

## Yapay Sinir ağları yöntemi ile Artvin ilinde ölçülen gama doz oranlarının ara değer modellemesi ve haritalanması

Cafer Mert YEŞİLKANAT<sup>1,\*</sup>, Yaşar KOBYA<sup>2</sup>, Halim TAŞKIN<sup>3</sup>, Uğur ÇEVİK<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 08000 Artvin, Türkiye

<sup>2</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, 08000 Artvin, Türkiye

<sup>3</sup>TAEK, Çekmece Nükleer Araş. ve Eği. Mer. , Altınşehir Yolu 5 Km, Halkalı, 34303 İstanbul, Türkiye

<sup>4</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 61000 Trabzon, Türkiye

Received: 27.10.2014; Accepted: 05.11.2014

**Özet.** Bu çalışmada geri beslemeli yapay sinir ağları yöntemi (GBYSA) ile Artvin ilindeki Outdoor gamma doz oranları için örnek alınmamış noktaların tahmini değerleri hesaplanmış ve bölgedeki dağılım belirlenerek haritalandırılmıştır. Outdoor gama doz oranını (the outdoor gamma dose rates) aralarında ortalama 2 km olan 92 numuneleme istasyonundan ölçülmüş ve tüm istasyonun 2/3'lik kısmı (61 istasyon) model oluşturmak, diğer 1/3' lik kısmı (31 istasyon) doğrulama testi için rastgele ayrılmıştır. Outdoor gama doz oranını için maksimum ve minimum değerleri sırasıyla, 0.352  $\mu\text{Sv/h}$  ve 0.038  $\mu\text{Sv/h}$  olarak belirlenmiştir. Yapay sinir ağlarına giriş parametresi olarak koordinatlar (Enlem, Boylam), Rakım, Toprak tipi, Jeolojik formasyon ve yıllık ortalama Güneşlenme şiddeti (The intensity of sunlight) gibi Gama doz oranını doğrudan etkilen 6 faktör kullanılmıştır. Model sonucunda oluşturulan geri beslemeli yapay sinir ağı ile tahmin edilen sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılmış ve iyi bir uyum gözlenmiştir. Çalışmanın sonunda GBYSA ile oluşturulan model için tüm çalışma alanı için değerlendirilmiş ve her 100 m de bir tahminler yapılarak elde edilen sonuçlardan Artvin için Outdoor gamma doze rate aradeğer tahmin haritası oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Dış gama doz oranı, Geri beslemeli yapay sinir ağları, Aradeğer modellemesi, Artvin, Haritalama

## Interpolated Modeling and Mapping of Gamma Dose Rates Measured in Artvin Province by Using the Neural Networks Method

**Abstract.** In this study, estimated values were calculated of the points which did not collect data for outdoor gamma dose rates in Artvin by using back-propagation artificial neural network method (BPANN) and distribution of the obtained rates mapped. The outdoor gamma dose rates were measured at 92 stations approximately 2 km far away each other. Among the all stations, a part of 2/3 was separated randomly for creating model and the other part of 1/3 for validation test. The maximum and minimum values for outdoor gamma dose rate were measured 0.352  $\mu\text{Sv/h}$  and 0.038  $\mu\text{Sv/h}$ , respectively. Input parameters were used for the artificial neural networks which is directly affect the gamma dose rates by six factors, such as coordinates (latitude, longitude), altitude, soil type, geological formations, and the annual average intensity of sunlight. The estimated results obtained the model were compared with actual values and a good agreement was observed. End of the study, the model was evaluated for all workspace and interpolated estimation maps of outdoor gamma doses rate for Artvin were created from the results by making estimations for every 100m.

**Keywords:** Outdoor gamma dose rate, Back-propagation artificial neural network, Interpolated modeling, Artvin, Mapping

\* Corresponding author. Email address: cmertyesilkanat@gmail.com

## 1. GİRİŞ

Yaşam alanlarının yapay ve doğal radyoaktiflik seviyelerinin belirlenmesi ve sonrasında izlenmesi halk sağlığı açısından oldukça önemlidir [1]. Doğal radyasyon seviyesine radondan sonra en büyük katkıyı, iyonlaştırıcı radyasyon türlerinden olan kozmik ve karasal kaynaklar yapmaktadır [2]. Kozmik gama radyasyonu dünya atmosferinin dışından kaynaklanır ve yıllık dozun %50'sine sebep olur [3]. Ayrıca kozmik gama radyasyonu seviyesi; güneş aktivitesi, rakım [4] ve atmosfer basıncına [3] bağlı olarak değişmektedir. Jeolojik yapı ve toprak tipine [5, 6] göre değişen karasal gama radyasyonunun kaynağı ise ilk zamandan beri var olan radyonüklidler (primordial radionuclides) uranium-238 ( $^{238}\text{U}$ ), thorium-232 ( $^{232}\text{Th}$ ) (ve onların ürünleri) ve potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ )'dır [7]. Çevresel radyoaktivite doğal kaynaklara ek olarak insan yapımı aktivitelerden de etkilenir. Özellikle nükleer test ve fisyon ürünleri gibi yapay kaynaklardan ortaya çıkan Caesium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) [8] yarılanma ömrü (30.2 yıl) ve gamma emisyonu (661 keV) ile önemli bir radyonüklid (radionuclide) [9]. Outdoor gamma dose rate yukarıda bahsi geçen doğal ve yapay kaynaklardan gelen ve ortamın radyoaktiflik düzeyini tayin eden önemli bir belirleyicidir. Ayrıca outdoor gama doz oranının kötü huylu tümörlerle pozitif bir ilişkisinin bulunmasından [10] dolayı insan nüfusunun yoğunlukta olduğu bölgeler için belirlenmesinin ve takibinin yapılması gerekir. In the last decade, several studies were carried out to assess the average outdoor terrestrial gamma dose rate in air at 1m from the ground. These studies determined that the effective gamma radiation levels were generally in the range of 10–500 nGy h<sup>-1</sup> with a mean of 75 nGy h<sup>-1</sup> [1, 4–6, 11, 12].

İnsan sağlığını doğrudan ve dolaylı olarak tehdit eden çevresel radyoaktivitenin belirlenmesi zor ve masraflı bir süreçtir. Özellikle numunelerin toplanması ölçüme hazır hale getirilmesi ve ölçüm işleminin gerçekleştirilmesi uzun zaman almaktadır. Bu problemleri çözmek için yerinde ölçüm alabilen (gama doz oranlarını belirlemek için) portable ölçüm cihazları geliştirilmiştir [13]. Ancak bu durumda da çalışılan bölgenin çok geniş bir arazi olması, coğrafi şartlarının elverişsiz bir yapı sergilemesi veya alınan ölçümlerin tüm çalışılan alanı temsil edememesi gibi nedenlerden çeşitli problemlerle karşılaşılabilir. Bu sebeplerden bölgenin radyolojik fon haritalarını oluştururken zamandan ve masraftan tasarruf ederken çalışılan alanın da en uygun şekilde en az veri ile temsil edilebilmesine dikkat edilmelidir [14]. Ayrıca ölçüm alınan noktaların yardımı ile ölçüm alınmayan ara değer bölgeleri için de tahmin değerlerinin hesaplanması ve çapraz doğrulama ile tahmin hatasının belirlenmesi gerekir. Jeostatistik, bu konumsal değişkenliği (spatial variability) karakterize etmede ve haritalamada oldukça kullanışlı bir yöntemdir [15]. Son zamanlarda pek çok farklı alanda jeostatistik, konumsal ilişkisini açıklamak için birçok yazar tarafından kullanılmıştır [3, 6, 7, 16–19].

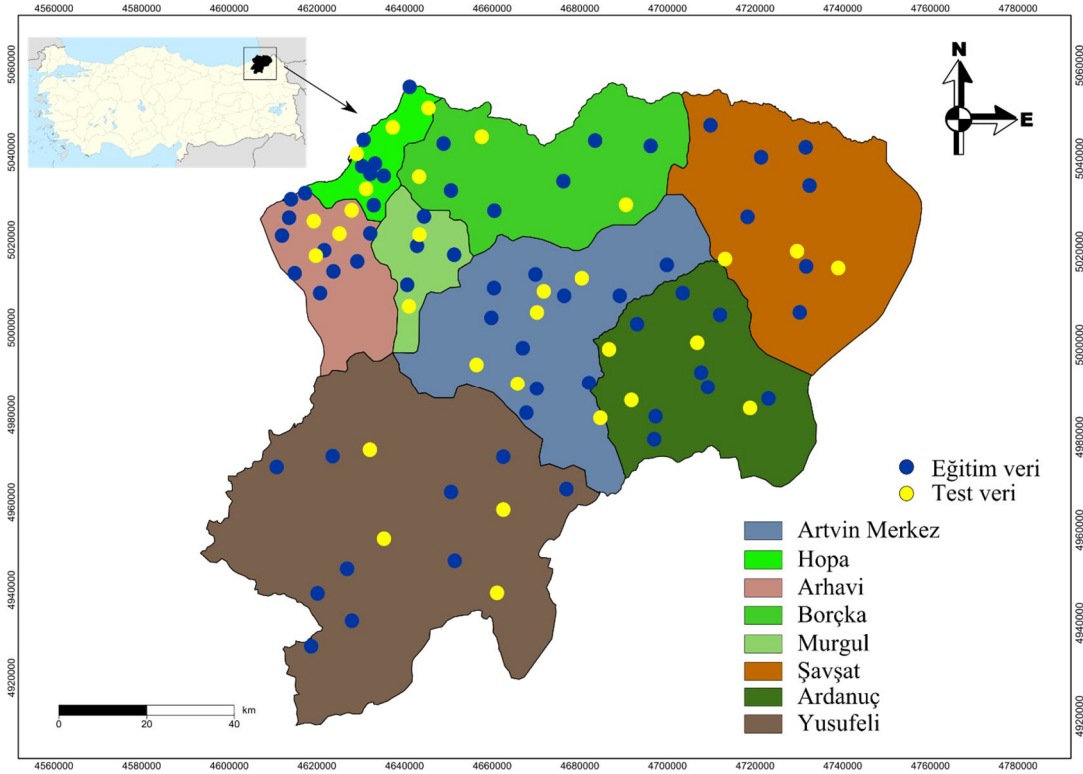
## Yapay Sinir ağı yöntemi ile Artvin ilinde ölçülen gama doz

Bu çalışmanın amacı en az numune ile çalışılan alanı en iyi şekilde temsil ederek, en az masraf ve en az sürede bölgenin radyoaktivite seviyelerini (Outdoor gamma dose) tahmin etmek ve haritalamak için Yapay sinir ağı yönteminin kullanılabilirlik performansını belirlemektir.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1 Çalışma Alanı

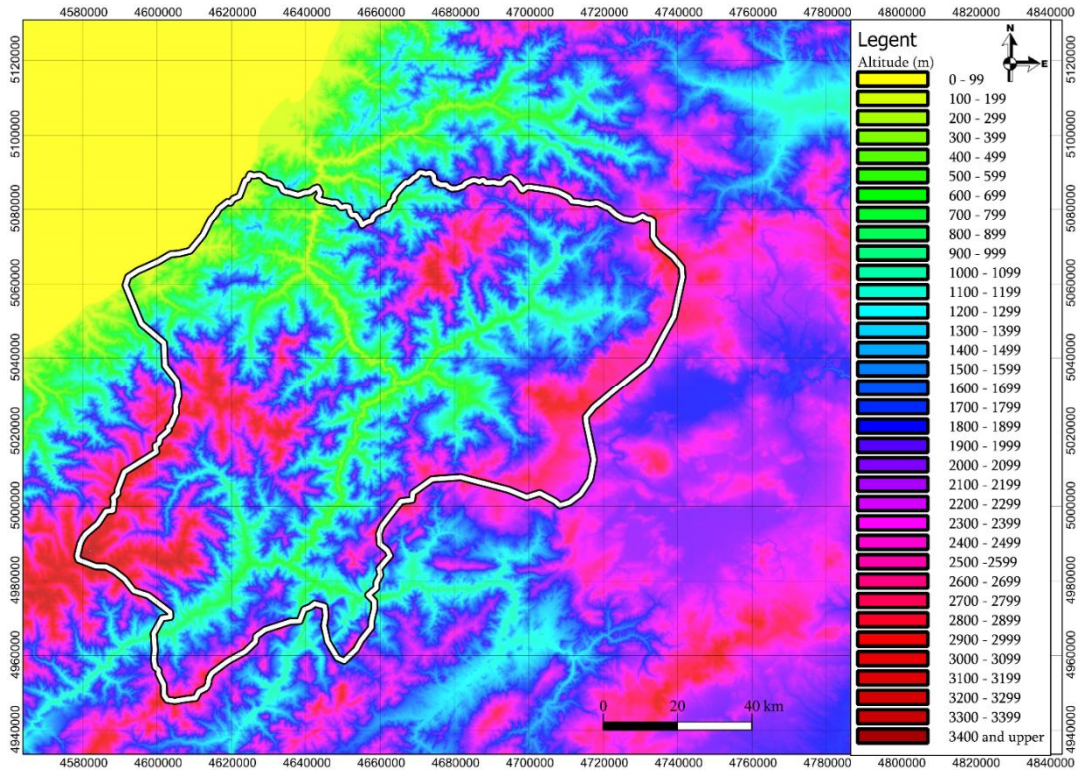
Türkiye'nin en kuzey doğusunda yer alan Artvin (Şekil 1), 7436 km<sup>2</sup>'lik yüz ölçümü ile ülkenin yaklaşık %1'lik bir kısmını kaplar ve 2013 verilerine göre bölge nüfusu kırsal da 75.018, şehirler de 94316 olmak üzere toplam 169334'dür [20]. Bölgenin topografik yapısı çok engebeldir, 1000 ile 3000 metre arasında değişen yükseklikler mevcuttur. Bu yörede ortalama yükseklik 2000 metredir. Yükseklik artışına bağlı olarak kozmik ışınlardan etkilenme miktarının artışı, gama doz oranının yüksekliğe bağlı olarak artmasına neden olur [21, 22].



Şekil 1. Çalışma alanı ve numunelerin alındığı noktalar

## YEŞİLKANAT, KOBYA, TAŞKIN, ÇEVİK

Şekil 2’de bölgenin sayısal yükseklik haritası (Digital elevation map) gösterilmiştir. Bölgenin jeolojik özelliklerine bakıldığında Orta Üst Eosen (Middle- Upper Eocene) , Üst Kretasa (Upper Cretaceous) ve alt orta Jura (Lower middle Jurassic) volkanitleri ve sedimentleri (volcanic and sedimentary), Üst Kretasa (Upper Cretaceous) dasit riyolit riyodasitleri (dacite, rhyolite, rhyodacite), Pleosen-Eosen (Pliocene-Eocene) ve Üst Pleozoik (upper Pleozoic) Granitoidleri (Granitoid) kayalarının hakim olduğu görülmektedir [23]. Şekil 3’de çalışma alanının jeolojik ve kayaç yapısı gösterilmektedir. Dış gama doz oranının 50%’lik kısmını oluşturan karasal gama doz oranı 0-30 cm derinlikteki kayaç yapılarına ve jeolojik etmenlere bağlıdır. Yüksek radyasyon seviyeleri özellikle granit, siyanit, gabro ve pirit gibi volkanik kökenli kayalarda görülür. Bu tür kayaç yapıları, yüksek sıcaklık ve basınç altında kristalleşmiş yapılar olup önemli miktarlarda  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  kaynaklarıdır [24]. Jeolojik yapı ile outdoor gama doz oranı arasındaki ilişki birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir [6, 7, 25]

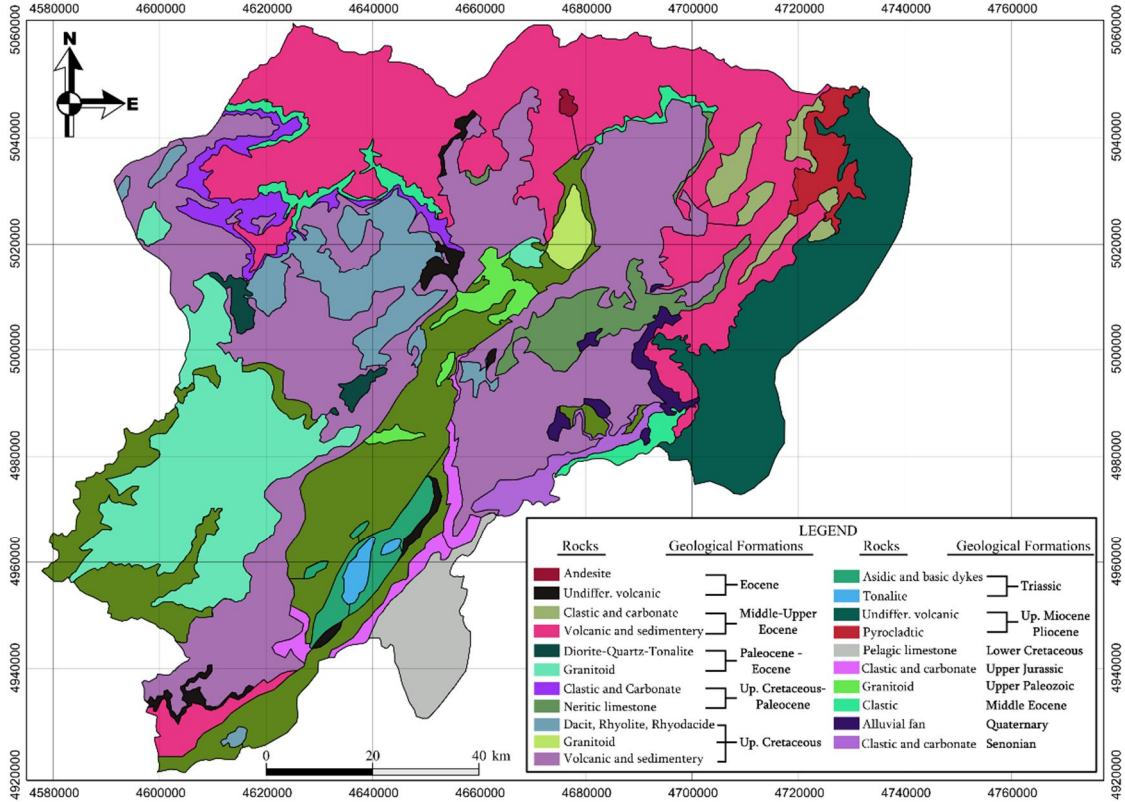


Şekil 2 Artvin için sayısal yükseklik modeli ile belirlenmiş rakım haritası [26]

Artvin ilinde yayılan topraklar kırmızı-sarı podzolik topraklar (P), yüksek dağ-çayır toprakları (Y) , kireçsiz kahverengi orman toprağı (N), alüvyal topraklar (A), kolivyal topraklar (C), kahverengi orman toprağı (M), olmak üzere altı grupta toplanmaktadır [27] [31]. Toprak gruplarından kahverengi orman toprağı ve kireçsiz kahverengi orman toprağı U-238 ve Th-232

## Yapay Sinir ağı yöntemi ile Artvin ilinde ölçülen gama doz

kaynağı olarak yüksek radyasyon seviyelerine sebep olmaktadır [28]. Ayrıca Artvin de Organik madde ayrışması ve parçalanması yeteri ölçüde olmadığından, topraklar organik madde yönünden zengindir. Topraktaki organik madde ile radyoaktiflik sevipleri arasında ise yüksek bir ilişki mevcuttur [29].



Şekil 3. Artvin'in jeolojik yapısı [30]

### 2.2. Dış gama doz oranının belirlenmesi

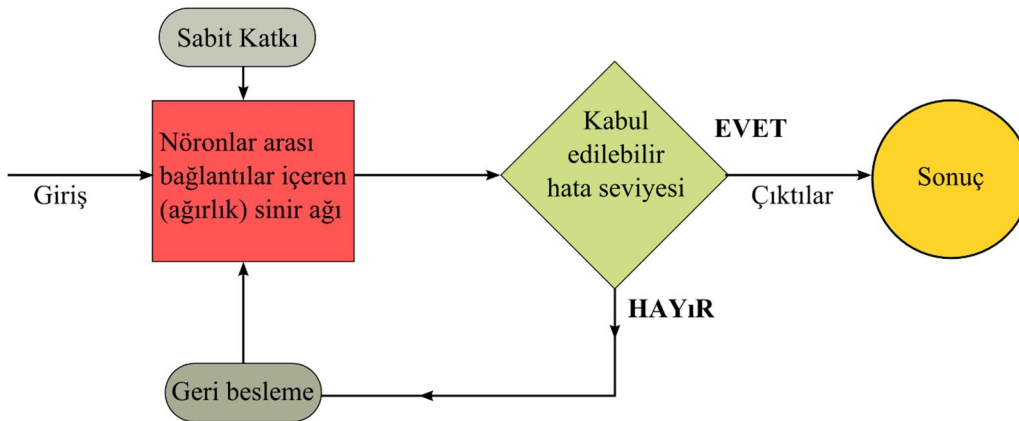
Outdoor gama doz oranını belirlemek için çalışma alanı aralarında ortalama 2 km olan 204 numuneleme istasyonuna ayrıldı. Her bir numuneleme istasyonu için 3 farklı noktadan ölçümler alındı. Bu üç ölçümün ortalaması hesaplandı ve her bir numuneleme istasyonu için outdoor gama doz oranı olarak belirlendi (Şekil 1). Çalışma alanındaki tüm istasyonun %50'lik kısmı (102 istasyon) model, diğer %50'lik kısmı (102 istasyon) doğrulama testi için rastgele ayrılmıştır. Her bir istasyonun koordinatları GPS cihazı ile belirlenmiştir. Kordinat referans

sistemi olarak World geodetic system 1984 / World mercator (WGS-84/ World Mercator) (EPSG:3395) değerleri kullanılmıştır. Outdoor gama doz hızlarını belirlemek için 44-10 model NaI(Tl) gama sintilasyon detektörüne bağlı Ludlum marka 2242-2 model taşınabilir dijital cihaz kullanılmıştır. Gama doz hızları toprak yüzeyinden 1 metre yükseklikte, 1 dakika süreyle alınarak  $\mu\text{Sv/h}$  olarak kaydedilmiştir.

## 2.3. Yapay Sinir Ağları (YSA)

### 2.3.1. Yapay Sinir ağlarının Genel Yapısı

Yapay sinir ağları, "biyolojik sinir sisteminde olduğu gibi, gerçek yaşam nesnelileriyle etkileşmeyi amaçlayan basit elemanların ve onların hiyerarşik düzenlemelerinin paralel, içice bağlantılı ağları" olarak tanımlanabilir [32]. Başka bir tanıma göre Yapay sinir ağı dışarıdan gelen girişlere dinamik olarak yanıt oluşturma yoluyla bilgi işleyen, birbiriyle bağlantılı basit elemanlardan oluşan bilgi işlem sistemidir [33, 34]. Yapay sinir ağı genel akış şeması Şekil 4'de gösterilmiştir. Burada ilk hesaplamalarda elde edilen çıktılar beklenen çıktılar ile kıyaslandıktan sonra birbirlerine kabul edilir hata sınırları içinde bir yaklaşıklık gösterdiği zaman YSA'nın eğitilmesine son verilir, aksi takdirde eğitime devam edilir.



Şekil 4. YSA genel yapısı [35]

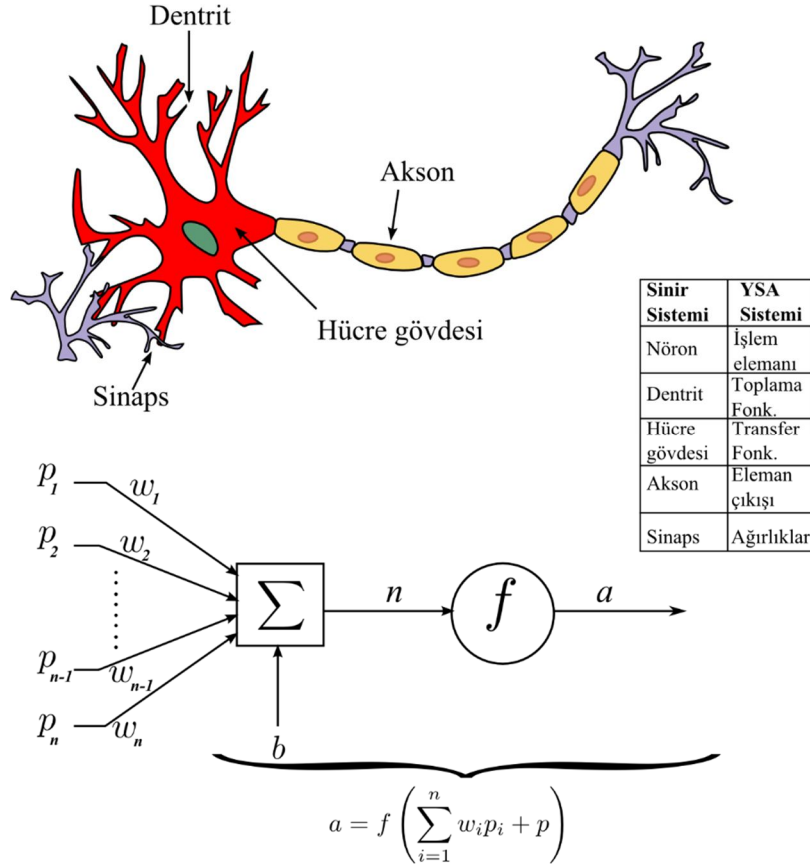
Nano saniyeler bazındaki işlem hızları ile YSA'lar, mili saniyeler mertebesindeki hızları ile işlem yapan insan beyninin işlevselliğinin çok uzağındadır. İnsan beynindeki yaklaşık  $10^{11}$  sinir hücrelerini bilgisayar ortamında modellenmesi şu an için mümkün görünmemektedir. Fakat

## Yapay Sinir ağıları yöntemi ile Artvin ilinde ölçülen gama doz

karar hızı açısından insan beyni ile yarışmasalar bile, yapısallıkları ve hassas eşleştirmeleri başarı ile gerçekleştirebilmeleri ile gün geçtikçe daha fazla uygulama alanı bulmaktadır [36]. Biyolojik sinir sistemi ile YSA arasındaki benzerlikler Şekil 5'de gösterilmiştir. Burada  $p$ : hücrenin girişi olan skaler değeri,  $w$ :  $p$  girişi ile hücre arasındaki ağırlık değerini,  $b$ : hücrenin bias (sabit katkı, genellikle 1'dir) değerini,  $f$ : transfer fonksiyonunu,  $a$ : hücrenin çıkışını belirtmektedir.  $p$  girişi önce  $w$  ağırlığı ile çarpılır. Ardından  $b$  bias değeri ile toplanır ve transfer fonksiyonundan geçirilerek  $a$  çıkışı hesaplanır. Transfer fonksiyonu doğrusal ya da doğrusal olmayan türevlenebilir bir fonksiyondur. Fakat hücrenin arzu edilen çıkışı verebilmesi için  $w$  ve  $b$  ağırlık değerlerinin optimum olacak şekilde ayarlanması gerekmektedir.

### 2.3.2. Çok katmanlı Algılayıcılar(ÇKA)

Bir yapay sinir ağında proses elemanlarının bağlanması sonucu oluşan topoloji, proses elemanlarının sahip oldukları toplama ve aktivasyon fonksiyonları, öğrenme stratejisi ve kullanılan öğrenme kuralı ağı modelini belirlemektedir. Bunların en yaygın olarak kullanılanları Çok katmanlı algılayıcılar olup genellikle hatayı geri yayma modellerinde kullanılırlar. Doğrusal olmayan problemlerde ileri beslemeli ve geri yayımlı model ile etkili sonuçlar elde edilmiştir [37–39]. İleri yönlü geri yayılma algoritmasında iki temel akış vardır. Bunlardan birincisi ağılar üzerinden ileriye doğru olan bilgi akışı, ikincisi ise geriye doğru olan hatanın yayılmasıdır. İleriye doğru olan akışta bağlantı katsayıları kullanılarak girişlere karşı çıkışlar elde edilir. Geriye doğru olan akışta ise gerçek çıkışlar ile hesaplanan çıkış değerleri yardımıyla elde edilen hatanın geriye doğru yayılarak ağırlıkların değiştirilmesi sağlanır [35]. Şekil 6'da ileri beslemeli ve geri yayılmalı çok katmanlı algılayıcının yapısı gösterilmiştir.



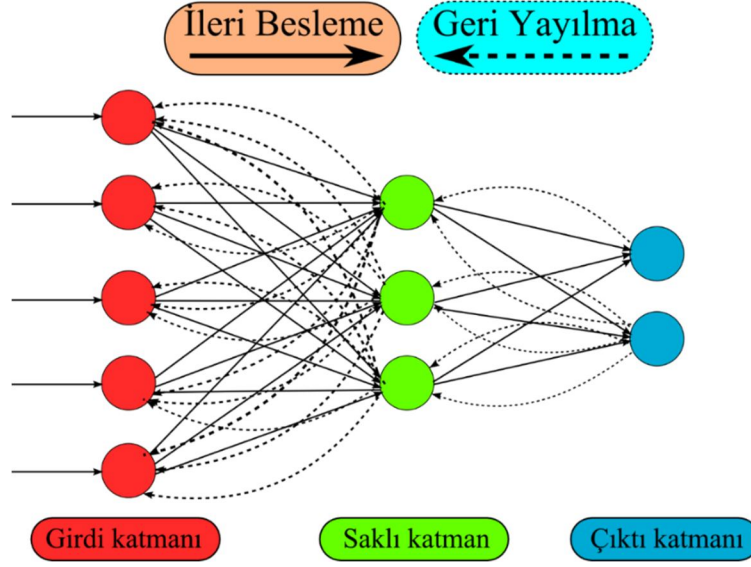
Şekil 5. Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir hücresinin elemanları

## 2.4 Yazılım ve Program Kaynakları

Tüm analizler R programlama dili (Ihaka and Gentleman, 1996) ile yapılmıştır. Burada açık kaynak kodlu olarak kullanılan neuralnet [40] ve nnet [41] R paketleri kullanılmıştır. Haritalar Quantum geographic information system (QGIS) vs 1.8.0 [42] ile oluşturulmuştur. İnterpolasyon haritaları 100×100 m<sup>2</sup> (1 ha mekansal çözünürlük) piksel boyutunda hazırlanmıştır.



## Yapay Sinir ağırları yöntemi ile Artvin ilinde ölçülen gama doz



Şekil 6. İleri beslemeli geri yayımlı çok katmanlı algılayıcının genel yapısı

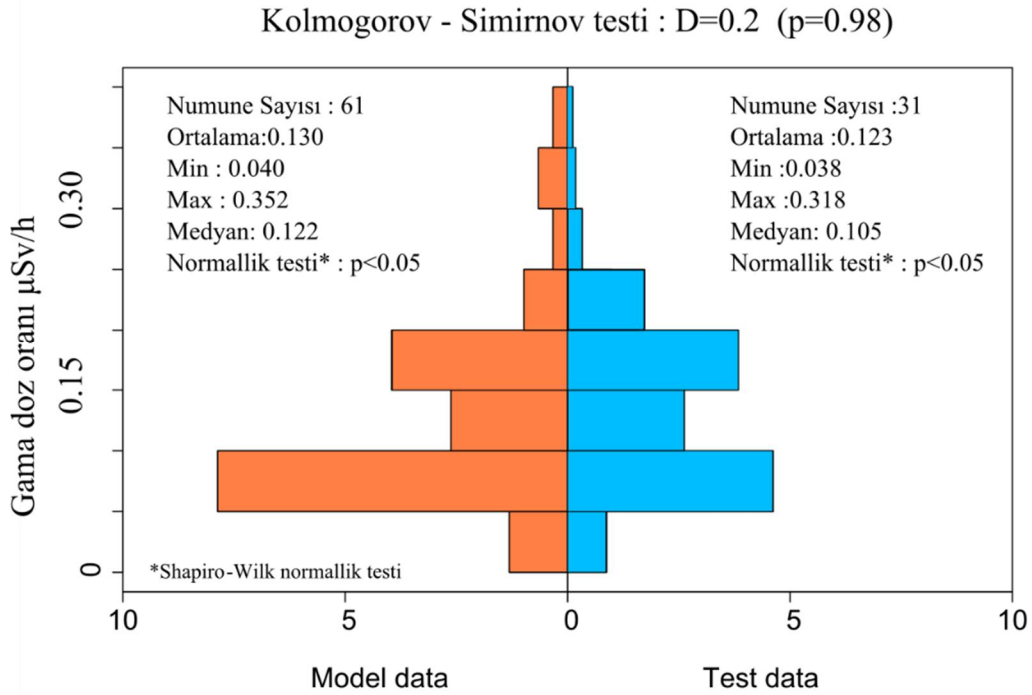
### 3. SONUÇLAR

#### 3.1 İstatistiksel özet ve veri dönüşümü

Şekil 7, hem model hem de test işlenmemiş verileri (ham veri) için histogramları ve özet istatistikleri göstermektedir. Bu şekilde Kolmogorov - Smirnov testi ( $D=0.2$ ,  $p\text{-value}=0.98$ ) ile her iki histogramın anlamlı bir şekilde birbirinden farklı olmadığı görülmektedir. Yani hem model verileri hem de test verileri aynı istatistiksel yapıya sahiptir. Ayrıca Shapiro-Wilk normallik testi ( $p<0.05$ ) ile iki veri setinin de normal dağılıma sahip olmadığı belirlenmiştir. Yapay sinir ağlarında dağılımın normal olmaması oluşturulacak tahminde bir fark oluşturmaz. Çünkü yapay sinir ağları ile doğrusal olmayan modellemelerde uygun bir şekilde kullanılabilir [34, 35]. Ancak tüm verilerin standartlaştırılması gerekir, bunun için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada istatistiksel standartlaştırma yapılmıştır (Eşitlik 1). Böylelikle tüm veriler en küçük sıfır en büyük 1 olmak üzere yeniden belirlenmiştir.

$$x_{yeni} = \frac{X_{gerçek} - Min(X)}{Max(X) - Min(X)} \quad (1)$$

Burada  $x_{yeni}$ , Standartlaştırılmış yeni değer,  $X_{gerçek}$ , gerçek ölçülen değer,  $Min(X)$  tüm ölçülen  $X$  değerlerinin en küçük değeri ve  $Max(X)$  tüm ölçülen  $X$  değerlerinin en büyük değeridir.



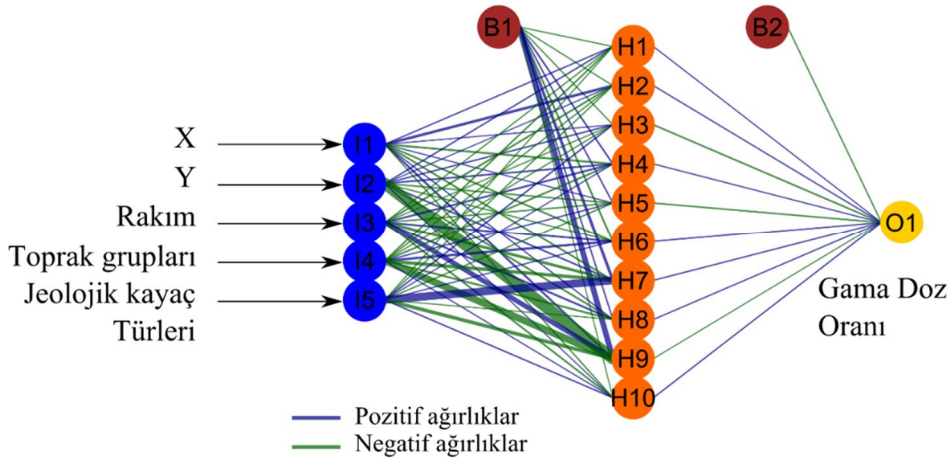
Şekil 7. Hem model hemde doğrulama verileri için oluşturulmuş histogram ve tanımlayıcı istatistikler.

### 3.2. Yapay Sinir Ağları Modeli

#### 3.2.1. Modelin Oluşturulması

İleri beslemeli ve geri yayımlı çok katmanlı yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak oluşturulan modelde gama doz oranlarının tahminleri gerçekleştirilmiştir. Öncelikle oluşturulan ağın eğitimi için 61 adet eğitim verisi kullanılmıştır. Giriş parametreleri olarak enlem, boylam, rakım (yükseklik), jeolojik kayaç yapısı ve büyük toprak grupları olarak toplam 5 parametre ve 1 çıkış parametresi olarak gama gama doz oranı hesaplanmıştır. Ağa yapısında giriş ve çıkış arasında 10 tane gizli katman kullanılmış ve her bir değer için ayrı ayrı ağırlık hesaplamaları yapılmıştır. Şekil 8'de bu çalışma için oluşturulan yapay sinir ağı yapısı ve ağırlıkların şematik gösterimi verilmektedir.

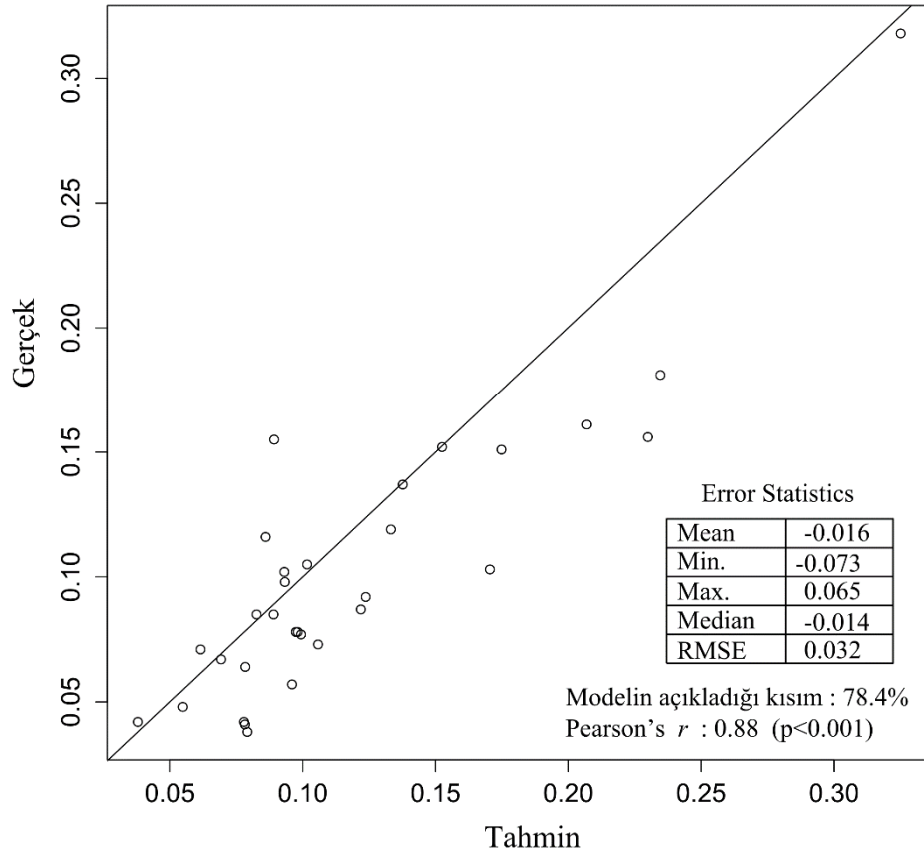
## Yapay Sinir ağı yöntemi ile Artvin ilinde ölçülen gama doz



Şekil 8. Gama doz oranlarının ara değer modeli için kullanılan yapay sinir ağı yapısı

### 3.2.2. Doğrulama

Eğitim sonunda YSA ile sistemin genel karakteristik yapısı programa öğretilmiştir. Modelin performans değerlendirmesi için 31 tane test verisi tahmin değerleri yapılmış ve gerçek değerler ile karşılaştırılarak çapraz doğrulama diyagramı oluşturulmuştur. Şekil 9’da model sonucu elde edilen tahminler ile gerçek verilerin değerleri gösteren bu diyagram görülmektedir. Burada ileri beslemeli ve geri yayımlı YSA yöntemi kullanılarak önerilen model ile gama doz oranındaki toplam değişimin (total variation) 78.4% açıklanmış ve Pearson  $r$  katsayısı ise 0.88 ( $p < 0.001$ ) olarak bulunmuştur. Ayrıca Hataların karesinin ortalama karekökü (RMSE) 0.032 olarak bulunmuştur. Bu değer in sıfıra yakın oluşu istatistikî açıdan gerçek değerler ile tahmin değerlerinin oldukça uyumlu olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar tahmin ve gerçek veriler arasındaki korelasyonun çok yüksek ve anlamlı olduğunu belirtmektedir. Ayrıca oluşturulan modelin performansının da oldukça başarılı olduğunu bir göstergesidir.



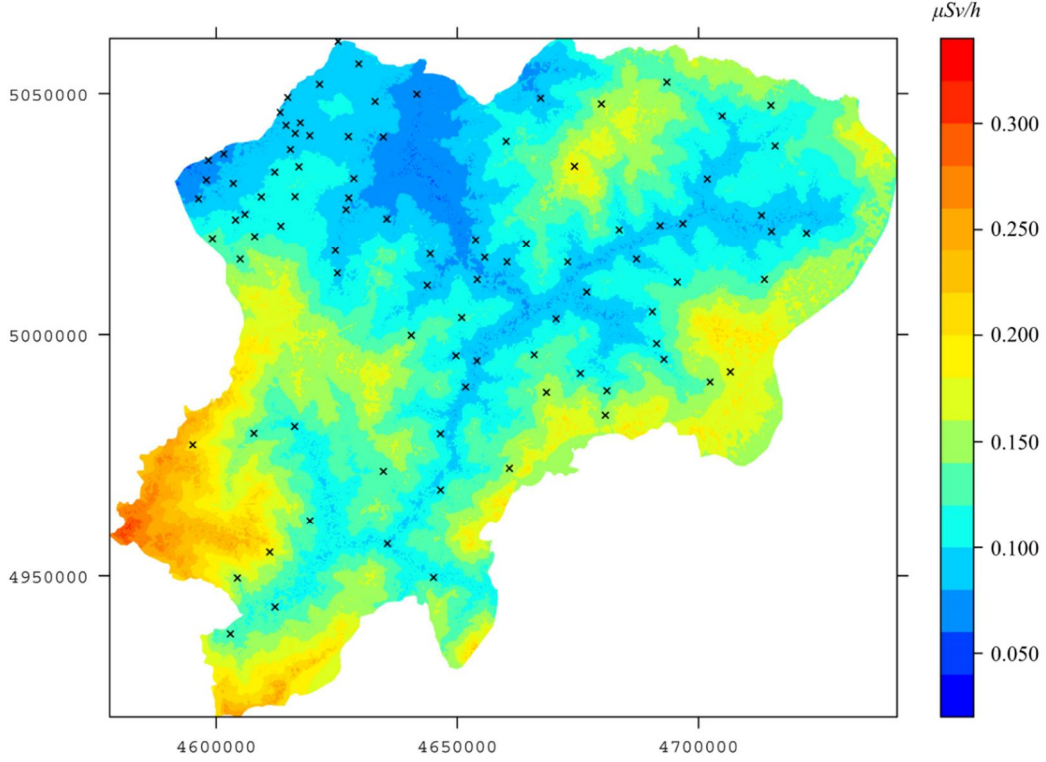
Şekil 9. YSA ile oluşturulan model sonucu elde edilen tahmin değerleri ile gerçek veriler arasındaki çapraz doğrulama diyagramı

### 3.2.3 Haritalama

Örnek alınmamış noktaların tahmini ve haritalandırılması için çalışma alanı 100 m x 100 m lik (1 ha' lık mekansal çözünürlük) hücrelere ayrılmış grid sistemi ile temsil edilmiştir. Bölgenin tamamı için 1634 sütun (E-W yönü 163400 m long) ve 1409 satırlık (N-S yönü 140900m long) grid noktası oluşturulmuştur. Her bir grid noktası için hem YSA modeli ile ayrı ayrı tahminler belirlenmiş ve bu tahmin değerleri sonucunda bölgenin gama doz oranı için ara değer tahmin haritası oluşturulmuştur (Şekil 10). Bu haritada lokal değişimler belirgin bir şekilde görülmektedir. Özellikle rakımın (altitude) düşük olduğu bölgelerde (karadeniz kıyıları) gama doz oranlarının düşüklüğü dikkati çekmektedir. Bu da kozmik radyasyondan gelen katkının etkisinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Çalışma alanı jeolojik yapı ve toprak yapısı ile beraber değerlendirildiğinde özellikle granit yapıları ve kahverengi orman

## Yapay Sinir ağı yöntemi ile Artvin ilinde ölçülen gama doz

toprakları ve yüksek dağ-çayır topraklarının bulunduğu bölgelerde gamma doz oranlarının belirgin artışı da haritada dikkati çekmektedir.



Şekil 10. Outdoor Gama doz oranı için YSA ile oluşturulmuş ara değer tahmin haritası

## 4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Türkiyenin en engebeli arazilerinden birine sahip olan Artvin’de gama doz oranlarının dağılımı incelenerek ve bölgeyi en iyi karakterize edebilecek YSA modeli ile numune alınmayan noktalar için tahmin değerleri hesaplanmış ve sonuçlar haritalandırılmıştır. Böylece belirli bir ölçüm verisi ile çalışma alanının radyolojik olarak genel yapısının minimum hata ile belirlenmesi sağlanmıştır. Bu çalışmada ileri beslemeli geri yayımlı YSA modeli kullanılmıştır. Giriş parametreleri olarak enlem, boylam, yükseklik, toprak grupları ve kayaç yapısı olarak belirlenmiştir. Gama doz oranlarının çalışma alanındaki dağılımının normal olmamasından dolayı veriler log dönüşümü (log transformed) ile normalleştirilmiştir. 61 veriyle ağ eğitilmiş ve geriye kalan 31 veri ile oluşturulan model test edilmiştir. Sonuç olarak YSA modeli ile açıklanan varyans 78.4 % ve pearson’s  $r = 0.88$  ( $p < 0.001$ ) olarak bulunurken olarak

bulunmuştur. Aradeğer tahmin haritası (interpolation predict maps ) için çalışma alanı 100 m x 100 m lik (1 ha' lık Spatial Resolution) hücrelere ayrılmış grid sistemi ile temsil edilmiş ve oluşturulan YSA modeli kullanılarak örnek alınmayan noktalar için tahmin değerleri hesaplanmış ve gridler buna göre renklendirilerek haritalar oluşturulmuştur. Elde edilen bu harita ile çalışma alanındaki ani değişimler ve numune alınmayan noktalar için tahmini gama doz oranları belirlenebilmiştir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi ve Artvin Çoruh Üniversitesi (BAP-2013.F42.02.05) tarafından desteklenmiştir.

### **KAYNAKLAR**

1. UNSCEAR (2000) Source and effects of ionizing radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations, New York
2. Rafique M, Rahman SU, Basharat M, et al. (2014) Evaluation of excess life time cancer risk from gamma dose rates in Jhelum valley. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 7:29–35. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrras.2013.11.005>
3. Hiemstra PH, Pebesma EJ, Twenho CJW (2009) Real-time automatic interpolation of ambient gamma dose rates from the Dutch radioactivity monitoring network. *Computers & Geosciences* 35:1711–1721. doi: 10.1016/j.cageo.2008.10.011
4. Quarto M, Pugliese M, Roca V (2013) Gamma dose rate measurements in dwellings of Campania region, South Italy. *Journal of environmental radioactivity* 115:114–7. doi: 10.1016/j.jenvrad.2012.07.016
5. Taskin H, Karavus M, Ay P, et al. (2009) Radionuclide concentrations in soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Kırklareli, Turkey. *Journal of environmental radioactivity* 100:49–53. doi: 10.1016/j.jenvrad.2008.10.012
6. Norbani NE, Abdullah Salim NA, Saat A, et al. (2014) Terrestrial gamma radiation dose rates (TGRD) from surface soil in Negeri Sembilan, Malaysia. *Radiation Physics and Chemistry* In Press:1–6. doi: 10.1016/j.radphyschem.2014.04.008
7. Sanusi MSM, Ramli AT, Gabdo HT, et al. (2014) Isodose mapping of terrestrial gamma radiation dose rate of Selangor state , Kuala Lumpur and Putrajaya , Malaysia. *Journal of Environmental Radioactivity* 135:67–74. doi: 10.1016/j.jenvrad.2014.04.004
8. Zhang W, Friese J, Ungar K (2013) The ambient gamma dose-rate and the inventory of fission products estimations with the soil samples collected at Canadian embassy in Tokyo during Fukushima nuclear accident. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 296:69–73.

## Yapay Sinir ağları yöntemi ile Artvin ilinde ölçülen gama doz

9. Kobya Y, Damla N, Cevik U, et al. (2010) Radiological characterization of natural spring waters in the Eastern Black Sea Region, Turkey. *Environ Forensics* 11:187–192.
10. Tondel M, Lindgren P, Hellström L, et al. (2011) Risk of malignancies in relation to terrestrial gamma radiation in a Swedish population cohort. *The Science of the total environment* 409:471–477. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.10.052
11. Karahan G, Bayulken a (2000) Assessment of gamma dose rates around Istanbul (Turkey). *Journal of Environmental Radioactivity* 47:213–221. doi: 10.1016/S0265-931X(99)00034-X
12. Baykara O, Doğru M (2009) Determination of terrestrial gamma, U-238, Th-232 and K-40 in soil along fracture zones. *Radiation Measurements* 44:116–121. doi: 10.1016/j.radmeas.2008.10.001
13. Mercier M, Falgueres C (2007) Field gamma dose-rate measurement with a NaI ( Tl ) detector : re-evaluation of the “ threshold ” technique. 25:2–5.
14. EUR 21595 EN (2005) Automatic mapping algorithms for routine and emergency monitoring data. Report on the spatial interpolation comparison 2004 (SIC2004) exercise. In: Dubois, G. (Ed). 150.
15. Dai L, Wei H, Wang L (2007) Spatial distribution and risk assessment of radionuclides in soils around a coal-fired power plant: a case study from the city of Baoji, China. *Environmental research* 104:201–8. doi: 10.1016/j.envres.2006.11.005
16. McGrath D, Zhang C, Carton OT (2004) Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silvermines area, Ireland. *Environmental Pollution* 127:239–248. doi: 10.1016/j.envpol.2003.07.002
17. Charro E, Pardo R, Peña V (2013) Statistical analysis of the spatial distribution of radionuclides in soils around a coal-fired power plant in Spain. *Journal of Environmental Radioactivity* 124:84–92. doi: 10.1016/j.jenvrad.2013.04.011
18. Savelieva E (2005) Using ordinary Kriging to model radioactive contamination data. *Applied GIS* 1:10–1–10–10.
19. Pebesma EJ (2005) Mapping Radioactivity from Monitoring Data: Automating the Classical Geostatistical Approach. *Applied GIS* 1:11–1–11–17.
20. Statistic Department of Turkey (2014) <http://www.webcitation.org/6NPUa8fse>. Available date: 08.09.2014
21. O'Brien K, Friedberg W, Sauer HH, Smart DF (1996) Atmospheric cosmic rays and solar energetic particles at aircraft altitudes. *Environment international* 22:9–44.
22. Mishev AL, Hristova E (2012) Recent gamma background measurements at high mountain altitude. *Journal of environmental radioactivity* 113:77–82. doi: 10.1016/j.jenvrad.2012.04.017

23. Ustaomer T, Robertson a. HF, Ustaomer P a., et al. (2012) Constraints on Variscan and Cimmerian magmatism and metamorphism in the Pontides (Yusufeli-Artvin area), NE Turkey from U-Pb dating and granite geochemistry. Geological Society, London, Special Publications 372:49–74. doi: 10.1144/SP372.13
24. Chiozzi P, Pasquale V, Verdoya M (2002) Heat from Radioactive Elements in Youngs Volcanics by Gamma-Ray Spectrometry. Journal of Volcanology and Geothermal Research 119:205–214.
25. Otansev P, Karahan G, Kam E, et al. (2012) Assessment of natural radioactivity concentrations and gamma dose rate levels in Kayseri, Turkey. Radiation Protection Dosimetry 148:227–236.
26. USGS (2013) Digital elevation maps (DEM) data sets. <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Accessed 22 Sep 2014
27. Yuksek T, Ölmez Z (2002) A general assessment of climate, soil structure, forest areas, growing stock and some forestry applications of Artvin region. Journal of Artvin Forestry Faculty Kafkas University 3:50–62.
28. Degerlier M, Karahan G, Ozger G (2008) Radioactivity concentrations and dose assessment for soil samples around Adana, Turkey. Journal of environmental radioactivity 99:1018–25. doi: 10.1016/j.jenvrad.2007.12.015
29. Ramasamy V, Paramasivam K, Suresh G, Jose MT (2014) Role of sediment characteristics on natural radiation level of the Vaigai river sediment, Tamilnadu, India. Journal of environmental radioactivity 127:64–74. doi: 10.1016/j.jenvrad.2013.09.010
30. MTA (2002) 1:500 000–scale map of Turkey. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara, Turkey
31. Yavuz Özalp A, Akıncı H, Temuçin S (2013) Determining Topographic and Some Physical Characteristics of the Land in Artvin City and Investigating Relationship between These Characteristics with Land Cover. Journal of Forestry Faculty Artvin Coruh University 14:292–309.
32. Kohonen T (1987) State Of The Art In Neural Computing. IEEE First International Conference on Neural Networks 1:79–90.
33. Caudill M (1987) Neural networks primer, part I. AI Expert 2:46–52.
34. Öztemel E (2003) Yapay Sinir Ağları. Papatya yayıncılık, İstanbul
35. Şen Z (2004) Yapay sinir ağları ilkeleri. Su vakfı yayınları, İstanbul
36. Dede A (2009) İznik göl suyu kalite parametrelerinin yapay sinir ağlarıyla değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi
37. Dorvlo ASS, Jervase J a., Al-Lawati A (2002) Solar radiation estimation using artificial neural networks. Applied Energy 71:307–319. doi: 10.1016/S0306-2619(02)00016-8



## Yapay Sinir ağları yöntemi ile Artvin ilinde ölçülen gama doz

38. Şenkal O, Kuleli T (2009) Estimation of solar radiation over Turkey using artificial neural network and satellite data. *Applied Energy* 86:1222–1228. doi: 10.1016/j.apenergy.2008.06.003
39. Sözen A, Arcaklıođlu E, Özalp M, Çađlar N (2005) Forecasting based on neural network approach of solar potential in Turkey. *Renewable Energy* 30:1075–1090. doi: 10.1016/j.renene.2004.09.020
40. Günther F, Fritsch S (2010) Neuralnet : Training of Neural Networks. *The R Journal* 2:30–38.
41. Venables WN, Ripley BD (2002) *Modern applied statistics with S*. Springer, Michigan
42. Quantum GIS Development Team (2014) *Quantum GIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project.