



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Yapay sinir ağı (YSA) kullanarak sera sistemlerinde enerji verimliliğinin modellenmesi

Modelling energy efficiency in greenhouse systems using artificial neural network (ANN)

Yazar(lar) (Author(s)): Bekir YELMEN¹, M.Tarık ÇAKIR², H.Havva ŞAHİN³, Cengiz KURT⁴

ORCID¹: 0000-0001-7655-530X

ORCID²: 0000-0002-0107-594X

ORCID³: 0000-0003-2619-4993

ORCID⁴: 0000-0002-1148-9900

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Yelmen B., Çakır M.T., Şahin H.H. ve Kurt C., “Yapay sinir ağı (YSA) kullanarak sera sistemlerinde enerji verimliliğinin modellenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 24(1): 151-160, (2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.680921

Yapay sinir ağı (YSA) kullanarak sera salatalık üretim sistemlerinde enerji verimliliğinin modellenmesi

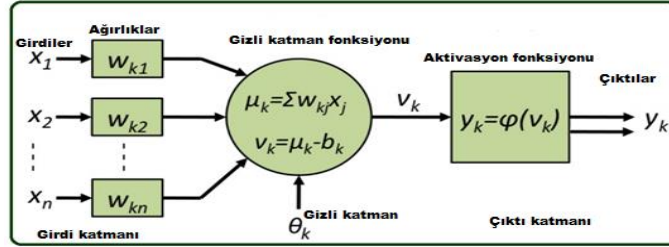
Modelling energy efficiency in greenhouse systems using artificial neural network (ANN)

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Yapay sinir ağları kullanıldı/Artificial neural networks were used
- ❖ Enerji verimliliği ve net enerji hesaplandı/Energy efficiency and net energy were calculated
- ❖ Enerji kullanım etkinliği endeksi hesaplandı / Energy use efficiency index was calculated
- ❖ Sera üretiminde enerji kullanım 0,58 oranındadır/ Energy use in greenhouse production is 0,58
- ❖ YSA Sera verimliliğini artırılabilir/ Greenhouse efficiency of ANN can be increased

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Yapay sinir ağı (YSA) kullanarak sera salatalık üretim sistemlerinde enerji verimliliğinin modellenmesi/ Modelling energy efficiency in greenhouse systems using artificial neural network (ANN)



Şekil.Yapay sinir ağı modeli/Figure. Artificial neural network model

Amaç (Aim)

Bu çalışma, Türkiye'nin Akdeniz bölgesi Mersin ilinde yapay sinir ağları kullanılarak seralarda salatalık (*Cucumis sativus* L.) yetiştiriciliğindeki enerji kullanım etkinliği analizinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır./ The purpose of this study, the Mediterranean region of Turkey is made to determine the Mersin province in the neural network using the energy use efficiency in greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) farming in the analysis.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Veriler 2018 yılı üretim döneminde 45 adet sera salatalık üreticisinden, yüz yüze anket yapılarak toplanmıştır./ The data were collected from 45 greenhouse cucumber producers by face-to-face questionnaire during 2018 production period.

Özgünlük (Originality)

The Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması, enerji endekslerine dayalı enerji girdilerine ve alana yönelik tahmin modellerinin hesaplanması için eğitildi./ The Levenberg-Marquardt learning algorithm has been trained to calculate energy inputs and field-based prediction models based on energy indices.

Bulgular (Findings)

YSA modelinin sonuçları, 9-14-5 yapısının en yüksek R^2 ve en düşük RMSE ve MAPE ile en iyi topolojiye ait olduğunu ortaya koydu. R^2 , RMSE ve MAPE oranı sırasıyla 0,933-0,991, 0,147-0,314 ve 0,011-0,021 arasında hesaplandı. /The results of the ANN model revealed that the 9-14-5 structure belongs to the best topology with the highest R^2 and the lowest RMSE and MAPE. The ratio of R^2 , RMSE and MAPE was calculated as 0.933-0.991, 0.147-0.314 and 0.011-0.021, respectively.

Sonuç (Conclusion)

Enerji kullanım etkinliği analiz sonuçlarına göre, YSA modelinin seralarda salatalık yetiştiriciliğinin enerji endekslerini yüksek doğrulukla modelleyebilmesi açısından avantajlı olduğu belirlenmiştir./According to the results of energy use efficiency analysis, it is determined that ANN model is advantageous in terms of cucumber cultivation in greenhouses with high accuracy modelling of energy indices.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Yapay Sinir Ağı (YSA) Kullanarak Sera Sistemlerinde Enerji Verimliliğinin Modellenmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Bekir YELMEN^{1*}, M. Tarık ÇAKIR², H.Havva ŞAHİN³, Cengiz KURT⁴

¹Adana Büyükşehir Belediyesi, ASKİ Çevre Koruma Kontrol Dairesi Bşk., Adana, Türkiye

²Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

³Adana Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma Kontrol Dairesi Bşk., Adana, Türkiye

⁴Çukurova Üniversitesi Hukuk Fakültesi, Adana, Türkiye

(Geliş/Received : 28.01.2020 ; Kabul/Accepted : 05.03.2020)

ÖZ

Bu çalışma, Türkiye'nin Akdeniz bölgesi Mersin ilinde yapay sinir ağları kullanılarak seralarda salatalık (*Cucumis sativus* L.) yetiştiriciliğindeki enerji kullanım etkinliği analizinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Veriler 2018 yılı üretim döneminde 45 adet sera salatalık üreticisinden, yüz yüze anket yapılarak toplanmıştır. Toplam enerji tüketimi ve sera salatalık verimi sırasıyla 125612,51 MJ ha⁻¹ ve 106600,40 kg ha⁻¹'dir. Dizel yakıt %44,09 oranla, tüm girdiler arasında en yüksek enerji tüketimine sahiptir. Enerji endeksleri analizi, enerji oranı, enerji verimliliği, spesifik enerji, net enerji ve enerji yoğunluğunun sırasıyla yaklaşık 0,58, 0,73 kg MJ⁻¹, 1,37 MJ kg⁻¹, -52332,19 MJ ha⁻¹ ve 3,22 MJ \$⁻¹ olarak elde edilmiştir. The Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması, enerji endekslerine dayalı enerji girdilerine ve alana yönelik tahmin modellerinin hesaplanması için eğitildi. YSA modelinin sonuçları, 9-14-5 yapısının en yüksek R² ve en düşük RMSE ve MAPE ile en iyi topolojiye ait olduğunu ortaya koydu. R², RMSE ve MAPE oranı sırasıyla 0,933-0,991, 0,147-0,314 ve 0,011-0,021 arasında hesaplandı. Enerji kullanım etkinliği analiz sonuçlarına göre, YSA modelinin seralarda salatalık yetiştiriciliğinin enerji endekslerini yüksek doğrulukla modelleyebilmesi açısından avantajlı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağı, salatalık üretimi, enerji, modelleme.

Modelling Energy Efficiency in Greenhouse Systems Using Artificial Neural Network (ANN)

ABSTRACT

The purpose of this study, the Mediterranean region of Turkey is made to determine the Mersin province in the neural network using the energy use efficiency in greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) farming in the analysis. The data were collected from 45 greenhouse cucumber producers by face-to-face questionnaire during 2018 production period. Total energy consumption and greenhouse cucumber yield are 125612,51 MJ ha⁻¹ and 106600,40 kg ha⁻¹, respectively. Diesel fuel, which has 44.09%, has the highest energy consumption among all inputs. Energy index analysis, energy ratio, energy efficiency, specific energy, net energy and energy intensiveness are respectively 0.58, 0.73 kg MJ⁻¹, 1.37 MJ kg⁻¹, -52332, 19 MJ ha⁻¹ and 3,22 MJ\$⁻¹ respectively. It was obtained as. The Levenberg-Marquardt learning algorithm has been trained to calculate energy inputs and field-based prediction models based on energy indices. The results of the ANN model revealed that the 9-14-5 structure belongs to the best topology with the highest R² and the lowest RMSE and MAPE. The ratio of R², RMSE and MAPE was calculated as 0.933-0.991, 0.147-0.314 and 0.011-0.021, respectively. According to the results of energy use efficiency analysis, it is determined that ANN model is advantageous in terms of cucumber cultivation in greenhouses with high accuracy modelling of energy indices.

Keywords: Artificial neural networks, cucumber production, energy, modelling.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Salatalık (*Cucumis sativus* L.): kabak, kavun ve karpuzun da dahil olduğu Cucurbitaceae familyasının, cucumis cinsinin 27-30 °C sıcaklıkta yetişen bir yıllık bitkisidir. Hem dünyada hem de Türkiye de sera üretim alanlarında domatesten sonra en fazla üretimi yapılan sebze türüdür [1,2]. Türkiye yaklaşık 1.78 milyon ton salatalık üretim miktarı ile dünyada ikinci sırada yer almaktadır[3]. Türkiye'de üretim yapılan 54.216 hektarlık alanın %87'si Akdeniz Bölgesi'nde bulunmaktadır. Düşük sıcaklıklar bitki büyümesini ve

meyve gelişimini geciktirir [4]. Sera üretiminin faydalarına rağmen, büyük enerji kaynaklarına bağımlıdır[5]. Enerji kaynaklarının azalması insanları gelecekte enerji girdisi az olan verimi yüksek gıda üretmeye zorlanacaktır[6]. Mersin ili için örtüaltı sebzeçilik, sağladığı katma değer ve istihdam açısından oldukça önemli bir sektördür[7]. Yıl içerisinde düzenli bir işgücü kullanımı sağlayan sera tarımı; iklim koşullarının açıkta bitki yetiştirmeye elverişli olmadığı dönemlerde, bitkisel üretim için gerekli olan gelişim etmenlerini sağlayabilen yapılardır[8]. Türkiye'de, örtü altında; %51 domates, %20.2 salatalık, %17.3 biber ve %8.6 patlıcan yetiştiriciliği yapılmaktadır. Geriye kalan %2.9'luk alanda da kavun, fasulye, kabak gibi diğer sebze

*Sorumlu yazar (Corresponding Author)
e-mail : byelmen@yahoo.com.tr

türleri yetiştirilmektedir [9]. Bitkisel üretimin verimliliğini ve çevresel etkilerini incelemek için yapılan enerji analizi tarımda önemli bir yaklaşımdır. YSA'ları, öğrenme yoluyla bilgi ve tecrübenin artırılması ve öğrenilenlerden faydalanarak sonuç üretilmesi prensibiyle işlemektedir[10]. Yapay sinir ağları, özellikle bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile çevre, tarım, mühendislik, tıp gibi çeşitli alanlarda çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur[11]. Öğrenme, genelleme ve hataları tolare etme ve hatalı örneklerden yararlanabilme yeteneklerinden dolayı hem lineer hem de lineer olmayan sistemlerin modellenmesinde çok geniş uygulama alanı bulmuşlardır[12]. YSA, olayların örneklerine bakmakta ve bu olaylar hakkında genellemeler yapmakta, bilgiler toplamakta ve daha sonra hiç görmediği örnekler ile karşılaşıncı öğrendiği bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar verebilmektedir[13]. YSA çok fazla fiziksel olarak karmaşık işlem gerektirmeyen akıllı tekniklerden biridir [14]. YSA, öğrenme sürecinin, matematiksel modellemeye göre çalışan bir optimizasyon algoritmasıdır. Model, böyle karmaşık bir sürecin basit bir yaklaşımıdır, ancak insanların ve hayvanların öğrenme süreçlerinde doğasında bulunan temelleri ve kavramları kullanır. YSA'lar, tipik olarak daha geleneksel (polinom) fonksiyon yaklaşım yöntemlerinden çok daha iyi çalışan evrensel fonksiyon tahmin edicileridir[15]. Tarımsal üretim sürecinde YSA ile enerji analizi konusunda pek çok araştırma yapılmıştır. Gezer ve ark., tarımda enerji kullanım ve sera gazı emisyonları incelemiştir[16]. Mohammadi ve ark. Kivi üretiminde kullanılan enerji girdileri, çıktıları ile verim arasındaki ilişkileri değerlendirmiştir[17]. Rahman ve Bala Bangladeş'te hint kenevirini üretim tahmini için bir ağ geliştirdi[18]. Başka bir çalışmada, Tabatabaie ve ark. YSA'lar ile armut üretimi için maliyet girdileri ve gelirlerini doğrusal regresyon modelini kullanarak belirlenmiş enerji kalıbını ve enerji verim arasındaki ilişkileri araştırdılar[19]. Yeni Zelanda'nın Canterbury eyaletinde, buğday üretiminde enerji tüketiminin modellenmesi değerlendirildi[11]. Khoshnevisan ve ark. bir giriş ve iki çıkış değişkenli YSA modeli kullanarak buğday üretimi verimi ve sera gazı emisyonlarını tahmin ettiler[20]. Özkan ve ark., Türkiye'de üzüm üretimindeki seralarda ve açık alanlarda enerji kullanım alışkanlıklarını ve üretim maliyetlerini incelemiştir. Sera üzümleri için üretim maliyetleri açık tarla üzümlerinden daha yüksektir, ancak sera üzümlerinin yüksek fiyatı nedeniyle gelirlerinin açık alanlardan daha karlı olduğu bildirilmiştir[21]. Zangeneh ve ark., enerji ve güç tüketimine dayalı mekanizasyon endekslerini tahmin etmek için bir YSA modeli geliştirmiştir. Bu çalışma sonucunda en iyi modelin 13-4-1 konfigürasyona sahip olduğunu gösterdiler[22]. Optimum modelin çıkış değerleri, 0.98'lik R^2 ile iyi korele edilmiştir. MAPE'nin değeri, bu modelin tahmin modellerine göre üstünlüğünü gösteren en iyi YSA modeli için 0.0001 olarak hesaplandı. Houshyar ve ark. İran'da buğday üretiminde

YSA kullandı[23]. Bu çalışma için en iyi model, bir gizli katmana sahip GFFN modeli ve $R^2 = 0.95$ ile LM eğitim algoritması ve $RMSE = 0.071$ idi. Başka bir çalışmada ise Zangeneh ve ark., ekonomik verimlilik, toplam üretim maliyetleri ve patates mahsulünün maliyet oranına fayda sağlayan ekonomik endeksleri değerlendirmek için parametrik model (PM) ve YSA modelleri olmak üzere iki farklı yaklaşımın uygulama sonuçlarını karşılaştırmışlardır[24]. YSA modellerini uygulamak için PM ve MLFN için Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu kullandılar. İran'ın Hamadan eyaletinin Malay bölgesinde yetişen üzüm üretimi için enerji girişi ve verimi arasındaki enerji kullanım kalıpları ve ilişkisi üzerine bir çalışma yapılmış ve enerji girdilerinin verim üzerine etkisini öngörmek için üç ekonometrik model geliştirilmiştir[25]. Sonuçlar kimyasal, gübre ve suyun mahsul üretimi üzerindeki etkisinin %1 olasılık düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir. Khoshnevisan ve ark., İran'ın İsfahan kentinde verim ve sera gazı emisyonlarını tahmin etmek için YSA'ların uygulanmasının on iki giriş değişkenine sahip bir YSA modeli, sekiz nöronlu bir gizli katman ve iki çıkış kullandılar[26]. Taghavifar ve Mardani, İran'ın çeşitli bölgelerinde farklı sıcaklıklara sahip enerji kullanımını ve sera gazı emisyonlarını tahmin etmek için bir YSA modelini inceledi[27]. Başka bir araştırmada Nabavi-Pelesaraei ve ark., kivi unu üretiminin verimini ve sera gazı emisyonlarını tahmin etmek için YSA modelini geliştirmiştir[28]. Elde edilen sonuçlar 12-9-9-2 yapısı YSA modelinin kivi unu üretiminin verim ve sera gazı emisyonlarını öngörmeye en iyi topoloji olduğunu ortaya koydu.

Bu çalışmanın temel amacı, enerji girdilerine dayalı sera salatalık üretiminin enerji endekslerini tahmin etmek için bir YSA modeli uygulamasıdır. Sera salatalık üretiminde enerji tüketimini modellemek için bir takım yeni matematiksel fonksiyonlar önerilmiş olsa da, bu araştırmada ana amaç bir hesaplama yöntemi uygulayarak yüksek doğrusalığı sağlamaktır. Bu nedenle, birçok YSA modeli geliştirilir ve modellerin doğruluğunu tahmin etmek için nitel parametreler kullanılır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2.1. Veri Toplama (Data Collection)

Bu çalışma Türkiye'nin Akdeniz bölgesi Mersin ilinde gerçekleştirildi. Mersin ili Akdeniz bölgesinde, Türkiye'nin güneyinde bulunur. $36^{\circ} 48'N$ ve Kuzey Enlem ve $34^{\circ} 38'$ Doğu Boylamında'dır(Şekil 1). Yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık $19,2^{\circ}C$ 'dir ve yıllık toplam yağış miktarı $592,1$ mm'dir. Yaklaşık % 94'ü Ekim ayından Mayıs ayına kadar düşmektedir[29]. Salatalık üretimi ile ilgili veriler 45 adet sera salatalık üreticilerinden yüz yüze anket yapılarak toplanmıştır.



Şekil 1. Çalışma bölgesi konumu-Mersin ili haritası(Study region location-Mersin province map) [30].

Örnekleme büyüklüğü takip denklemi kullanılarak hesaplanmıştır[31]. Mersin ilinde 2018 yılında kayıtlı toplam çiftçi sayısı 35039'dur[32]. Örneklemede çiftçi sayısını belirlemek için Neyman yöntemi uygulandı[33].

$$n = \frac{N \times S^2}{(N-1)S_x^2 + S^2} \quad (1)$$

Burada n gerekli örnek büyüklüğü, N popülasyon volümü, S standart sapma, S_x örnek ortalamasının standart sapmasıdır ($S_x = d / z$): z güvenirlilik katsayısı, d örnek büyüklüğündeki izin verilen hata eşitliğe(1) dayanarak üretim sistemleri için incelenen örneklerin sayısı için izin verilen hata(d) % 5 olarak tanımlandı ve % 95 güvenirlilik için(z): örnekleme büyüklüğü hesaplandı. İlk olarak, her sera üretimi için en yaygın üretim sistemleri belirlendi ve daha sonra, sistemlerden gelen tüm girdiler ve çıktılar belirlendi ve sayısallaştırıldı ve daha sonra enerji birimlerine dönüştürüldü.

2.2. Enerji Endeksleri Hesaplama (Calculating Energy Indices)

Tarımsal sistemin enerji verimliliği çıktı ve girdi arasındaki enerji oranı ile değerlendirilmiştir. Enerji oranını tahmin etmek için insan emeği, makine, mazot, azot, fosfat, potasyum, biyositler, elektrik ve sulama miktarlarını içeren kimyasal gübreler ile salatalık mahsullerinin verim değerleri kullanılmıştır. Çizelge 1'de gösterilen enerji eşdeğerleri tahmin için kullanılmıştır.

Girdi ve çıktılardan enerji eşdeğerlerine dayanarak (Çizelge 1): enerji endeksleri enerji oranı veya enerji kullanım verimliliği, enerji verimliliği, spesifik enerji ve net enerji şöyle hesaplandı[43]:

$$\text{Enerji oranı} = \frac{\text{Çıkan enerji (MJha}^{-1}\text{)}}{\text{Toplam giren enerji (MJha}^{-1}\text{)}} \quad (2)$$

Çizelge 1. Tarımsal üretimde farklı girdiler ve çıktılar için enerji eşdeğerleri (Energy equivalents for different inputs and outputs in agricultural production)

Parametreler	Birim	Enerji eşdeğeri (MJ unit ⁻¹)	Kaynak
A. Girdiler			
1. İşçilik	h	1,96	[34]
2. Makine	h	64,80	[35]
3. Motorin	l	47,80	[36]
4. Kimyasal gübreler			
(a) Azot (N)	kg	66,14	[37]
(b) Fosfat (P ₂)	kg	11,10	[38]
(c) Potasyum (K)	kg	11,15	[37]
5. Biosit	kg	120	[39]
6. Elektrik	kWh	11,93	[40]
7. Sulama	m ³	1,02	[41]
B. Çıktılar			
1. Salatalık ürünü	kg	0,80	[42]

$$\text{Enerji Verimliliği} = \frac{\text{Çıkan Ürün (Kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{Giren Enerji (MJ ha}^{-1}\text{)}} \quad (3)$$

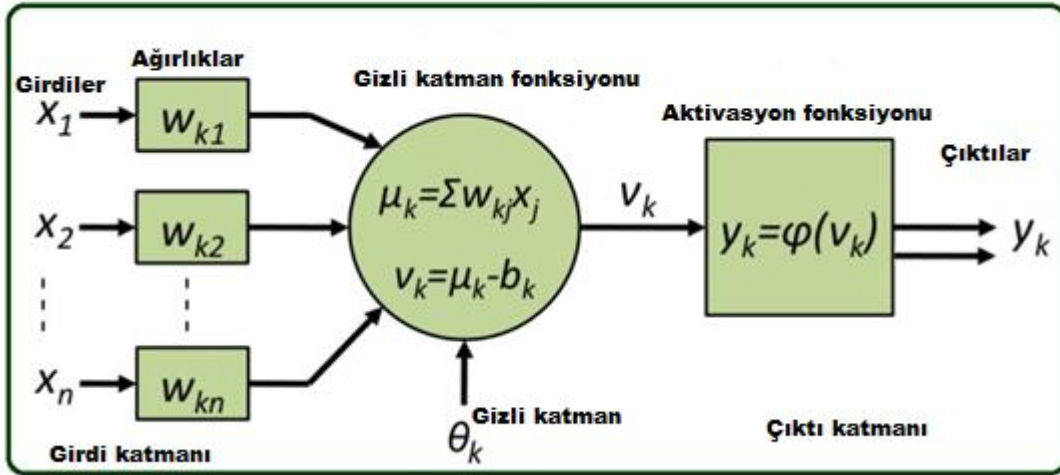
$$\text{Özgül enerji} = \frac{\text{Toplam Giren Enerji (MJ ha}^{-1}\text{)}}{\text{Sera salatalık ürünü (kg . ha}^{-1}\text{)}} \quad (4)$$

$$\text{Enerji yoğunluğu} = \frac{\text{Giren Enerji (MJ ha}^{-1}\text{)}}{\text{Ürün maliyeti (\$ ha}^{-1}\text{)}} \quad (5)$$

$$\text{Net Enerji} = \text{Çıkan E. (MJ ha}^{-1}\text{)} - \text{Toplam Giren E. (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (6)$$

2.3. YSA Modellemesi (ANN Modelling)

YSA karmaşık ve doğrusal olmayan hesapları kolaylıkla ve hızlı bir biçimde yapabilir. Algoritmik olmayan ve çok yoğun paralel işlem yapabilen YSA, ayrıca öğrenme kabiliyeti ve paralel dağıtılmış hafıza ile de hesaplamada yeni bakış açılarına sebep olmuştur. Girdi katman nöronları girdi bilgilerini alır bağlantılar vasıtasıyla bir sonraki bilgi işleme tabakası elemanlarına iletir. Bu işlem çıktı tabakasına ulaşıncaya kadar devam eder. Bu tür bilgi akışının bir yönde ilerlemesiyle oluşan ağ ileri beslemeli ağ olarak bilinir. Tipik bir YSA modeli Şekil 2'de gösterilmiştir. YSA modelleri bir veya birden fazla giriş parametrelili, bir veya birden fazla çıkış parametrelili olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 2. Yapay sinir ağı modeli (Artificial neural network model) [44]

YSA, biyolojik sinir sistemine benzeyen bilgi işlem paradigmasıdır. Bu paradigmanın kilit unsuru, bilginin yeni yapısıdır. Spesifik problemleri çözmek için işlem sistemi çok sayıda birbirine bağlı işlem elemanından (nöronlar) oluşur. Son yıllarda YSA ile ilgili yapılan çalışmalarda büyük bir artış söz konusudur [45]. İnsan emeği, makine, mazot, azot, fosfat, potasyum, biyositler, sulama ve elektrik geliştirilen modelin girdileri olarak seçildi. Sera salatalık verimi ise, sadece modelin çıktısı olarak seçildi. Bu çalışmada YSA modeli sırasıyla 34 ve 11 birim (sera) eğitim ve test için kullanılmıştır. Seçilen birimler tüm örneklerden rasgele bir biçimde elde edildi. YSA'da en iyi tahmin modelini belirlemek için deneysel veriler değerlendirilerek seçilen birkaç yapı vardır. Giriş ve çıkış katmanı için giriş sayısına ve sera salatalık üretimi için çıktılara göre nöron sayısı belirlendi. Ayrıca, YSA modellemesi için en iyi sonuçlara göre birden fazla gizli katman modellemesi önerilmektedir. Bu çalışmada, Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması eğitim için kullanılmıştır. YSA için Levenberg-Marquardt algoritması en yaygın kullanılan optimizasyon algoritmasıdır. Çok çeşitli problemlerde basit gradyan kökenli yöntemler diğer eşlenik gradyan yöntemlerinden daha iyi performans gösterir [46]. Giriş ve çıkış katmanları gizli bir katmanla bağlanır. YSA yapısı genellikle bir giriş nöronları katmanı, bir de çıkış nöronları katmanı ve bir veya daha fazla gizli katmanlardan oluşur [26]. Giriş katmanları ve gizli katmanlar arasındaki tüm bağlantılar giriş ağırlığı matrisini, bütün gizli katmanlar arasındaki çıktı katmanları ise çıktı ağırlığı matrisini oluşturur. Ağırlık (w) yayılma değerini (x) ve çıktıyı (O) kontrol eden her düğümdeki değeri, Eşitlik (7) göre gelen değer kullanılarak değiştirilir [47]:

$$O = f(T + \sum W_i X_i) \quad (7)$$

Buradaki T , her düğüm için belirli bir eşik (bias) değeridir. f doğrusal olmayan bir sigmoid fonksiyonudur. Hata, eğitim ve test süreçleri sonunda; farklılıklara dayalı olarak hedefli ve hesaplanmış çıktılar arasından bulundu. Hata fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir [48]:

$$E = \frac{1}{p} \sum_p \sum_k (y_{pk} - y'_{pk})^2 \quad (8)$$

p , p vektörlerinin p eğitim çiftlerinin endeksidir, k , çıktıdaki vektör, elementin indeksidir. " y'_{pk} ", p deseninin giriş olarak sunulması durumunda ağı, çıkış vektörünün k . ögesidir. ve " y_{pk} ", istenen p . desen vektörünün k . ögesidir.

Bu çalışmada hataların değerlendirilmesi için, belirleme katsayısı (R^2): ortalama karesel hata (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAPE) fonksiyonları kullanılmıştır. Her bir model eğitim veri seti ile eğitilerek test veri seti ile test edilmiş ve Karesel Hataların Ortalamasının Karekökü (RMSE) ölçütü 9. eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır [49]. İstatistiksel endeksler için kullanılan en iyi değerlendirmeler den biri olan karesel hatalar ortalamasının karekökü (RMSE) yanında R^2 tahmin değeri de 10. eşitlik ile bulunmuştur. İlgili eşitlikler ise;

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y'_i)^2}{N}} \quad (9)$$

R^2 eşitliğine göre; m test edilen verilerin sayısı, O_i yapay sinir ağında tahmin edilen veriler, y_i hesaplanan veri miktarıdır [50].

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})(O_i - \bar{O}) \right]^2}{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^m (O_i - \bar{O})^2} \quad (10)$$

\bar{y} hesaplanan veri miktarı (y_i)'nin ortalaması ve \bar{O} yapay sinir ağında tahmin edilen veri miktarlarının (O_i) ortalamasıdır. Bunların yanında ortalama mutlak hata (MAPE) değerleri hesaplanmıştır [51].

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - y_i'| \quad (11)$$

N, eğitim vektörlerinin sayısını belirtir; eğitim vektörü için çıktı sırasıyla “ y_{pk} ” ve “ y'_{pk} ” gözlemlenen ve tahmin edilen değerleri belirtir. Bu çalışmada, elektronik tablolar enerji tüketim modellerini enerji endekslerine göre analiz etmekte; sera salatalık üretiminde girdi ve çıktılar hakkında temel bilgiler; YSA modelini gerçekleştirmek için, Excel 2016 ve Matlab(R2012a) yazılım paketine kodlanmıştır. Bu çalışmada 45 adet salatalık üretimi yapılan seradan elde edilen 622 adet verinin analizi göz önüne alınmıştır. Çalışmada kullanılan veriler yapay sinir ağları modelinde tahmini yapılmasını da eğitim ve test setlerini oluşturmak üzere iki gruba ayrılmıştır. 412 adet veri eğitim seti, geriye kalan 210 adet veri seti ise programın gerçek değerlere yaklaşım performansının değerlendirilmesinde test seti olarak kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Enerji Analizi (Energy Analysis)

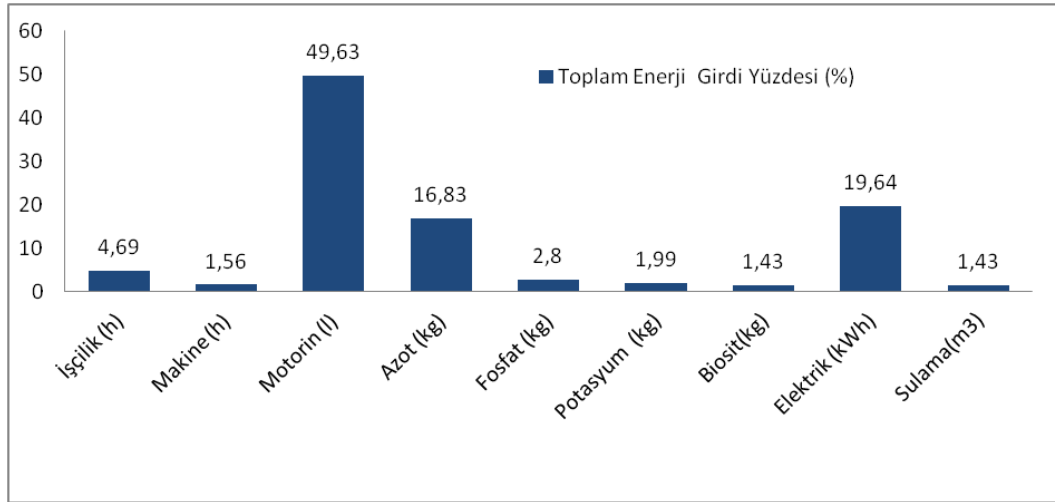
Çizelge 2 sera salatalık üretim sisteminde kullanılan enerji girdi-çıkışı ilişkisini göstermektedir. Sonuçlar sera salatalık üretiminde hektar başına 3007,14 saat insan emeği gerektiğini ortaya çıkardı. Seralarda insan emeğinin büyük çoğunluğunu hasat ve ulaşım işlemleri oluşturmaktadır. Sera ortamının iyileştirilmesi için ısıtma amacıyla sera salatalık üretim sisteminde dizel yakıtı kullanıldı. Sera salatalık üretim sisteminde 1304,10 L dizel yakıt tüketildi. Isıtma sistemi verimliliğinin artırılması amacıyla dizel yakıt yerine doğal gaz, güneş enerjisi vb. alternatif enerji kaynakları ile değiştirilebilir. Sera salatalık yetiştiriciliği için kullanılan azot, biosit ve elektrik miktarı sırasıyla; 319,61 kg ha⁻¹, 15 kg ha⁻¹ ve 2068,27 kWh ha⁻¹'dir. İncelenen alanda sera salatalık yetiştiriciliği sürecinde uygulanan diğer girdiler Çizelge 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. Serada salatalık üretim sisteminde enerji girdi-çıkışı ilişkisi (Energy input-output relationship in cucumber production system in greenhouse)

	Birim alan başına miktar (ha)	Toplam enerji eşdeğeri (MJ)
Girdiler		
İşçilik (h)	3007,14	5894
Makine (h)	30,30	1963,636364
Motorin (l)	1304,10	62336,19403
Azot (kg)	319,61	21139,20
Fosfat (kg)	316,56	3513,798701
Potasyum (kg)	224,11	2498,79
Biosit (kg)	15,00	1800
Elektrik (kWh)	2068,27	24674,4611
Sulama(m ³)	1757,28	1792,430464
Toplam enerji tüketimi(MJ)		125612,51
Çıktılar		
Salatalık ürünü (kg)	91600,40	73280,32

Son sütun, her girdinin enerji içeriğini vermektedir. Salatalık üretimi sırasında sera faaliyetlerinde kullanılan toplam enerji girişi 125612,51 MJ ha⁻¹; enerji çıkışı ise 73280,32 MJ ha⁻¹ olarak hesaplandı. Benzer bir çalışmada ise sera domatesleri, salatalık, patlıcan ve biber üretimi için toplam enerji girdilerinin sırasıyla 127324.9, 134771.3, 98682.5 ve 80253.4 MJ ha⁻¹ olduğu bildirilmiştir[52]. Mohammadi ve Omid, İran'ın Tahran bölgesindeki sera salatalık üretimi için toplam enerji girdilerini 148836.76 MJ ha⁻¹ olarak hesapladı[53]. Şekil 3'te gösterilen sonuçlara göre, sera salatalık üretiminde enerji tüketiminin %49,63'ünü dizel yakıtı, % 21,62'sini

kimyasal gübreler, %19,64'ünü elektrik, %4,69'unu insan emeği, % 1,43'ünü biositler, %1,56'ünü makine ve %1,43'ü ise sulamadan oluşmaktadır. Heidari ve Omid, İran'ın Tahran ilinde yaptıkları çalışmada; sera salatalık üretiminde dizel yakıtın(%54.17) kullanılmasının toplam enerji tüketiminde en yüksek paya sahip olduğu bildirildi[54]. Bu nedenle, salatalık üretimi sırasında sera faaliyetlerinde toplam enerji girişinde dizel yakıtın tüketiminin (%49,63) enerji girişinin en yüksek kısmını oluşturması, Heidari ve Omid'in sera salatalık üretimi için hesapladığı sonuçlarla da doğrulanmaktadır[54].



Şekil 3. Sera salatalık üretiminde girdilerin toplam enerji kullanımına katkısı(Contribution of inputs in total energy use of greenhouse cucumber production)

Sera salatalık üretiminin enerji oranı, enerji verimliliği, özgül enerji, net enerji ve enerji yoğunluğu Çizelge 3'te görülmektedir. Enerji oranı (enerji kullanım etkinliği) 0,58 olarak hesaplandı. Buda bize sera salatalık üretiminde enerjinin verimli olarak kullanıldığını göstermektedir. Ayrıca bitkisel verimi yükselterek veya enerji girdi tüketimini azaltarak enerji oranının daha da artırılacağı sonucuna varılmıştır. Net enerji, - 52332,19 MJ ha⁻¹ ile negatif değer olarak hesaplandı.

Çizelge 3. Sera sistemlerinde salatalık üretim enerji endeksleri(Results of energy indices in greenhouse cucumber production)

Enerji endeksleri	Birim	Miktar
Enerji oranı	-	0,58
Enerji yoğunluğu	MJ \$ ⁻¹	3,22
Özgül enerji	MJ kg ⁻¹	1,37
Enerji verimliliği	kg MJ ⁻¹	0,73
Net enerji	MJ ha ⁻¹	-52332,19

3.2. YSA Model Yapısı Ve Sonuçları (ANN Model Structure And Results)

Sera salatalık üretiminin enerji endekslerinin miktarını tahmin etmek, en iyi modeli sağlamak için, bu ağlar, farklı sayıdaki gizli katman ve nöronlar, öğrenme parametreleri, aktivasyon fonksiyonlarının tipleri ve ağ mimarileri temelinde yürütülmektedir. Çizelge 4'te görüldüğü gibi, sera salatalık üretiminin enerji endekslerinin miktarını tahmin etmek ve YSA modellerini değerlendirmek için istatistiksel göstergeler kullanılmıştır.

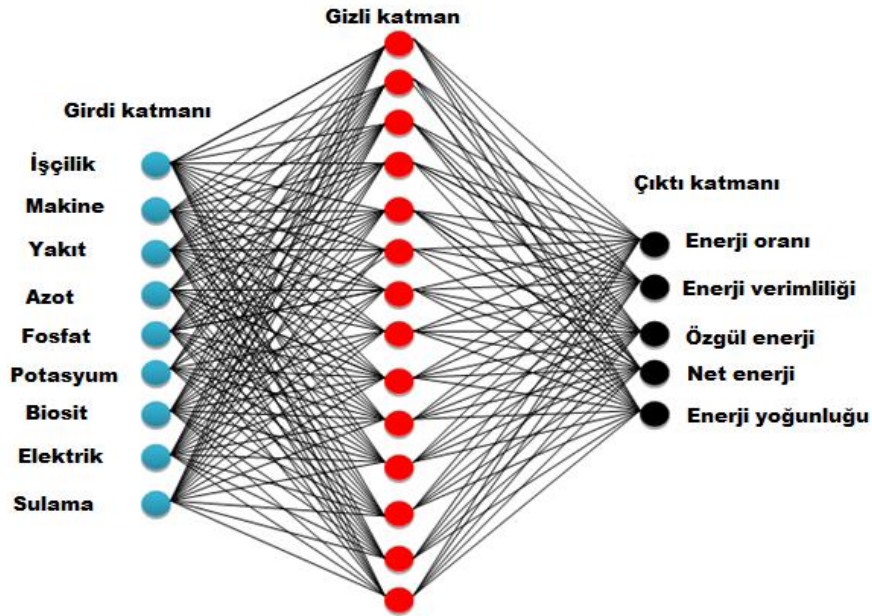
Çizelge 4. YSA kullanarak, sera salatalık üretiminin enerji endekslerinin farklı modellerle tahmin edilmesi(Using ANN, estimating the energy indices of greenhouse cucumber production with different models)

Topolojiler	Model kategoriler	İstatistik endeksleri	Çıktı katmanı				
			Enerji oranı	Enerji verimliliği	Özgül enerji	Net enerji	Enerji yoğunluğu
9-14-5 (Eniyi)	Eğitim	R ²	0,991	0,933	0,967	0,939	0,944
		RMSE	0,147	0,253	0,284	0,314	0,189
		MAPE	0,017	0,019	0,016	0,011	0,021
	Test	R ²	0,952	0,912	0,947	0,913	0,969
		RMSE	0,188	0,214	0,151	0,269	0,227
		MAPE	0,019	0,008	0,011	0,006	0,015
		R ²	0,928	0,898	0,847	0,836	0,736

9-11-5	Eğitim	RMSE	0,221	0,156	0,214	0,148	0,152
		MAPE	0,013	0,011	0,009	0,008	0,019
		R ²	0,949	0,829	0,817	0,791	0,759
	Test	RMSE	0,254	0,262	0,219	0,296	0,181
		MAPE	0,007	0,006	0,017	0,021	0,07
		R ²	0,879	0,855	0,831	0,815	0,771
9-10-5	Eğitim	RMSE	0,177	0,139	0,148	0,204	0,184
		MAPE	0,015	0,011	0,008	0,006	0,003
		R ²	0,898	0,796	0,839	0,779	0,88
	Test	RMSE	0,113	0,167	0,225	0,148	0,224
		MAPE	0,017	0,008	0,019	0,003	0,012
		R ²	0,879	0,855	0,831	0,815	0,771

Deneme ve hata işleminden sonra, 9 düğümlü bir giriş katmanı, her biri 14 düğümlü bir gizli katman ve 5 düğümlü bir çıkış katmanı (9-14-5) içeren bir YSA modeli ile en iyi performans, istatistiksel göstergelerle

elde ediliyor. Seçilen YSA'nın yapısı Şekil 4'te gösterilmektedir. R² miktarı eğitim verileri için 0,933 ile 0,991 ve test verileri için ise 0,912 ile 0,969 arasında değişmektedir.



Şekil 4. Sera salatalık üretiminde YSA modelinin 9-14-5 yapısının şematik diyagramı (Schematic diagram of 9-14-5 structure of ANN model)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma, Türkiye'nin Akdeniz bölgesi Mersin ilindeki sera salatalık üretiminin enerji endekslerini analiz etmeyi ve ekim sırasında enerji girdilerinin tüketimine dayanarak tahmin edilmesine yönelik YSA modelinin değerlendirilmesini amaçladı. Analizler, enerji girişi ve çıkışı, verim, enerji oranı, enerji verimliliği, spesifik enerji ve net enerji açısından yapıldı. Çalışma bölgesinde sera salatalık üretimi için 125612,51 MJ ha⁻¹'in toplam girdi enerjisi elde edildi. Dizel yakıt, %49'dan fazla olan toplam enerji kullanımında en yüksek paya sahip oldu. Ayrıca, sera salatalık üretiminde enerji kullanım düzeyinin yüksek verimliliğini gösteren 0,58 enerji oranı

değeri YSA kullanımının başarılı olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, enerji kullanımını modellemek için birçok YSA geliştirildi ve en iyi yapı, tüm enerji endekslerinde yüksek R² oranına sahip (0,933 ile 0,991) 9-14-5 yapı olarak elde edildi. İyi eğitilmiş bir YSA'nın kayda değer tahmin kabiliyeti sayesinde, diğer ürünler ve diğer çalışma bölgeleri için geniş çapta uygulanabileceği sonucuna varılmıştır. Enerji kullanım etkinliği analiz sonuçlarına göre, YSA modelinin seralarda salatalık yetiştiriciliğinin enerji endekslerini yüksek doğrulukla modelleyebilmesi açısından avantajlı olduğu belirlenmiştir. Enerji kullanım etkinliği endeksi, sera salatalık üretiminin bir enerji kullanım süreci olduğunu göstermektedir. Enerji üretimi açısından; daha

az enerji girdisi kullanmak (daha az dizel yakıt, doğal gaz kullanımı ve elektrik tasarrufu ile enerji girdilerinin azaltılması için çeşitli yöntemler önerilebilir) ile işletme verimliliği de artırılabilir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Kurtar E.S., Balkaya A., Göçmen M., Karaağaç O., “Hıyara (Cucumis sativus L.) anaç olabilecek kabak (Cucurbita spp.) genotiplerinde ışınlanmış polen tekniği ile dihaploidizasyon”, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(1): 34-41, (2017).
- [2] Li X.Z., Chen S.X., “ Screening and Identification of Cucumber Germplasm and Rootstock Resistance against the Root - Knot Nematode (Meloidogyne incognita)”, *Genetics and Molecular Research*, 16(2): gmr16029383, (2017).
- [3] Anonymous, 2017a., “<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>” (Erişim tarihi: 25.04.2017)
- [4] Pishgar-Komleh S.H., Omid M., Heidari M.D., “ On the Study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province”. *Energy*, 59: 63–71, (2013).
- [5] Taki M., Yıldızhan H., “ Evaluation the sustainable Energy applications for fruit and vegetable productions processes; case study”, *Greenhouse cucumber production. Journal of Cleaner Production*, 199: 164–172, (2018).
- [6] Rohani A., Taki M., Abdollahpour M.A.. “ Novel soft computing model (Gaussian process regression with K-fold cross validation) for daily and monthly solar radiation forecasting (Part: I)”, *Renewable Energy*, 115 :411–422, 2018.
- [7] Anonymous, “Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı (Antalya-Isparta-Burdur) Antalya’da Tarım Sektörünün Sorunları ve Çözüm Önerileri Çalıştayı”, *Örtüaltı Sebzeçilik Alt Sektörü, Çalışma Grubu Raporu*, (2010).
- [8] Sevgican A.Y., Tüzel, A., Gül, R.Z., “Türkiye’de Örtüaltı Yetistireciliği Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi”, 2: 679-707, (2000).
- [9] Anonymous, 2017b. , <http://bahcebitkileri.cu.edu.tr/upload/nturemis/turkiyeortalti.pdf> (Erişim tarihi : 15.09.2017).
- [10] Öztemel E., “Yapay Sinir ağları”, *Papatya Yayınları 3. Baskı*, (2012).
- [11] Safa M., Samarasinghe S., “ Determination and modelling of energy consumption in wheat production using neural networks: A case study in canterbury province, Newzealand”, *Energy*, 36 : 5140 - 5147, (2011).
- [12] Haykin S., “ Neural Networks, A Comprehensive Foundation”, Macmillan College Publishing Company, Inc., New Jersey. , (1994).
- [13] Özcalık H.R., Kucuktufekci A., “ Dinamik Sistemlerin Yapay Sinir Ağları ile Düz ve T ers Modellenmesi”, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1): 26-35, (2003).
- [14] Yazdani M., Saghafian B., Mahdian M., Soltani S., “Monthly runoff estimation using artificial neural Networks”, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11: 335–362, (2009).
- [15] Farjam A., Omid M., Akaram A., Fazel Niari Z., “ A neural network based modeling and sensitivity analysis of energy inputs for predicting seed and grain corn yields”, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 767–778, (2014).
- [16] Gezer I., Acaroglu M., Haciseferogullari H., “ Use of energy and labor in apricot agriculture in Turkey”, *Bioenergy* , 24(3): 215-219, (2003).
- [17] Mohammadi A., Rafiee S., Mohtasebi S.S., Mousavi-Avval S. H., Rafiee H., “ Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran”, *Renew. Energy*, 35, 10711075, (2010).
- [18] Rahman M. M., Bala B. K., “ Modelling of jute production using artificial neural networks”, *Biosys. Eng.*, 105(3): 350-356, (2010).
- [19] Tabatabaie S.M.H., Rafiee S., Keyhani A., Ebrahimi A., “Energy and economic assessment of prune production in Tehran province of Iran”, *J. Clean. Prod.*, 39: 280-284, (2013).
- [20] Khoshnevisan B., Rafiee B., Omid M., Mousazadeh H., “Prognostication of environmental indices in potato production using artificial neural networks”, *J. Clean. Prod.* 52: 402-409, (2013).
- [21] Ozkan B., Fert C., Karadeniz C.F., “ Energy and cost analysis for greenhouse and open - field grape Production”, *Energy*, 32 : 1500 – 1504, (2007).
- [22] Zangeneh M., Omid M., Akram A., “Assessment of machinery energy ratio in potato production by means of artificial neural network”, *African Journal of Agricultural Research*, 5: 993–998, (2010).
- [23] Houshyar E., Sheikh Davoodi M., Bahrami H., Kiani S., Houshyar M., “ Energy use forecasting for wheat production utilizing artificial neural network”, *Word Applied Science Journal*, 10: 958–962, (2010).
- [24] Zangeneh M., Omid M., Akram A., “ A comparative study between parametric and artificial neural networks approaches for economical assessment of potato

- production in Iran”, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 3: 661–671, (2011).
- [25] Hamedani S.R., Keyhani A., Alimardani R., “Energy use patterns and econometric models of grape production in Hamadan province of Iran”, *Energy*, 36: 6345–6351, (2011).
- [26] Khoshnevisan B., Rafiee S., Omid M., Yousefi M., Movahedi M. “Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks”. *Energy*, 52: 333–338, (2013b).
- [27] Taghavifar H., Mardani A., “Prognostication of energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions analysis of apple production in West Azarbayjan of Iran using Artificial Neural Network”, *Journal of Cleaner Production*, 87: 159–167, (2015).
- [28] Nabavi-Pelesaraei A., Abdi R., Rafiee S., “ Neural network modeling of energy use and greenhouse gas emissions of watermelon production systems”, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15 : 38–47, (2016a).
- [29] MGM., “T.C. Tarım O rman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü ”, <https://www.mgm.gov.tr/?il=Mersin>, (2017).
- [30] Anonymous, <https://www.turkiye-rehberi.net/mersin-haritasi.asp>, (2018).
- [31] Newbold P., “Statistics for business and economics”, *Prentice-Hall, Inc.*, (1994).
- [32] TİGEM., “T.C. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü”, <https://www.tigem.gov.tr/Anasayfa/IndexTR>, (2018).
- [33] Yamane T., “Elementary sampling theory”, *Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall;*, 405, (1967).
- [34] Omid-Arjenaki O., Ebrahimi R., Ghanbarian D., “Analysis of energy input and output for honey production in Iran (2012–2013)”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59: 952–957, (2016).
- [35] Singh H., Mishra D., Nahar N.M., “Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid Zone India-Part I.”, *Energy Convers Manage*, 43(16): 2275–2286, (2002).
- [36] Canakcı M., Akıncı I., “Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production”, *Energy*; 31: 1243–1256, (2006).
- [37] Nabavi - Pelesaraei A., Rafiee S., Mohtasebi S. S., Hosseinzadeh - Bandbafha H., Chau K., “ Energy consumption enhancement and environmental life cycle assessment in paddy production using optimization techniques”, *Journal of Cleaner Production*, 162: 571–586, (2017).
- [38] Mani I., Kumar P., Panwar J.S., Kant K., “Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in Hilly Regions of Himachal Pradesh, India”, *Energy*, 32: 2336–2339, (2007)
- [39] Hosseinzadeh-Bandbafha H, Nabavi-Pelesaraei A, Khanali M, Ghahderijani M, Chau K-W., “Application of data envelopment analysis approach for optimization of energy use and reduction of greenhouse gas emission in peanut production of Iran”, *Journal of Cleaner Production*, 172: 1327–1335, (2018).
- [40] Nabavi-Pelesaraei A, Rafiee S, Saeid Mohtasebi S, Hosseinzadeh-Bandbafha H, Chau K-W., “Assessment of optimized pattern in milling factories of rice production based on energy, environmental and economic objectives”, *Energy*, 169: 1259–1273, (2019).
- [41] Rafiee S., Mousavi-Avval S. H., Mohammadi A., “Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran”, *Energy*, 35: 3301–3306, (2010).
- [42] Taki M., Ajabshirchi Y., Mobtaker H. G., Abdi R., “Energy consumption, input-output relationship and cost analysis for greenhouse productions in Esfahan province of Iran ”, *American Journal of Experimental Agriculture*, 2(3): 485–501, (2012).
- [43] Nabavi-Pelesaraei A., Abdi R., Rafiee S., Shamshirband S., Yousefinejad - Ostadkelayeh M., “ Resource management in cropping systems using artificial intelligence techniques: a case study of orange orchards in north of Iran”, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30: 413–427, (2016).
- [44] Anonymous, <https://www.ardamavi.com/2017/07/sinir-aglari.html>, (2019).
- [45] Pahlavan R., Omid M., Akram A., “Energy input–output analysis and application of artificial neural networks for predicting greenhouse basil production”, *Energy*, 37: 171–176, (2012).
- [46] Ranganathan A., “ The Levenberg - Marquardt Algorithm”, http://www.ananth.in/Notes_files/lmtut.pdf, (2004).
- [47] Zhao Z., Chow T.L., Rees H.W., Yang Q., Xing Z., Meng F.R., “ Predict soil texture distributions using an artificial neural network model ”, *Comput. Electron. Agric.*, 65(1): 36–48, (2009).
- [48] Deh Kiani, M.K., Ghobadian B., Tavakoli T., Nikbakht A. M., Najafi G., “ Application of artificial neural networks for the prediction of performance and exhaust emissions in SI engine using ethanol-gasoline blends”, *Energy*, 35(1): 65–69, (2010).
- [49] Landeras G., Ortiz - Barredo A., Lopez J. J., “Comparison of Artificial Neural Network Models and Empirical and Semi-Empirical Equations For Daily Reference Evapotranspiration Estimation in

- the Basque Country (Northern Spain)", *Agricultural Water Management*, 95: 553-565, (2008).
- [50] Traore S., Wang Y.M., Kerh T., "Artificial Neural Network for Modeling Reference Evapotranspiration Complex Process in Sudano-Sahelian Zone", *Agricultural Water Management, AGWAT-294*; No of Page 8., (2010).
- [51] Trejo-Perea M., Herrera-Ruiz G., Ríos - Moreno J., Miranda R.C., Rivas-Arazia E., "Greenhouse Energy Consumption Prediction using Neural Networks Models", *Int. J. Agric. Biol., Mexico*, 11(1): (2009).
- [52] Özkan B., Kurklu A., Akcaoz H., "An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: A case study for Antalya region of Turkey", *Biomass and Bioenergy*, 26(1): 89-95, (2004).
- [53] Mohammadi A., Omid M., "Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran", *Applied Energy*, 87: 191-196, (2009).
- [54] Heidari M.D., Omid M., "Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran", *Energy*, 36: 220-225, (2011).