

## Seralarda Isıtma Miktarının Yumuşak Hesaplama Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi

Özlem ALPAY<sup>1</sup>, Ebubekir ERDEM<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ

<sup>1</sup>oalpay@firat.edu.tr, <sup>2</sup>aberdem@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 16.03.2018; Kabul/Accepted: 19.05.2018)

### Özet

Bu çalışmada, Elazığ ilinde bulunan bir seranın iklim koşulları dikkate alınarak seranın ısıtma ihtiyacı yumuşak hesaplama teknikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Sera yetiştiriciliğinde ısıtma giderleri üretim maliyetleri içerisinde en önemli unsurdur. Bu nedenle, seralarda ısı ihtiyaçlarının doğru bir şekilde hesaplanması üretim maliyetlerinin düşürülmesi açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada, sera içi ısı gereksinimi yapay sinir ağları, bulanık mantık ve ısı kayıp-kazanç yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken ortamın sıcaklığı, nemi, yetiştirilen ürünün özellikleri, seranın bulunduğu bölge, kullanılan malzemeler, gibi faktörler göz önüne alınmıştır. Araştırma sonucunda bulanık mantık ve yapay sinir ağları modelleri kullanılarak ısıtılan seralar, geleneksel yöntem ile ısıtılan seralardan daha düşük miktarda ısı enerjisi ile çalışmaktadır. Yöntemler genel olarak karşılaştırıldığında yapay sinir ağları modeli ile bulanık mantık yöntemi geleneksel ısı kayıp-kazanç yöntemine göre yaklaşık %20 daha az enerji tüketerek seranın ısıtılmasında kullanıcıya ekonomik açıdan avantaj sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Seralar, Isı Gereksinimi, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Isı Kayıp-Kazanç

## The Determination of Greenhouse Heating Amount by Using Soft Computing Techniques

### Abstract

In this study, the heating requirement of the greenhouse considering the climatic conditions of a greenhouse in Elazığ Province was calculated using soft calculation techniques. Heating costs in greenhouse cultivation are the most important factors in production costs. Therefore, the correctly calculation of heat requirements in greenhouses is extremely important in terms of reducing production costs. In this study, the internal heat requirement of the greenhouse was calculated using artificial neural networks, fuzzy logic and heat loss-gain methods. During these calculations, the temperature of the environment, humidity, characteristics of the product grown, the area where the greenhouse is located, materials used, etc. were taken into consideration. As a result of the research, the greenhouses prepared by using fuzzy logic and artificial neural network models work with heat energy in a lower amount than greenhouses which are heated by traditional method. In comparison with the methods in general, the fuzzy logic technique with the artificial neural network model consumes approximately 20% less energy than the heat loss-gain method which affords the user an economic advantage in heating the greenhouse.

**Keywords :** Greenhouses, Heat Requirement, Artificial Neural Networks, Fuzzy Logic, Heat Loss-Gain

### 1. Giriş

Bitkiler için uygun yetiştirme koşullarının olmadığı alanlarda, üretim ve gelişme şartlarının yapay bir şekilde oluşturulduğu ortamlara sera denir. Seracılık bitki, sebze ve meyvelerin yetiştirilmesini sınırlandıran nedenleri ortadan kaldırdığı için sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Modern bir sera sistemi gerek kurulumu gerekse

kurulum sonrası sürecinde tarım ve biyosistem gibi ürüne yönelik disiplinler ile inşaat yapıları, makine, elektrik elektronik ve bilgisayar gibi seranın çalışma şekline yönelik birden fazla alandan faydalanır.

Günümüz seralarında sensörler, kablolu veya kablosuz haberleşme teknolojileri etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bunların kullanılması etkin bir işletme ortamı oluşturarak

enerji, su, gübre ve zaman gibi çeşitli faktörler üzerinde bir tasarruf sağlayabilmeyi amaçlamaktadır.

Yelmen ve Çakır [1] çalışmalarında, yapay sinir ağlarını kullanarak Mersin il ve ilçelerine ait seralar için birim alanda gerekli olan ısıtma gereksinimlerini analiz etmişlerdir. Yapılan çalışmada, Mersin ilinde bulunan seralarda Levenbergh -Marquardt (LM) eğitim algoritmasına göre farklı ağ yapılarında, enlem, boylam, yükseklik ve ortalama sıcaklık verileri kullanılarak seraların ısıtma ihtiyacı tahmini yapılmıştır. Seraların ısıtılmasında, yapay sinir ağlarının kullanılmasının uygun bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır.

Kendirli [2] yaptığı çalışmada, sera tiplerini ve örtü malzemelerinin özelliklerini dikkate alarak yedi serada bir yıl boyunca on araştırmacının yaklaşımları ile seraların ısı ihtiyaçlarının hesaplamalarını yapmışlardır. Araştırma alanında seralarda yıl boyunca üretim yapılabilmesi için Kasım ayından Nisan ayı ortalarına kadar ısıtma yapılması gerektiğini belirlemişlerdir. Seranın tipi ve kullanılan örtü malzemeleri göz önüne alındığında en fazla ısıtma ihtiyacının Polietilen örtülü seralarda olduğunu gözlemlemişlerdir.

Gürdil ve diğ. [3] geliştirdikleri programla, bazı illerde bulunan domates seraları için ısıtma kapasitelerini hesaplamışlardır.

Baytorun ve diğ. [4] çalışmalarında, Türkiye’de seracılığın yaygın bir şekilde yapıldığı ve ısıtma kaynaklarına göre seracılık potansiyelinin olduğu illerin Isıtma Derece-Gün (HDD, High Degree Day) değerleri ile ISIGER-SERA uzman sistemle saatlik iklim değerlerine göre ısı enerjisi gereksinimi hesaplamışlardır.

Zhou ve diğ. [5] ısı depolayan bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Gündüz alınan güneş enerjisini daha sonra iç hava sıcaklığını yükseltmek için plastik bir seraya uygulamışlardır. Bunun için güneş enerjisi depolama ve ısıtma sisteminin tasarımına yardımcı olmak ve sistem performansını değerlendirmek için tek boyutlu bir dinamik model kurmuşlardır. Matlab’da geliştirilen modelin kullanılmasıyla, farklı yüzeylerin ısı kazanımlarının hesaplanması ve saatlerce ısı depolanması yoluyla plastik serada karakteristik sıcaklıkların tarih-saat değişim modelleri elde edilmiştir. Hesaplanan sonuçlar, ölçülen verilerle iyi bir uyum gösterip, yöntemin

geçerli olduğunu ve seraların termal performans analizi ile güneş enerjisi depolama ve ısıtma sisteminin tasarımına uygulanabileceğini göstermişlerdir.

Cemek [6] yaptığı çalışmada, Samsun il ve ilçelerine ait seralar için aylar, enlem, boylam, yükseklik, ortalama sıcaklık verilerini dikkate alarak birim yüzey ve taban alanları için ısıtma gereksinimlerini yapay sinir ağları (YSA) modelini kullanarak belirlemişlerdir. Bu modelde seralarda ısıtma ihtiyacı olan aylar, enlem, boylam, yükseklik ve ortalama sıcaklık giriş verileri olarak; ısıtma ihtiyacı çıkış verisi olarak kullanılmıştır. Samsun ili ve 8 ilçeye ait olan verilerden 7 ilçe eğitim verisi, Samsun merkez ve Bafra ilçesi test verisi olarak kullanılmıştır. Farklı ağ yapılarında LM eğitim algoritması kullanılarak test ettirilen verilerden ortalama %99’un üzerinde tahmin ( $R^2$ ) değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada yapay sinir ağları modeli kullanılarak seraların ısıtma ihtiyacının başarılı bir şekilde tahmin edilmesi sağlanmıştır.

Ayan ve Şenol [7] yapmış oldukları çalışmada, bulanık mantık ve PLC tarafından kontrol edilen, 3G ile uzaktan kontrol edilebilen bir sera otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Sera sistemi kendi kendini kontrol eden bir sistem haline getirilerek sera için gerekli tüm şartları PLC tarafından bulanık mantık kurallarına bağlı olarak kontrol edilebilmiştir. Ayrıca sera sistemine eklenen IP kamera ile istenildiği anda herhangi bir akıllı telefon, tablet veya bilgisayar ile bağlanılarak izlenebilmiştir. Uzaktan erişim imkânı sunan yönlendirici, 3G bağlantı özelliği sayesinde sera otomasyonuna kolayca erişilebilmiş ve tüm sistemin bilgisi kolay bir şekilde alınabilmiştir.

Cossu ve diğ. [8] Yaptıkları çalışma da 960 m<sup>2</sup> boyutunda ki domates ekimi yapılmış seranın sıcaklık ve nem dağılımını fotovoltaik (PV) modüller ile değiştirmişlerdir. PV sistemi, PV sistemi olmayan duruma göre, sera içinde güneş ışınımının kullanılabilirliğini % 64 (yıllık bazda 2684 MJ) oranında azaltmıştır.

Bu çalışmada, giriş bölümünde sera ve seraların ısıtılması ile ilgili yapılan çalışmalar sunulmuştur. İkinci bölümde seracılık ve seraların ısıtma sistemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan bulanık mantık, YSA ve ısı kayıp-kazanç yöntemleri açıklanarak bunların çalışma adımları

detaylı biçimde açıklanmıştır. Dördüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemlerin uygulanması sonucu elde edilen bulgular sunulmuştur. Son bölümde elde edilen sonuçlar yorumlanarak önerilerde bulunulmuştur.

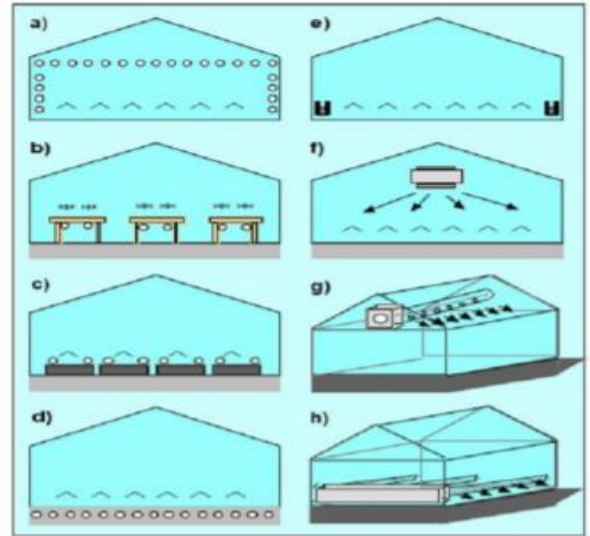
## 2. Sera Sistemleri

Nüfusun beslenme ihtiyacının artması ile gelir düzeyindeki artış, üretimin artmasına bağlıdır. Üretimin artması da sanayileşme ile birlikte tarımdaki gelişmelerle mümkün olmaktadır. Toprak, çevre, su ve hava kirliliğinin artması tarımın gerilemesine ve bunun sonucunda da sağlıksız ve kalitesiz üretimin artmasına neden olmaktadır. Gittikçe büyüyen dünya pazarları ve bunların besin maddelerine olan isteklerinin artması üretimi dış pazarlara yöneltmektedir. Dış pazarlara olan bağımlılığı azaltma, tarımsal üretimin artırma ve geliştirme için önlemler alınmalıdır. Besin üretimi ve enerji yönetiminin birlikte yapılabildiği, iklim koşulları ile kaliteli ve sürekli üretimin gerçekleşebildiği sera işletmeciliği bu önlemlerden biridir [9].

Sera için uygun iklim koşullarının sağlanması seranın yapısına ve serada kullanılan donanımlara bağlıdır. Serada kullanılacak olan donanım seranın büyüklüğüne ve hacmine göre tasarlanır. Isıtma, soğutma, gölgeleme, sulama ve ışıklandırma seranın donanımını oluşturur. Sera yetiştiriciliğinde akla ilk olarak toprak gelir fakat topraktan kaynaklanan birçok problem de mevcuttur. Karşılaşılan bu sorunlar topraksız tarım olarak adlandırılan bir yetiştirme şeklini ortaya çıkarmıştır. Bitkilere gerekli olan su ve besin miktarının köke verilmesi ile topraksız tarım kavramı ortaya çıkmıştır. Sera yetiştiriciliği ve topraksız tarım uygulamalarında seranın ekonomik getirisi ürünün üretim ve maliyet değerlerine bağlı olmasından dolayı beklenen üretimi gerçekleştirmek ve ürünün kalitesini arttırmak için sera içinde kullanılan klima gibi donanımlar rasyonel bir şekilde işletilmelidir. Bunları gerçekleştirebilmek için de sera içlerinde enerji yönetimi, iklim yönetimi ve kök bölgesi yönetiminin hiyerarşik bir şekilde birleşerek oluşturdukları bir model kullanılır. Bir bitkinin gelişimi sadece iklimle veya sadece gübreleme ile sağlanamamaktadır. Kullanılan tüm nitelikler kontrol edilmelidir. Bitkinin beslenmesi ve iklimlendirilmesinin birlikte gerçekleşebildiği uygun koşullar sağlandığında kaliteli bir

yetiştiricilik yapılmış olur. Günümüz seralarının geniş alanlarda ve üretimi de endüstriyel bir seviyede uygulanması gereklidir. Yüksek teknolojik olanaklara sahip olarak hazırlanan seralarda tek çatı altında 10 000 m<sup>2</sup> - 100 000 m<sup>2</sup> alanında 4.5m – 6.5 m yüksekliğinde olacak şekilde oluşturulmalıdır. Seradaki çevresel koşullar, saatlere, mevsimlere bitkilerin büyümelerine bağlı olarak hem yatayda hem de dikeyde sürekli bir değişim gösterir. Aynı seranın her bölgesinde aynı iklim özellikleri görülmez. Bir sera içerisinde birden fazla iklim özellikleri oluşur. Farklı iklimler görülmesinde sera dışı etmenlerin yanında sera içi etmenler de etkilidir. Hava sıcaklığı, bağıl nem, ışık şiddeti ve toprak nemi seraların içinde etkili olan iklimsel faktörlerdir.

Sıcaklık faktörü kontrol altında tutulması gereken en önemli parametredir. Genellikle seralarda yetiştirilen bitkiler ılıman iklim bitkileridir ve ortalama sıcaklık istekleri 17 °C - 27 °C arasındadır. Alt sınır sıcaklık değeri 15 °C üst sınır sıcaklık değeri ise 35 °C'dir. Sıcaklık 15°C'nin altına indiği durumlarda seraların ısıtılması 35 °C'nin üstüne çıktığı durumlarda ise seraların soğutulması gereklidir.



**Şekil 1.** Sera ısıtma sistemleri üstten boru ile ısıtma sistemleri (a), masa altı ısıtma sistemleri (b), alt borulu ısıtma sistemleri (c), toprak ısıtma (d), lateral ısıtma (e), sıcak hava üretici (f), üstten sıcak hava dağıtıcı (g) ve alttan sıcak hava dağıtıcı (h)

Seranın iç sıcaklığı uzun vadede 30 °C - 35°C'yi bulmamalıdır. Havalandırma sisteminde de havalandırma pencereleri ani bir şekilde kontrol edilmemelidir. Ani değişimler bitkiler

üzerinde strese yol açmaktadır. Seranın ısıtılması bitkilerin yetiştirilme şekline, ürünlerin desenlerine ve iklim koşullarına göre farklı ısıtma yöntemleri uygulanarak gerçekleştirilir. Seralarda kullanılan ısıtma sistemleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Isıtma günümüz koşullarında teknik bir sorun değildir, ancak sorun ekonomik ısıtma yönteminin kullanılması veya kullanılmamasıdır. Enerji kullanımının artmasına bağlı olarak artan enerji fiyatları sera yetiştiriciliğinde yapısal değişimler yapmaya, otomasyon ve kontrol teknolojisinin kullanımını gerektirmiştir. Üreticiler kısa ve uzun dönem maliyetlerini kontrol etmelidir. Seranın sıcaklık dağılımları üç yönlü valf kullanılarak uniform bir şekilde olmalıdır. Seraların ısıtma donanımı genellikle seranın iç ve dış neminin eşitlendiği sonbahar ve kış ayları için önemli olmaktadır. Seralardaki artan nem değerini kontrol edebilmek için ısıtma işlemi ve kısa aralıklarla hava dolaşımı fanları ile çalıştırılmalıdır. Bu işlemler yapılarak havanın su tutma hacmi artırılıp bağıl nem miktarı düşürülür.

Ülkemizde ısıtma işlemi genel olarak soğuk ve donlardan korunmak için yapılırken gelişmiş ülkelerde verimi artırma ve nemi azaltabilmek için yapılmaktadır. Antalya'da bitki şartları göz önüne alınarak ısıtma yapıldığında verimin yaklaşık %65 - %80 oranlarında arttığı, verimdeki bu artışında ısıtma işlemi için yapılan harcamaların üçte birini karşıladığı görülmüştür. Seraların iç sıcaklığının geceleri 15°C gündüzleri de 22 °C - 26°C aralığında olması önerilmektedir.

Seralarda kontrol edilmesi gereken diğer parametre de bağıl nemdir. Genel olarak seralardaki bağıl nemin %60-%90 aralığı bitkilere önemli bir etki sağlamaz. Ama bağıl nem miktarının %60'ın altında olduğu ve havalandırmanın yapıldığı alanlarda bitkilerin taze yapraklarında su stresine neden olabilir [9].

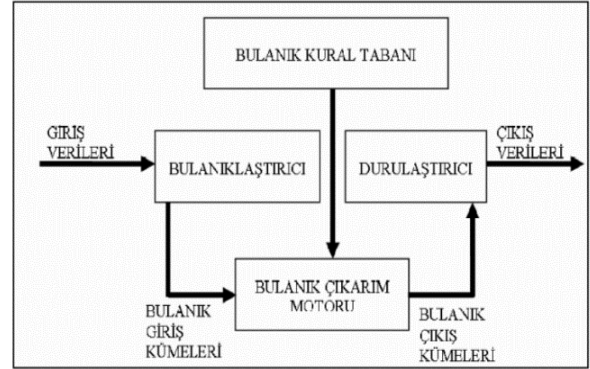
### 3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Elazığ ilinde kurulan bir seranın 2017 yılında ısıtma ihtiyacının olduğu aylar Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık olarak belirlenmiştir. Plastik örtü kullanarak tasarlanan seranın birim taban ve yüzey alanı için ısıtma ihtiyacı bulanık mantık, YSA ve ısı kayıp-kazanç yöntemleri kullanarak

belirlenmiştir. Bir sera tüm yıl boyunca üretim yapılacak şekilde tasarlanmalıdır. İklim verileri seranın kurulduğu bölgeye en yakın meteoroloji istasyonundan sağlanabilir. Kullanılan veriler meteorolojik veriler olarak sıcaklık, bağıl nem ve ısıtma derece gün verileri, konumsal veriler olarak enlem, boylam ve rakım kullanılmıştır. 2017 yılına ait sıcaklık ve bağıl nem değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır.

### 3.1. Bulanık mantık yöntemi

Bulanık mantık, ilk olarak 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. L. A. Zadeh'in bulanık mantıkla ilgili yaptığı ilk makalelerinin yayınlanması ile duyuldu. O tarih itibarı ile önemi giderek artan ve bugünlere gelen bulanık mantık, belirsizliklerle çalışabilmesi ve belirsizliklerin tanımlanması için kurulmuş bir sistemler bütünü olarak tanımlanabilir [10]. Bilinen matematiksel metotlarla karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek zor olduğu için bulanık mantık çok girişli karmaşık kontrol sistemlerinde tercih edilmekte ve başarılı bir biçimde uygulanmaktadır [11]. Bulanık mantık sisteminin genel yapısı Şekil 2 'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Bulanık mantık işlemleri

Şekil 2'de görüldüğü üzere sistemin etkilendiği giriş değişkenlerini ve bunlar hakkındaki bilgiler giriş verilerini içerir. Bulanıklaştırıcı, sayısal giriş değerlerini sözel olarak ifade eden üyelik derecelerine atayan işlemcidir. Bulanık kural tabanı birimi, giriş değişkenlerini çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal eğer – ise şeklinde yazılan kuralları içerir. Kural tabanındaki giriş ve çıkış kümeleri arasında kurulan parça ilişkilerinin hepsinin

toplanarak sistemin çıkışlı davranmasını sağlayan işlemleri içeren yapı bulanık çıkarım motorudur. Bulanık işlemler sonunda elde edilen sonuçların sayısal çıkış değerlerine çevrilmesi Durulaştırıcı birim tarafından çevrilir. Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru ile etkileşiminin sonucunda çıkış verileri oluşur.

Bulanık mantık; bulanık kümeler, sözel değişkenler, olasılık dağılımları ve bulanık kurallar olmak üzere dört temel kavrama dayanmaktadır.

Kesin olmayan sınırlarla oluşturulan kümeler bulanık kümeleri, nitel ve nicel bir şekilde bulanık kümelerde tanımlanan değerler sözel değişkenleri, bulanık kümelerde ifade edilen sözel değişkenlerin değer aralıkları olasılık dağılımlarını, iki değerli mantık gösterimi olarak genelleme yapan fonksiyonel haritalama veya mantıksal formül tanımlamasını yapan bilgi tasarım gösterimi de bulanık kurallarını oluşturur [7].

Seralarda sıcaklık, hava nemi gibi değişkenler takip edilmelidir. Sera içerisinde bulunan bitkilerin gelişimi için bu unsurlar göz önüne alınmalıdır. Bu kontrol işlemi için bulanık kontrol sistemi tasarlanmıştır.

**Tablo 1.** Bulanık mantık sisteminin özellikleri

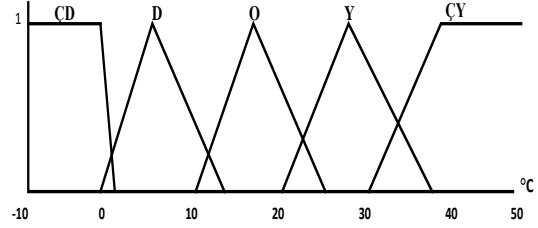
Değişkenler		Değer Aralığı	Sözel Değişkenler
Giriş	Sıcaklık	-10 °C-50 °C	Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek
	Bağıl Nem	0 %-100 %	Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek
Çıkış	Isıtma	0 W-10 W	Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek

Uygulama da kullanılan bulanık mantık kontrol sistemi 2 giriş tek çıkıştan oluşmuştur. Giriş verileri, sıcaklık (°C) ve bağıl nem (%); çıkış verisi de ısıtma miktarı (W) olarak belirlenmiştir. Tasarlanan bulanık sistemin giriş, çıkış verileri ile sözel değişken özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

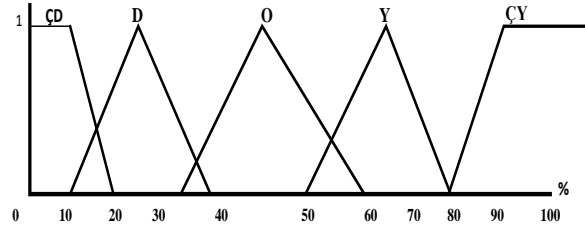
Girişlerin çıkışları en uygun şekilde ayarlayabilmesi için algoritmanın geliştirilmesi gereken en uygun şartlar belirlenmiştir.

Sera da yetiştirilecek ürün olarak domates seçilmiştir. Domates bitkisi için en uygun sıcaklık

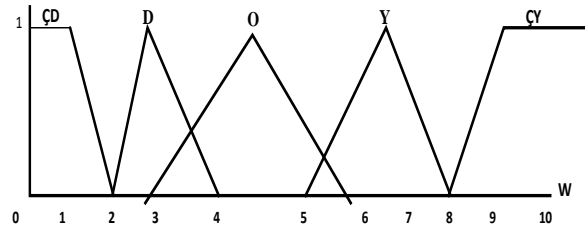
25 °C-27 °C, nem değeri de %50- %70 aralığıdır. Seranın örtü malzemesi plastiktir. Yapılan çalışmalar Elazığ ili içinde bulunan 7x25x7 büyüklüğünde plastik örtü ile kaplanan bir sera da domates yetiştiriciliğinin yapılmasında gerekli olan ısıtma miktarı için gerekli ortam şartları göz önüne alınarak tasarlanmıştır.



**Şekil 3.** Sıcaklık (°C) verisinin üyelik fonksiyonu



**Şekil 4.** Bağıl nem (%) verisinin üyelik fonksiyonu



**Şekil 5.** Isıtma (W) verisinin üyelik fonksiyonu

Üyelik fonksiyonları, lojik mantık ile bulanık mantık arasındaki en temel farktır. Üyelik fonksiyonları kullanılarak giriş ve çıkış fonksiyonlarına ait ağırlıkları 0-1 aralığında sürekli bir şekilde ifade edilir.

Sıcaklık giriş fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonu Şekil 3’de, bağıl nem giriş fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonu Şekil 4’de ve ısıtma çıkış fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonuda Şekil 5’de gösterilmiştir. Bu şekillerde, ÇD: Çok Düşük, D: Düşük, O:Orta, Y:Yüksek, ÇY: Çok Yüksek’i ifade etmektedir.

Üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra oluşturulması gereken yapı girişlere göre çıkışın ayarlandığı bir kural tabanının oluşturulmasıdır. Tablo 2 ‘de verilen 25 kural yardımıyla işleyişin anlaşılabilirliği ve tasarımı kolaylaştırılmıştır.

Hazırlanan veri setlerine göre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin durumlarına ait tüm kombinasyonlar, 5x5 kural tabanında oluşturulmuştur. Kural tabanı oluşturulurken Ödük [12] tarafından yapılan çalışma da bir uzman tarafından oluşturulan sistem temel olarak alınmıştır. Bu kurallar oluşturulurken tek ısıtıcının kullanıldığı ve bu ısıtıcının verdiği ısı ortam sıcaklığını 25°C -27°C aralığında ortam nemini de %50- %70 aralığında sabit tuttuğu varsayımı yapılmıştır.

**Tablo 2.** Bulanık mantık kural tablosu  
(S: Sıcaklık, BN: Bağıl Nem)

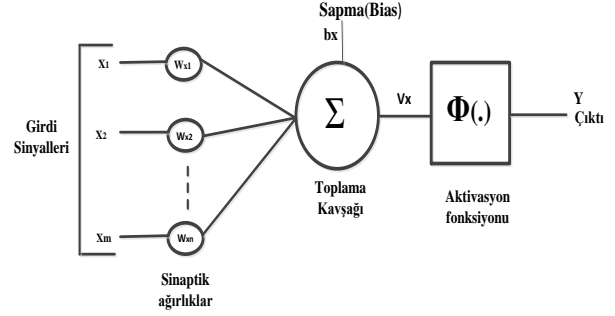
S \ BN	ÇD	D	O	Y	ÇY
ÇD	ÇY	ÇY	Y	Y	Y
D	Y	Y	Y	O	O
O	O	O	O	O	D
Y	D	D	D	D	D
ÇY	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD

### 3.2. Yapay sinir ağları

YSA, beynin bir fonksiyonu gerçekleştirilmesini sağlayan sistemi tasarlamak olarak tanımlanabilir. YSA'lar yapay sinir hücrelerinin çeşitli şekillerde birbirileri ile bağlanarak ve katmanlar halinde tasarlanmasından oluşur.

Beyinde ki bilgiyi işleme sürece uygun bir şekilde YSA, belirli bir öğrenme işleminden sonra bilgiyi depolayabilme gibi yeteneklere sahip bir işlemcidir [13]. Şekil 6'da genel olarak yapay bir sinir hücre yapısı gösterilmiştir.

Doğrusal olmayan yapıları modelleyebilen YSA'nın en önemli avantajları dağıtık paralel bir yapıya sahip olması, veriyi öğrenmesi ve veri üzerinde genellemeler yapabilmesi, farklı formda ki problemler üzerine uygulanabilmesi, belirli bir hata toleransının olması, analizinin ve tasarımının kolay bir şekilde yapılabilir olmasıdır [14].



**Şekil 6.** Yapay sinir hücre yapısı

YSA hesaplamaları öğrenme ve hatırlatma olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır.

**Öğrenme:** YSA'da öğrenme süreci insan zekâsında olduğu gibi örnekler kullanılarak sistem eğitilir. YSA'nın en önemli noktalarından biri eğitime algoritmalarıdır. YSA'nın eğitiminde ne kadar çok örnekle eğitim yapılırsa sistem o kadar doğru olur.

**Hatırlama:** Ağın öğrenmesi sonucunda oluşturulan ağırlıkları kullanarak ağa belirli bir problemin giriş değerleri verilerek bu problemin çözülmesi istenir [15].

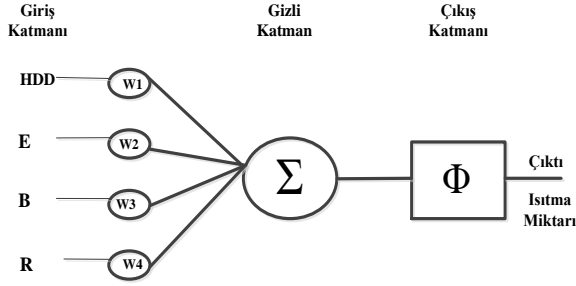
Bu çalışmada ısı ihtiyacının tahmini için ileri beslemeli YSA modeli kullanılmıştır. Modelin eğitilmesinde LM algoritması kullanılmıştır. LM algoritması, YSA eğitiminde hızlı ve kararlı olduğundan dolayı tercih edilmiştir. Isıtılması tasarlanan seranın boyutu 7x25x7 olarak belirlenmiştir.

YSA modeli tasarlanırken veriler iki gruba ayrılmıştır. İlk grup modelin eğitilmesinde, ikinci grup da modelin test edilmesinde kullanılmıştır. Oluşturulan YSA modeli 100 iterasyon ile öğrenmesini tamamlamıştır. Modelin performansı 100 iterasyondan daha düşük iterasyon sayılarından azaldığı, 100'den daha fazla iterasyon sayılarından da çıktı değerini ezberlediği görülmüştür.

YSA modeli kullanarak tahmin yapabilmesi için öncelikli olarak YSA'nın eğitilmesi gerekir. Ağın eğitiminde ağırlık ve hedef değişkenleri kullanılır. Ağırlıklar ( $w_i$ ) şeklinde gösterilmiştir. Girdi değerleri ile ağırlıklar çarpılarak gizli katmandaki toplam net girdi hesaplanır.

Şekil 7'de görüldüğü gibi model nöron girdi verileri giriş katmanında 4 adet, çıktı verileri çıkış katmanında 1 adet olacak şekilde, tek katmandan ve tek katmanda ki nöron sayısı da 10 olacak şekilde tasarlanmıştır. Toplam 87 veri

kullanılmıştır. Bunların 75’i eğitim verisi, 12’si de test verisi olarak kullanılmıştır.



Şekil 7. Tasarlanan YSA modeli

Giriş verileri olarak illere ait HDD, enlem (E), boylam (B) ve rakım (R) kullanılmıştır. Kurulan sistem Baytorun ve diğ. [4] çalışmaların da her il için belirlenen HDD yöntemi ile oluşturulan veri kümesi ile eğitilmiştir.

$$HDD(Th) = \sum_{k=1}^n (Th - To) \quad (1)$$

Tablo 3. Şehirler ve HDD değerleri

Şehir	HDD değeri
Ardahan	4469
Erzurum	4205
Kars	4145
Ağrı	3867
Bayburt	3545
Elazığ	2211
Ankara	2199
Balıkesir	1498
İstanbul	1433
Samsun	1377
Aydın	867
İzmir	845
Hatay	797
Antalya	731
Adana	579
Mersin	552

Çalışmada kullanılan ısıtma gün derecesi kavramı uluslararası literatürde HDD şeklinde ifade edilmektedir. Çalışma da kullanılan Türkiye'nin farklı illeri için en düşük ve en yüksek HDD değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir. HDD değeri hesaplanırken Denklem 1 kullanılır. Denklem 1'e göre  $Th$  eşik değeri  $16^\circ C$  alınmıştır.  $To$  da ölçülen sıcaklığı göstermektedir.

### 3.3. Isı kayıp - kazanç yöntemi

Isıtma hesabında kullanılan diğer bir yöntem de geleneksel ısı kayıp-kazanç yöntemidir. Seraların ısıtma miktarlarının hesaplanmasında ısı kazancı ile kaybı arasındaki farkın eşitlenmesini temel alan ısı dengesi yaklaşımı kullanılmıştır. Seralar da örtü malzemesi kullanıldığından dolayı örtü malzemesinin tipi ısı kapasitesinin hesabında önemlidir. Kullanılan örtü malzemesinin ısı iletim kat sayısı da kaybolan ısı miktarının hesaplanmasında kullanılan en önemli etkidir. Seradan kaybolan ısı miktarı, denklem 2 temel alınarak düzenlenen ısı kaybı cetveli kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q = A \times K \times (Ti - Td) \quad (2)$$

Denklem 2'de  $Q$  sera ısı akım gereksinimi (kcal),  $A$  seranın toplam alanı ( $m^2$ ),  $K$  kullanılan malzemenin ısı transfer kat sayısı ( $W/m^2 K$ ),  $Ti$  konfor sıcaklığı ( $^\circ C$ ) ve  $Td$  ortam sıcaklığı ( $^\circ C$ ) parametrelerini ifade etmektedir [16].

İletimsel ısı kayıplarının hesabında, denklem 2 temel alınarak hazırlanan ve bir örneği Şekil 8'de gösterilen, ısı kaybı cetveli kullanılır. Bu cetvelde bilinen değerler yazılarak hesaplamalar yapılır.

Isı kaybı hesabı cetveli aşağıdaki adımlar uygulanarak oluşturulur.

**Adım 1.** İlk sütuna yapı bileşenlerinin sembolleri; İkinci sütuna, yönü; üçüncü sütuna, kalınlıkları; dördüncü sütuna, uzunlukları ve beşinci sütuna, yükseklik (veya genişlik) yazılır.

**Adım 2.** Dört ve beşinci sütunların çarpımı yapılarak altıncı sütunun toplam alanı belirlenir.

**Adım 3.** 7. sütunda 6. Sütunda hesaplanan alanlardan kaç tane olduğu belirlenir.

**Adım 4.** 8.sütunda net duvar alanını bulmak için kullanılan pencere ve kapı alanları yazılır.

**Adım 5.** 9. sütuna, hesaba giren alan yazılır.

**Adım 6.**Yapı bileşenlerinin hesabında hesaplanan  $K$  toplam ısı geçiş katsayısı 10.sütuna yazılır.

**Adım 7.** Dış ortam ve iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 11.sütuna yazılır.

**Adım 8.** 9, 10 ve 11. sütunlarının çarpımından oluşan ısı kaybı 12. sütuna yazılır.

**Adım 9.** Birleştirilmiş artırım katsayısı ( $Zd$ ) 13.sütuna yazılır.

**Adım 10.**Kat yükseklik artırımı ( $Zr$ ) 14. sütuna yazılır. Sera olduğu için hesaba katılmamıştır.

**Adım 11.** Yön artırımı ( $Z_h$ ) 15. sütuna yazılır. Bu değer seranın yönünden dolayı dikkate alınması gereklidir.

**Adım 12.** Artırımların toplamı 16. Sütuna yazılır. Toplam artırım miktarı ( $Z$ ), Denklem 3 kullanılarak hesaplanır.

$$Z = (1 + \% Z_d + \% Z_r + \% Z_h) \quad (3)$$

**Adım 13.** 17. sütuna toplam ısı gereksinimi ( $Q_h$ ) yazılır.

**Adım 14.** İşlem sonlandırılır [6].

Şekil 8'de verilen ısı kaybı cetvelinde seranın toplam ısı ihtiyacı, zamansız ısı kaybı ve toplam artırım miktarı kullanarak ortaya çıkan ısı enerjisi ile alan ve toplam ısı geçiş katsayıları sonucu elde edilen ısı enerjisinin toplamı ile bulunur. Seranın

konfor sıcaklığı 25 °C, ölçülen sıcaklık 11 °C, toprak sıcaklığı ortam sıcaklığından 6 °C daha fazla olduğu için 20 °C, seranın boyutları 7x25x7, sera dış kapısı demir kapının boyutları 1x2,1 yönü kuzey ve sera örtüsü plastik (pvc) olarak alındığında zamansız ısı kaybı; kapı, duvarlar ve tavan için hesaplanıp 2808 KCal/h,  $Z_d$  değeri %7,  $Z_r$  değeri sera tek katlı olduğu için işleme alınmayıp, seranın yönü kuzey olduğu için  $Z_h$  değeri % 5, toplam artırım miktarı % 1,12 olarak hesaplandığında zamansız ısı kaybı ve toplam artırım miktarı kullanılarak 3145 KCal/h ısı enerjisi, alan ve toplam ısı geçiş katsayılarından da 2229 KCal/h enerji edilir. Toplam ısı enerjisi 5374 Kcal/h bulunur. Buna göre Şekil 8'deki tablo kullanılarak seraya verilmesi gereken ısı miktarı da 6,25 W olarak hesaplanır.

														SAYFA		1
														KAT		ZEMİN
														TARİH		8.03.2018
														ÖZLEM ALPAY		
YAPI BİLEŞENİ			ALAN HESABI				ISI KAYBI HESABI				ZAMLAR				TOPLAM	
İŞARET	YÖN	KALINLIK	UZUNLUK	YÜK. VEYA GENİŞLİK	TOPLAM ALAN	MİKTAR	ÇIKARILAN ALAN	HESABA GİREN ALAN	TOP. ISI GEÇİŞ KATSAYISI	SICAKLIK FARKI	ZAMSIZ ISI KAYBI	İŞLETME	KAT YÜKSEKLİK	YÖN		TOPLAM
		m	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Kcal m <sup>2</sup> h°C	°C	KCal/h	Z <sub>d</sub> %	Z <sub>r</sub> %	Z <sub>h</sub> %		Z 1+%
SERA 25 °C																
B.K	K		1,00	2,10	2,1	1		2,10	2,6	14	76					
PVC	K	0,2	7,00	5,00	35	1	2,1	32,90	0,249	14	115					
PVC	D	0,2	25,00	5,00	125	1		125,00	0,249	14	436					
PVC	G	0,2	7,00	5,00	35	1		35,00	0,249	14	122					
PVC	B	0,2	25,00	5,00	125	1		125,00	0,249	14	436					
TAV	D	0,2			43,98	1		43,98	0,249	14	153					
T.DÖ		0,2			147	1		147,00	0,5	20	1470					
											2808	7		5	1,12	3145
	Q <sub>k</sub>	=	15,00	x	5,46	x	0,90	x	0,84	x	36	x	1,00			2229
																5374

Şekil 8. Isı kaybı hesabı cetveli



#### 4. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, Elazığ iline ait bir serada ısıtma ihtiyacının olduğu aylar için ısıtma ihtiyacının tahmini geleneksel yöntem, bulanık mantık ve YSA kullanılarak yapılmıştır. 2017 yılında toplam 5065 ölçüm yapılmıştır. Bu değerler kendi aralarında gündüz değerleri, gece değerleri ve ortalama değer olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Bu değerler kullanılarak yöntemler test edilmiştir.

Bulanık mantık yönteminde sıcaklık, bağıl nem ve ısıtma değerleri Tablo 1’de ki gibi kullanılmıştır. Oluşturulan kurallar Tablo 2’de verilmiştir. Sıcaklık ve nem değerleri giriş verileri olarak kullanılıp ısıtma ihtiyacı çıkış verisi olacak şekilde ısı gereksiniminin tahmini yapılmıştır.

Isı kayıp-kazanç yönteminde de sera iç sıcaklığı, konfor sıcaklığı ve seranın özellikleri kullanılarak Şekil 8’de gösterilen ısı kaybı hesabı cetveli kullanılarak ısıtma ihtiyacı tahmini yapılmıştır.

YSA yönteminde de toplam 87 verinin 75 verisi eğitim 12 verisi de test için kullanılmıştır. Eğitim veri seti olarak kullanılan şehirler ve HDD değerleri Tablo 3’de gösterildiği gibi kullanılmıştır.

Bu veriler LM eğitim algoritması kullanılarak değerlendirilmiştir. Test verileri farklı ağ yapılarında test edilip en iyi tahmin sonucu olan ağ yapısı kullanılmıştır.

Elazığ ili için 2017 yılında ölçülen 5065 veriden alınan ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri Tablo 4’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Kullanılan ortalama sıcaklık (OS, °C) ve bağıl nem (BN, %) değerleri

	Gece	Gündüz	Ortalama
	OS /BN	OS /BN	OS /BN
Ocak	-5.5 / 84.6	3.9 / 76	-0.8 / 80.3
Şubat	-7.5 / 59.3	7.03 / 54.8	-0.2 / 57
Mart	0.4 / 77.7	13.5 / 61,6	6.9 / 69.7
Nisan	2.8 / 80.3	18.4 / 65.4	10.6 / 72.8
Ekim	6.9 / 59.7	22.7 / 49.9	14.8 / 54.8
Kasım	1.3 / 73.6	13.3 / 65.9	7.3 / 69.7
Aralık	-1.3 / 84.1	7 / 83.1	2.8 / 83.6

Isıtılması planlanan seranın tipi ve özellikleri Tablo 5’de ve görünümü ise Şekil 9’ da gösterilmiştir.

**Tablo 5.** Kullanılan seranın tipi ve özellikleri

Sera Tipi	Genişlik	Uzunluk	Yükseklik	Örtü Malzemesi
 Beşik Çatılı Sera	7 m	25m	7m	Plastik

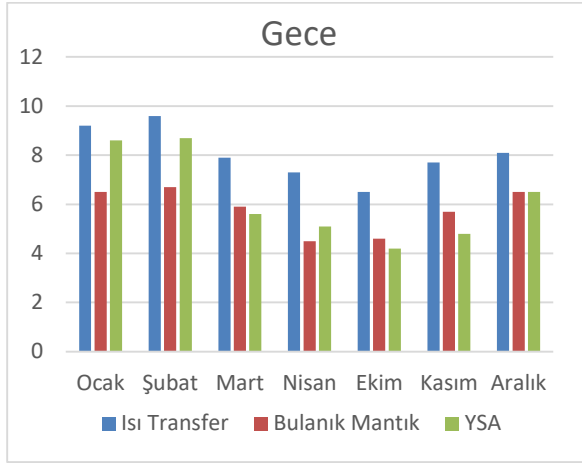


**Şekil 9.** Seranın görünümü

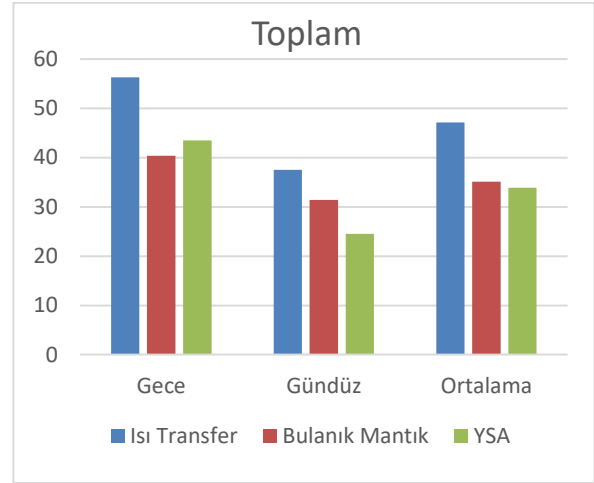
#### 5. Sonuçlar

Seralarda ısı ihtiyacının tahmini edilebilir olması işletme planları ve fizibilite çalışmaları için gerekli olmaktadır. Seranın ısı ihtiyacı seranın türüne, boyutlarına kullanılan malzemenin tipine ve sera da istenen sıcaklık değerleri ile sera dışı faktörlere (sıcaklık, nem vb.) bağlı olarak değişmektedir. Seraların ısı ihtiyaçlarının belirlenmesinde genellikle ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

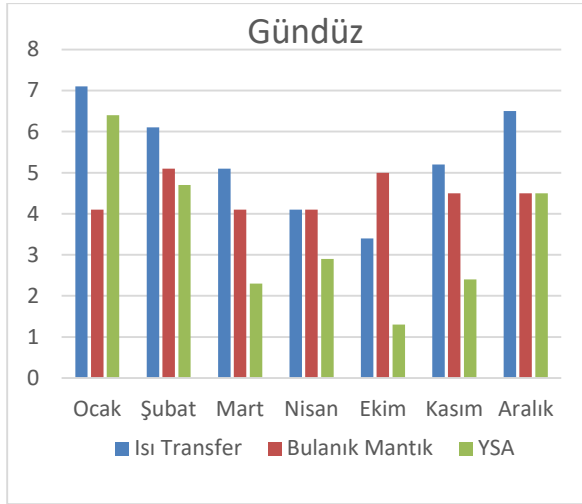
Bu çalışmada, yumuşak hesaplama yöntemlerinden olan bulanık mantık yöntemi, YSA ve geleneksel yöntem olarak kabul edilen ısı kayıp- kazanç yöntemleri kullanılarak Elazığ iline ait bir sera için birim alanda gerekli olan ısıtma gereksinimleri analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada Elazığ iline ait bir serada ihtiyaç duyulan ısıtma miktarı sıcaklık, bağıl nem, enlem, boylam, yükseklik ve ortalama sıcaklık verileri kullanılarak seraların ısıtma ihtiyacı tahmini yapılmıştır. Çalışma 3 aşamadan oluşmaktadır. Gündüz alınan değerler, gece alınan değerler ve ortalama değerler alınarak ısıtma ihtiyaç tahmini yapılmıştır.



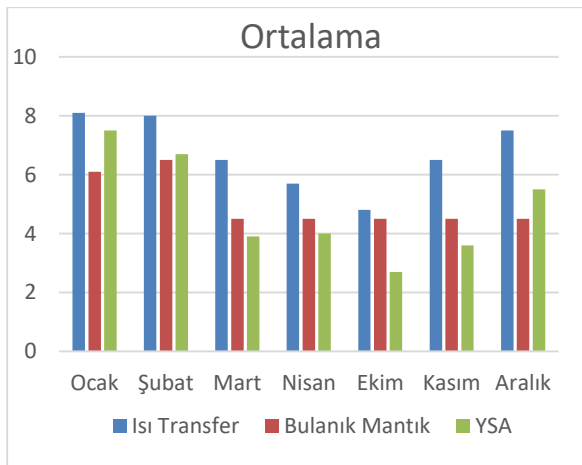
Şekil 10. Gece alınan değerlere göre harcanan ısı miktarları



Şekil 13. Toplam harcanan ısı miktarları



Şekil 11. Gündüz alınan değerlere göre harcanan ısı miktarları



Şekil 12. Ortalama değerlere göre harcanan ısı miktarları

Gece alınan değerlere göre hesaplanan ısı miktarları Şekil 10'da, gündüz alınan değerlere göre hesaplanan ısı miktarları Şekil 11'de, ortalama değerlere göre hesaplanan ısı miktarları Şekil 12'de, toplam değerlere göre hesaplanan ısı miktarları Şekil 13'de gösterilmiştir.

Şekil 10,11,12,13'de görüldüğü üzere ısı kayıp-kazanç yöntemi seraların ısıtılmasında en çok ısı enerjisi harcanan yöntemdir. YSA ve bulanık mantık yöntemleri seranın ısıtılması için gerekli ısı miktarını daha az bularak üreticiye enerji harcama miktarı konusunda katkı sağlamaktadır.

Şekil 10'da yöntemler karşılaştırıldığında bulanık mantık yönteminin ısı kayıp-kazanç yöntemine göre yaklaşık %23, YSA modeli de ısı kayıp-kazanç yöntemine göre yaklaşık %18 daha az ısı enerjisi ile Şekil 11'de yöntemler karşılaştırıldığında bulanık mantık yönteminin ısı kayıp-kazanç yöntemine göre yaklaşık %9, YSA modeli de ısı kayıp-kazanca göre yaklaşık %19 daha az ısı enerjisi ile Şekil 12'de yöntemler karşılaştırıldığında bulanık mantık yönteminin ısı kayıp-kazanç yöntemine göre yaklaşık %14, YSA modeli de ısı kayıp-kazanca göre yaklaşık %18 daha az ısı enerjisi ile Şekil 13'de toplam gece, gündüz ve ortalama miktarlara göre yöntemler karşılaştırılmıştır. Isıtma ihtiyacının yapıldığı aylarda ısıtma için harcanan toplanan ısı miktarları arasında bulanık mantık yöntemi ısı kayıp-kazanç yöntemine göre yaklaşık %16, YSA modeli de ısı kayıp-kazanca göre yaklaşık %19 daha az ısı enerjisi ile çalışmaktadır. Cossu ve diğ. [8] tarafından yapılan çalışma da yıllık bazda %64'lük bir enerji kazancı sağlanırken,

geliştirilen yöntemlerde de aylık bazda yaklaşık %20'lik bir enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Bu çalışmadan daha sonra yapılacak çalışmalarda sistemler gerçek zamanlı olacak şekilde gerçekleştirmeye yönelik olacaktır. Sisteme sıcaklık, bağıl nem, toprak nemi ve ışık miktarını ölçen sensörlerin eklenmesi ile oluşturulacak akıllı sera sisteminde seranın ısıtılması, soğutulması, sulanması, ışıklandırılması gibi işlemler uzaktan ve uygun miktar ve şartlarda gerçekleştirileceği için önemli miktarda enerji zaman ve tasarrufu sağlanabilir. Mikro kontrolör veya gömülü sistemler kullanarak alınan veriler bilgisayar veya internet ortamında kaydedilip, grafiksel olarak görüntülenmesi kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Bununla birlikte büyük ölçekli seralar içinde RF vericileri olan mikro kontrolörler veya kablosuz sensör ağları kullanarak kablosuz haberleşme sistemleri kullanarak sisteme esnek bir şekilde tasarlanabilir.

## 6. Kaynaklar

1. Yelmen, B., Çakır, M.T., (2011). Yapay sinir ağları kullanılarak sera ısıtma ihtiyacının tahmini, *Politeknik Dergisi*, **14**(4): 235-241.
2. Kendirli, B., (2015). Sera ısıtma gereksiniminin tahmininde farklı yaklaşımların incelenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **10**(2):125-134.
3. Gürdil, G.A.K., Selvi, K.Ç., Önder, H., (2009). Seralarda ısıtma kapasitelerinin hesaplanmasına yönelik bir bilgisayar programı, 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi.
4. Baytorun, A.N., Üstün, S., Akyüz, A., (2016). Farklı ısıtma-derece-gün (HDD) değerlerine bağlı olarak seralarda ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **31**(2):119-128.
5. Zhou, N., Yu, Y., Yi, J., Liu, R.A., (2017). Study on thermal calculation method for a plastic greenhouse with solar energy storage and heating, *Solar Energy*, **142**:39-48.
6. Cemek, B., (2005). Samsun il ve ilçelerinde seraların iklimsel ihtiyaçlarının belirlenmesi, *O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, **20**(3):34-43.
7. Ayan, M., Şenol, R., (2016). Bulanık mantık tabanlı-uzaktan erişimli sera otomasyonu, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **4**:734-746.
8. Cossu, M., Murgia, L., Ledda, L., Deligios, P.A., Sirigu, A., Chessa, F., et al. (2014). Solar radiation distribution inside a greenhouse with south-oriented photovoltaic roofs and effects on crop productivity *Appl Energy*, **133**:89-100.
9. Yılmaz, C., (2013). Seralar için fonksiyonlu akıllı kontrol sistemleri, VI. Kontrol Otomasyon ve Yapı Elektronik Sistemleri Sempozyumu Bildirileri, İzmir.
10. Li, H.X., Gatland, H.B., (1996). Conventional fuzzy control and its enhancement, *IEEE Transactions On Systems Man And Cybernetics Part B, Cybernetics*, **26**(5):791-796.
11. Liu, K., Lewis, F.L., (1993). Some issues about fuzzy logic control, *Proc. of the 32nd Conference on Decision and Control*, **2**:1743-1748.
12. Ödük, M.N., (2010). Bulanık kontrol yöntemiyle sera otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
13. Ataseven, B., (2013). Yapay sinir ağları ile öngörü modellenmesi, *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, **10**(39):101-115.
14. Bahadır, Y., (2013). Cam elyaf katkılı cephe kaplama elemanlarına yönelik teklif fiyatı tahmininde yapay sinir ağlarının (YSA) kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
15. Özdemir, H., (2013). Yapay sinir ağları ve dokuma teknolojisinde kullanımı, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* **7**(1):51-68.
16. Isı Kaybı Hesabı Örneği [http://deneysan.com/content/images/documents/isitma2\\_6562174.pdf](http://deneysan.com/content/images/documents/isitma2_6562174.pdf)