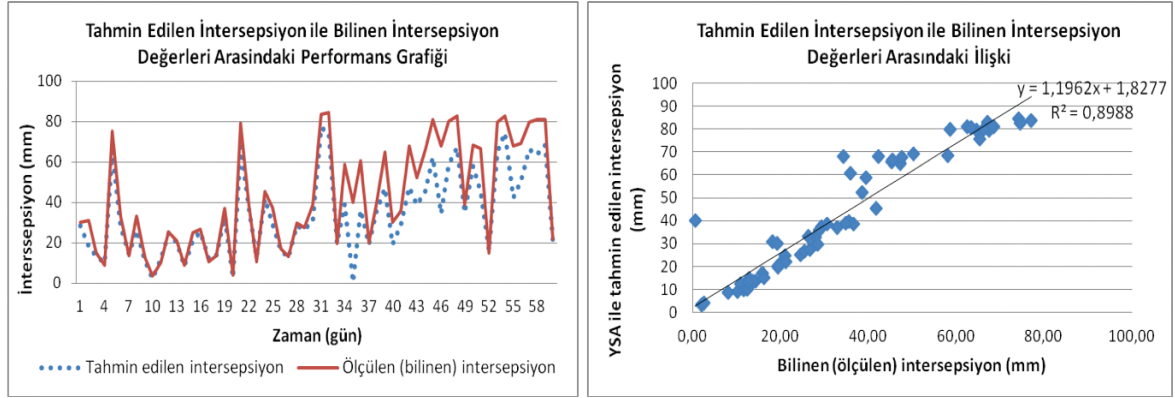
Aktivasyon fonksiyonu, iterasyon sayısı, gizli katman sayısı, öğrenme oranı, giriş verilerinin ağırlık değerleri gibi Yapay Sinir Ağı mimarisindeki araçlardan hangilerinin en iyi sonuç verdiği ise denemeler yapılarak elde edilmiştir. Aşağıda en başarılı model performansını verecek yapay sinir ağı mimarisi verilmiştir (Tablo 3). Sıfır tabanlı logaritmik

sigmoid aktivasyon fonksiyonunun seçilmesi ile en yüksek performans değerlerine sahip YSA modeli elde edilmiştir. Model performansında aktivasyon fonksiyonu kadar katmanlardaki hücre sayılarının atanması da önemlidir. Modelde girdi tabakasındaki hücre sayısı 2, gizli tabakada 5 ve çıktı tabakasındaki ise 1 olarak seçilmiştir.

Tablo 3. Yapay sinir ağı modeli ile ilgili genel bilgiler  
Table 3. General information concerning artificial neural network

	<b>Yapay Sinir Ağı Modeli Özellikleri</b>
<b>Aktivasyon fonksiyonu</b>	Zero-based Log-sigmoid function
<b>İterasyon sayısı (Epoch)</b>	10000
<b>Giriş verilerinin ağırlık değerleri</b>	0,3
<b>Öğrenme oranı</b>	0,3
<b>YSA mimarisi (girdi-gizli- çıktı)</b>	2 – 5 – 1

Değerlendirmede alanındaki bilinen intersepsiyon değeri ile yapay sinir ağı modeli vasıtasıyla tahmin edilen intersepsiyon değeri arasındaki regresyon ilişkisinin yüksek ( $R^2=0,90$ ) çıktığı görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. İntersepsiyon tahmin modelinin performans değerlendirmesi (a) karşılaştırma grafiği (b) saçılma diyagramı

Figure 2. Performance evaluation of interception estimating model (a) comparison chart (b) scatter plot

Model sonuçları ile ölçülen değerler arasında bir kıyaslama yapabilmek amacıyla regresyon analizinden başka Ortalama Karesel Hata (OKH) eşitliği de kullanılmıştır ve bu değer 3.47 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla Ortalama Karesel Hatanın düşük olması modelin başarılı olduğunu göstermiştir.

Dolayısıyla Belgrad ormanındaki Meşe-Kayın karışık meşçeresi üzerinde alınan deneme alanına ait yapay sinir ağı algoritmaları vasıtasıyla yapraksız dönemi tahmin edebilecek intersepsiyon modeli aşağıda verilmektedir:

$$\text{Yapraksız dönem intersepsiyonu (mm)} = 1,1962 \times \text{Yapraklı dönem intersepsiyonu (mm)} + 1,8277$$

Elde edilen model ile yapraklı dönem intersepsiyon değerleri bilindiği takdirde yapraksız dönem intersepsiyon değerleri bulunabilecektir. Yada yine bu model ile yapraksız dönem intersepsiyon değerleri bilindiği takdirde yapraklı dönem intersepsiyon değerleri bulunabilecektir.

#### 4. Tartışma

İntersepsiyonun bir takım modeller ile tahmin edilmesi havza planlayıcısına önemli zaman ve emek tasarrufu kazandırılacaktır. Yapraklı orman ağaçlarından oluşan meşçereadaki intersepsiyonun ağaçların yapraklarını dökme durumlarına bağlı olarak bilinmesi yani yılın hangi zamanlarında intersepsiyonun ne kadar olacağı, su üretimi ve erozyon konularında çalışan havza planlayıcısı için önem taşımaktadır. Bu durum özellikle yapraklı meşçerelerden oluşan baraj havzaları için çok önemlidir. Baraj havzalarında suyun toprağa ulaşmasına engel teşkil eden intersepsiyon olgusunun yapraklı dönemde ve yapraksız dönemde ne kadar olacağının bilinmesi meşçere ve onu oluşturan ağaç türlerinin, hangi zamanlarda barajın su üretimi üzerinde ne derece etkili olduğu bilinebilmektedir. Planlayıcı su üretimi amacıyla yapılacak bir havzada yapacağı bir ağaçlandırmada bu ilkeyi gözeterek hareket etmesi çok önemlidir. Geliştirilen bu Yapay Sinir Ağı modeli ile benzer özellikler gösteren meşçereler (meşe-kayın karışık) için kullanılabilme olanağı bulabilecektir. Model ile yapraklı ve yapraksız dönem intersepsiyon değerlerinden birisinin bulunması doğrultusunda diğeri kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Bu çalışma ile ilk kez bir Yapay Sinir Ağı modelinin intersepsiyonun



tahmini amaçlı kullanımı gerçekleştirilmiştir. Yapay Sinir Ağları ile çok başarılı modeller elde edilmesinin yanı sıra bu modeller ile zaman ve emek tasarrufu sağlaması gelecekte özellikle ormancılıkla ilgili modellemelerde önemli faydalar sağlayacaktır.

## Kaynaklar

- Alp, M. and K. Cıgızoğlu, 2004.** Farklı yapay sinir ağı metodları ile yağış-akış ilişkisinin modellenmesi. *İTÜ dergisi/d mühendislik*. 3(1), 80-88.
- ASCE (2000a).** Artificial Neural Networks In Hydrology. I: Preliminary Concepts. *Journal Of Hydrologic Engineering*. 5(2), 115-123.
- ASCE (2000b).** Artificial Neural Networks In Hydrology. II: Hydrologic Applications. *Journal Of Hydrologic Engineering*. 5(2), 124-137.
- Çepel, N., 1986.** Barajların Yukarı Yağış Havzaları İçin Arazi Kullanım Planlamasının Ekolojik Esasları, İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*. Seri B, Cilt 36, Sayı 2, Sayfa 17-27.
- Dawson, C.W. and R. Wilby, 1998.** An artificial neural network approach to rainfall runoff modelling. *Hydrological Sciences*. 43(1), 47-66.
- FAO, 2005.** Forests and Water. A Thematic Study Prepared in the Framework of the Global Forest Resources Assessment. Food And Agriculture Organization of the United Nations. FAO Forestry Paper No: 155.
- Lewis, J., 2003.** Stemflow Estimation in a Redwood Forest Using Model-Based Stratified Random Sampling. *Environmetrics*. 14: 559-571.
- Lü, H., Y. Zhu and X. Yang, 2007.** Application of BP neural network to predict rainfall interception loss in an arid region in China. *IAHS Publ*. 311, 541-545.
- Maier, H.R. and G.C. Dandy, 2000.** Neural Networks for The Prediction and Forecasting of Water Resources Variables: a Review of Modelling Issues and Applications, *Environmental Modelling & Software*. 15 (2000) 101-124.
- Modarres, R., 2008.** Multi-criteria validation of artificial neural network rainfall-runoff modeling. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 5, 3449-3477
- Özhan, S., 2004.** Havza Amenajmanı, İ.Ü. Rektörlük Yayın No: 4510, Orman Fakültesi Yayın No: 481. İstanbul. 385 pp.
- Özhan S., A. Hızal, K. Şengönül, F. Gökbulak, Y. Serengil, and M. Özcan, 2008.** Belgrad Ormanı İçerisindeki Havza Sistemlerinin Hidrolojik ve Hidrokimyasal Modellenmesi Proje No: TOVAG-105 0 182
- Özhan, S., A. Hızal, and İ. Yurtseven, 2011.** Meşe-Kayın Karışık Ormanında Ormanaltı Yağış. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. 61 (1): 23-30.
- Özkan, O., C. Kınacı and Ş. Sağıroğlu, 2008.** Çözünmüş Oksijen Değişiminin Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi: Kızılırmak Nehri Örneği, *İTÜ Dergisi/d mühendislik*. Cilt: 5, Sayı: 3, Kısım: 1, 30-38, Haziran 2008.
- Özyuvacı, N., S. Özhan, F. Gökbulak, Y. Serengil and A. N Balcı, 2004.** Effect of Selective Cutting on Streamflow in an Oak-Beech Forest Ecosystem *Water Resources Management*. 18: 249-262.
- Sattari, M.T., A.F. Fard, M. Docherkhesaz and F. Öztürk, 2007.** Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Savalan Sulama Rezervuarının Simülasyonu, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi *Tarım Bilimleri Dergisi*. 2007 13(4) 337-345.
- Tokar, A.S. and M. Markus, 2000.** Precipitation-runoff modeling using artificial neural networks and conceptual models, *Journal of Hydrologic Engineering*. 5, 156-161.
- Şen, Z., 2004.** Yapay Sinir Ağları İlkeleri, Su vakfı yayınları ISBN:975-6455-13-6.
- Yurtoğlu, H., 2005.** Yapay Sinir Ağı Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği, Devlet Planlama Teşkilatı, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü Uzmanlık Tezi. Yayın No: DPT: 2683.
- Zhang, G., G. M. Zeng, Y. M. Jiang, G. H. Huang, J. B. Li, J. M. Yao, W. Tan, R. J. Xiang, and X. L. Zhang, 2005.** Modeling and Measurement of Two-Layer-Canopy Interception Losses in a Subtropical Mixed Forest of Central-South China *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 2, 1995-2024, 2005.

