

Bulanık Mantık Yardımıyla Doğal Havalandırma Yapılan Bir Serada Sıcaklık ve Bağıl Nem Kontrolünün Modellenmesi

Hüseyin Nail Akgül¹, İsmail Kavdır¹, Mehmet Ali Dayıoğlu²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 17020 Çanakkale

² Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 06130 Aydınlikevler / Ankara
akgulhn@yahoo.com

Özet : Bu çalışmada, doğal havalandırma yapılan bir seradaki sıcaklık ve bağıl nem parametreleri kontrolünün bulanık mantık ile modellenmesi yapılmıştır. Modelleme çalışmasında sera pencerelerinin açıklık miktarına bulanık mantık tarafından sera içi ve dışı sıcaklıklar ile sera içi nem oranına bakılarak karar verilmiştir. Sonuçta, bulanık mantık tarafından belirlenen pencere açıklık miktarları, seradaki bitkilerin (domates) optimum sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde yetiştirilmesi için en uygun kararlar olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar sera içi klimasının otomatik ve etkili kontrolü için oldukça ümit vericidir.

Anahtar Kelimeler: Sera, Bulanık Mantık, Doğal Havalandırma, Otomasyon

Modelling of Temperature and Relative Humidity Control in a Naturally Ventilated Greenhouse Using Fuzzy Logic

Abstract : In this study, modelling of temperature and relative humidity control in a naturally ventilated greenhouse was performed using fuzzy logic. Opening amounts of the greenhouse windows were determined based on outside temperature and temperature and relative humidity in the greenhouse by fuzzy logic. In the result, window openings determined by fuzzy logic were evaluated as optimal as it allowed optimal growing conditions for the plants (tomatoes) inside the greenhouse. Results are rather promising for an automated and efficient climate control in greenhouses.

Keywords: Greenhouse, Fuzzy Logic, Natural Ventilation, Automation

GİRİŞ

Bitkisel üretimde çevre kontrollü üretimin en yaygın ve etkin uygulaması seralarda gerçekleşmektedir. Serada yetiştirilecek bitkinin isteklerinin bilinmesi; ürün niteliğinin daha iyi olmasını, ürünün gelişme ve olgunlaşma süresinin daha kısa olmasına ve daha yüksek verim alınmasına neden olur (Esmay ve Dixon, 1986). Serada bitki ihtiyaçlarının optimum derecede sağlanabilmesi için sera içi sıcaklık ve bağıl nem gibi değişkenlerin bilinmesi gerekir.

Sıcaklık bitkinin gelişmesine ve nitelikli ürün vermesine etki eden önemli faktörlerden birisidir. Sera içindeki sıcaklık bitkinin istediği optimum sıcaklık değerinde olmalıdır. Sera içindeki sıcaklık optimum sıcaklık değerinden fazla olduğu durumlarda havalandırma yapılmalıdır. Serada havalandırma yapılarak bitkilerin fazla sıcaklıktan olumsuz etkilenmesi önlenebilmektedir.

Sera içi sıcaklığının en sıcak günlerde dahi 30 OC'nin üstüne çıkması istenmez. İyi bir havalandırma

ile sera içi sıcaklığını dış ortamdan 2-3 OC daha düşük bir değere indirmek mümkün olabilmektedir (Kürklü ve Çağlayan, 2005).

Seralarda havalandırma sisteminin yerine getirdiği önemli görevlerden biri de sera bağıl nemini ayarlamasıdır (Çolak, 2002). Bağıl nem havanın sıcaklık derecesine bağlıdır. Havanın sıcaklığı artarsa bağıl nem değeri azalmakta, havanın sıcaklık derecesi azaldığında ise, bağıl nem değeri artmaktadır. Ayrıca, sera havasının sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasındaki farklılık ta, sera havasının bağıl nemi miktarında etkili olmaktadır (Kurtmen, 1991). Sera içi bağıl nem oranının yüksek olması (>%80) durumunda; bitki üzerindeki yapraklar artarken, ürün kalitesi azalmakta ve bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı duyarlılığı artmaktadır (Öztürk, 2004). Bu nedenle, yoğun tarımsal savaş ilacı ve hormonu kullanımı zorunlu olmaktadır (Zabeltitz, 1992).

Bitkilerin bağıl nemi düşük olan seralarda (% 30-40) yetiştirilmesi durumunda ise, terleme fazla olacağından bitki solmaya başlamaktadır. Düşük bağıl nem, yüksek sıcaklıkla birleştiğinde, yaprak uçlarının yanmasına neden olmaktadır. Bu koşullarda bitkileri sık sulamak gerekmektedir. Sık sulama ise toprak sıcaklığını düşüreceğinden istenmeyen bir durumdur (Aydoğan, 1997; Coşkun, 1995).

Seralarda gece aşırı sıcaklık düşüşü, sera içindeki örtü yüzeylerinde ve bitki yüzeyinde nem yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Nem yoğunlaşması, sera iskeletine zarar verdiği gibi, bitkide hastalık riskini artırmaktadır. Gece başlayan nem yoğunlaşması, çoğunlukla güneşin doğuşundan itibaren bir süre daha devam etmektedir. Bu ise, örtü malzemesinin ışık geçirgenliğini olumsuz etkilemektedir (Çolak, 2002). Örtü yüzeylerinde meydana gelen yoğunlaşmanın, örtünün PAR (fotosentetik aktif radyasyon) geçirgenliğini % 23, diffüz ışık geçirgenliğini ise % 15 kadar azalttığı ölçülmüştür (Pieters, 1999). Seralardaki havanın bağıl nemini, yalnızca etkin bir havalandırma sistemi ile istenilen düzeye ulaştırmak mümkün olmaktadır (Kurtmen, 1991).

Seralarda sıcaklık artışı veya düşüşü esnasında havalandırma kapaklarının bir defada açılması veya kapatılması sera içi sıcaklık değişiminde dalgalanmalara sebep olmaktadır. Sera içi sıcaklığının ani değişimi bitki üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Bitkiler için zararlı olan bu durum havalandırma kapaklarının kademeli açılması veya kapatılması ile sera içi sıcaklık değişimi düzleştirilerek asgari düzeye indirilebilmektedir (Durmaz, 1994).

Sera içi klimasını, bitkilerin istediği optimum şartlarda tutmak için bilgisayar–mikroişlemci kontrollü bilgi işleme ve otomasyon sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. Bilgisayarlı kontrol sistemlerinin büyük başarısına karşın, veri akışının çok değişken ve sürekli olması başlangıçta sistemi karmaşık hale getirmiştir. Orta büyüklükte bir sera bakımı için toplam 300 yada 400 ayarlama sayılarına ulaşılmaktadır. Bu ayarlamaların fiziksel ve pratik anlamı her zaman kullanıcı açısından kolay değildir. Uygulamada hatalar çok kolay oluşmaktadır (Dayıoğlu ve Silleli, 2002).

Otomasyon sistemlerinde denetlenecek sistemin yapısının ve dinamik özelliklerinin çok iyi bilinip

matematiksel modellenmesi gerekir. Bazı sistemlerde modelleme doğru şekilde yapılsa dahi elde edilen modelin denetleyici tasarımında kullanımı karmaşık problemlere neden olabilmektedir. Bu nedenle, bazı denetim algoritmalarının belirsiz, doğru olmayan, iyi tanımlanmamış, zamanla değişen ve karmaşık sistemlere uygulanması mümkün olmayabilir. Bu durumda ya hiç çözüm üretilmemekte ya da elde edilen denetleyicinin performansı yeterince iyi olmamaktadır (Elmas, 2003). Örneğin; sera içi sıcaklığı, dış sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörler birbiri ile ilgilidir. Kapalı ortamda birinin değişimi diğer faktörleri de değiştirerek, ortam sıcaklığını ve bağıl nemi istenilen seviyede tutmayı zorlaştırmaktadır (Yen ve ark., 1995). Bunun için son zamanlarda sera otomasyonuna yönelik çalışmalar artmıştır. Sistemin değişkenlerini kontrol etmek için bulanık mantık ve uzman sistem kontrol uygulamaları üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır (Quanxing ve ark., 1996; Caponetto ve ark., 1998; Lanfang ve ark., 2000).

Bulanık mantık kontrol uygulamalarında genellikle bir uzman kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanılma yoluna gidilmektedir. Uzman kişi "pek az", "az", "biraz az", "biraz çok", "çok" ve "pek çok" gibi günlük hayatta sıkça kullanılan dilsel niteleyiciler doğrultusunda bir denetim gerçekleştirir. Bu dilsel ifadeler doğru bir şekilde bilgisayara aktarırsa hem uzman kişiye ihtiyaç kalmamakta hem de uzman kişiler arasındaki denetim farkı ortadan kalkmaktadır. Böylece denetim mekanizması esnek bir yapıya kavuşmaktadır (Elmas, 2003). Bulanık mantık kullanılarak seraların kontrol edilmesi ile ilgili çalışmalar son zamanlarda artış göstermektedir.

Aydoğan ve ark., (2003), klasik kontrol metodları ile kontrolleri yapılmış olan sera klima sisteminde, nem ve CO2 parametrelerinin bulanık mantık kontrolü için modellemesini yapmışlardır. Sistemi MATLAB programı ile simüle etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda bulanık mantığın diğer metodlardan daha hassas ve gerçeğe daha yakın olduğu görülmüştür.

Lafont ve Balmant (2002), iç ve dış sıcaklık, toplam ışınlam, bağıl nem ve rüzgar hızı parametrelerine göre sera klimasını bulanık mantık yöntemiyle kontrol etmişlerdir. Bu yöntemle sera klimasının başarılı bir şekilde kontrol edilebileceğini belirtmişlerdir.

Doğal Havalandırma yolu ile sera içi sıcaklık ve bağıl nem kontrolünün Bulanık Mantık yolu ile modellemesi yapılan bu çalışmada, dış sıcaklık, sera iç sıcaklığı ve sera içi bağıl nem oranı parametrelerine göre sera pencerelerinin açıklık miktarları kontrol edilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Denemenin ölçümleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi arazisi üzerinde taban alanı 64 m², duvar yüksekliği 3 m, mahya yüksekliği 4 m ve çatı eğim açısı 26.5° olan Venlo tip serada yapılmıştır (Şekil 1). Serada doğal havalandırma için çatının güneye bakan iki yüzeyinde üçer adet olmak üzere toplam altı adet pencere bulunmaktadır.



Şekil 1. Denemenin yapıldığı sera

Serada materyal olarak domates yetiştirilmiştir. Sera içinde yetiştirilen domatesin optimum yetiştirme sıcaklığının 20-27°C ve bağıl nemin %50-70 civarında olması istenmektedir (Aydoğan, 1997; Ertekin, 2002).

Denemenin verileri 15-22 Ekim 2004 tarihleri arasında alınmıştır. Hasad dönemine yaklaşmış domates bitkilerinin bulunduğu sera koşullarında ölçümü yapılan dış sıcaklık, iç sıcaklık ve bağıl nem miktarlarına göre, sera havalandırması için pencerelerin açılıp kapatılması elle yapılmıştır. Denemenin ölçümleri Çizelge 1'de verilen çatı pencerelerinin açıklığına göre elde edilmiştir.

Sera iç ve dış sıcaklık ölçümü LM 335 termodyodu ile yapılmıştır. Bağıl nemin ölçülmesinde psikrometre kullanılmıştır. Psikrometrede bağıl nemin ölçümü; ıslak termometre sıcaklığının kuru termometre sıcaklığına oranıyla bulunmaktadır. Ölçme işlemi; her 15 saniyede bir değer ölçülerek, dakikada 4 ölçme işlemi sonucunda elde edilen değerlerin ortalamasının bir değer olarak bilgisayara kaydedilmesiyle yapılmıştır.

Çizelge 1. Pencere açıklığı

Saat	Pencere Açıklığı
8 ⁰⁰	10 ⁰
9 ⁰⁰	20 ⁰
10 ⁰⁰	30 ⁰
11 ⁰⁰	40 ⁰
12 ⁰⁰	50 ⁰
13 ⁰⁰	60 ⁰ (Tam Açık)
14 ⁰⁰	50 ⁰
15 ⁰⁰	40 ⁰
16 ⁰⁰	30 ⁰
17 ⁰⁰	20 ⁰
18 ⁰⁰	10 ⁰
19 ⁰⁰ -7 ⁵⁹	0 ⁰ (Tam Kapalı)

Açıklıkları kademeli olarak elle yapılan pencerelerin, optimum açıklıklarını bulmak için aynı sıcaklık ve nem verilerini kullanarak bulanık mantık modellemesi yapılmış ve bulanık mantığın sera içi sıcaklık ve nem kontrolüne uygulanma olanağı araştırılmıştır.

Bulanık Mantık

Sera içi sıcaklık, sera içi bağıl nem ve dış sıcaklık değerlerini kullanan bulanık kontrol sistemi bulanıklaştırma, berraklaştırma, ve çıkarım ünitelerinden oluşmaktadır.

Domates bitkisinin optimum yetiştirme koşulları için sera içi sıcaklığı 20 ile 27 °C, sera içi bağıl nemi %50 ile %70 ve dış sıcaklık 20 ile 24 °C arası seçilmiştir. Sera içi sıcaklık ve dış sıcaklık değerlerini bulanıklaştırmak için yedi, sera içi bağıl nemi değerlerini bulanıklaştırmak için beş ayrı bulanık küme kullanılmıştır. Sera içi sıcaklık, sera içi bağıl nem ve dış sıcaklığa ait üyelik fonksiyonlarının grafik olarak gösterimi sırasıyla Şekil 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

Uygulamada üyelik fonksiyonları oluşturulduktan sonra kural tabanının oluşturulması gerekmektedir. Kural tabanı kural satırlarından meydana gelmektedir. Kural satırlarının toplam sayısı, sera içi sıcaklık, sera içi bağıl nem ve dış sıcaklığa ait üyelik fonksiyonlarının çarpılmasıyla (7x5x7=225) elde edilmektedir.

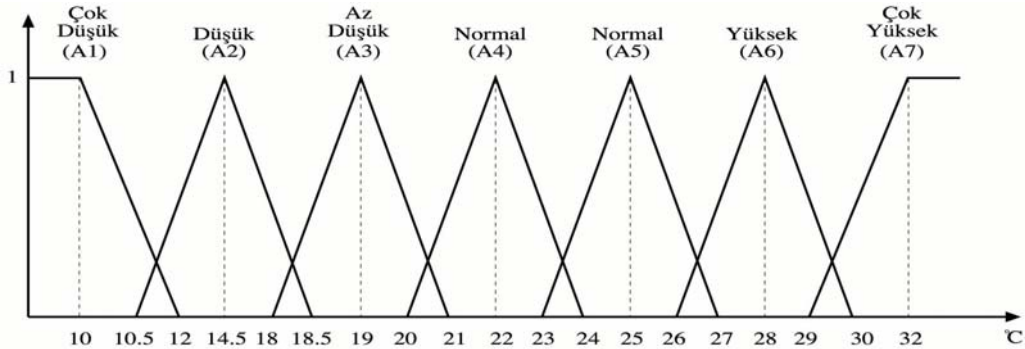
Bulanık mantık işlem şemasında çıkış kısmını değerlendirebilmek için bulanık kurallar tablosunu oluşturmak gerekmektedir. Tabloyu oluştururken bazı kabullenmeler yapmak gerekebilir.

Çizelge 2. Bulanık kural tablosu

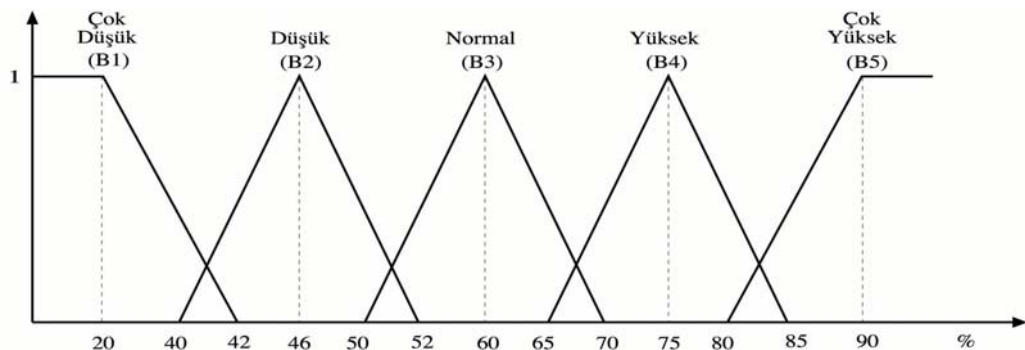
	B1	B2	B3	B4	B5
A1+C1	M1	M2	M3	M4	M5
A1+C2	M6	M7	M8	M9	M10
A1+C3	M11	M12	M13	M14	M15
A1+C4	M16	M17	M18	M19	M20
A1+C5	M21	M22	M23	M24	M25
A1+C6	M26	M27	M28	M29	M30
A1+C7	M31	M32	M33	M34	M35
A2+C1	M36	M37	M38	M39	M40
A2+C2	M41	M42	M43	M44	M45
A2+C3	M46	M47	M48	M49	M50
A2+C4	M51	M52	M53	M54	M55
A2+C5	M56	M57	M58	M59	M60
A2+C6	M61	M62	M63	M64	M65
A2+C7	M66	M67	M68	M69	M70
A3+C1	M71	M72	M73	M74	M75
A3+C2	M76	M77	M78	M79	M80
A3+C3	M81	M82	M83	M84	M85
A3+C4	M86	M87	M88	M89	M90
A3+C5	M91	M92	M93	M94	M95
A3+C6	M96	M97	M98	M99	M100
A3+C7	M101	M102	M103	M104	M105
A4+C1	M106	M107	M108	M109	M110
A4+C2	M111	M112	M113	M114	M115
A4+C3	M116	M117	M118	M119	M120
A4+C4	M121	M122	M123	M124	M125

A4+C5	M126	M127	M128	M129	M130
A4+C6	M131	M132	M133	M134	M135
A4+C7	M136	M137	M138	M139	M140
A5+C1	M141	M142	M143	M144	M145
A5+C2	M146	M147	M148	M149	M150
A5+C3	M151	M152	M153	M154	M155
A5+C4	M156	M157	M158	M159	M160
A5+C5	M161	M162	M163	M164	M165
A5+C6	M166	M167	M168	M169	M170
A5+C7	M171	M172	M173	M174	M175
A6+C1	M176	M177	M178	M179	M180
A6+C2	M181	M182	M183	M184	M185
A6+C3	M186	M187	M188	M189	M190
A6+C4	M191	M192	M193	M194	M195
A6+C5	M196	M197	M198	M199	M200
A6+C6	M201	M202	M203	M204	M205
A6+C7	M206	M207	M208	M209	M210
A7+C1	M211	M212	M213	M214	M215
A7+C2	M216	M217	M218	M219	M220
A7+C3	M221	M222	M223	M224	M225
A7+C4	M226	M227	M228	M229	M230
A7+C5	M231	M232	M233	M234	M235
A7+C6	M236	M237	M238	M239	M240
A7+C7	M241	M242	M243	M244	M245

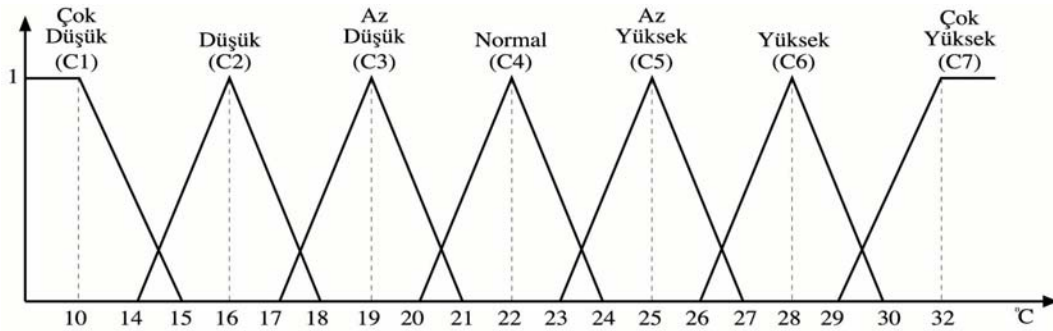
A: Sera içi sıcaklık (1-7, çok düşük-çok yüksek);
 B: Sera içi bağıl nem (1-5, çok düşük-çok yüksek);
 C: Sera dışı sıcaklık (1-7, çok düşük-çok yüksek).



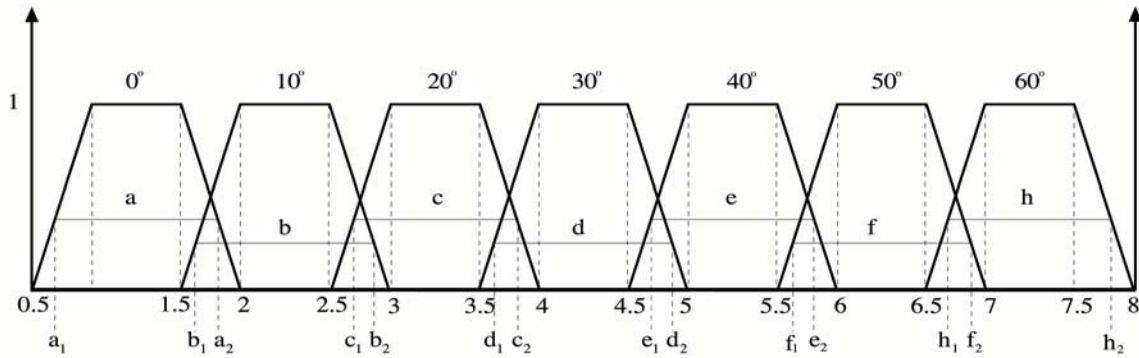
Şekil 2. İç Sıcaklık üyelik fonksiyonları



Şekil 3. Bağıl nem üyelik fonksiyonları



Şekil 4. Dış Sıcaklık üyelik fonksiyonları



Şekil 5. Ağırlıklı ortalama değerlerinin bulunması

Örneğin; sera içi sıcaklığın çok düşük (A1), sera içi bağıl nemin çok düşük (B1) ve dış sıcaklığın çok düşük (C1) olduğu duruma M1 denilirse, diğer bulanık kurallar Çizelge 2'deki gibi olur.

Bulanık kurallar çizelgesini oluştururken bu tablodaki M değerleri MATLAB 7.0 paket programı içerisinde kodlandırılmıştır. Örneğin, bulanık kurallar tablosundan M1'nin tanımlanması istenirse, IF THEN kuralı içerisinde kullanılan bulanık AND işlemiyle tanımlanabilir:

$$M1 = (A1 \wedge B1 \wedge C1) = \min(A1, B1, C1)$$

Bu işlem sayesinde mevcut şartlardan minimum değere sahip olan seçilir. Bu aşamadan sonra pencere açıklıklarının adlandırılması ve sınıflandırılması gerekir. Bu adlandırma Çizelge 3'de gösterilmiştir. Çizelge 2'deki "M" değerleriyle Çizelge 3'de adlandırılan sınıflar bilgi ve tecrübeye bağlı olarak oluşturulabilir.

Çizelge 3'teki pencere açıklık konumlarının seçimi bulanık OR işlemiyle gerçekleştirilmiştir (Elmas, 2003). Örneğin k_1 için

$$\max(k_1) = (M_1 \vee M_2 \vee M_3 \vee M_4 \vee M_5 \dots)$$

$$k_1 = \max(M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 \dots)$$

Bu işlem ile maksimum değere sahip koşul seçilmiş olur. Her bir açıklık için maksimum değerleri ise aşağıdaki gibi buluruz:

$$y = [\max(k_1) \max(k_2) \max(k_3) \max(k_4) \max(k_5) \max(k_6) \max(k_7)]$$

Çizelge 3. Pencere açıklıklarının adlandırılması

Pencere Açılığı	Açıklık Miktarı (°)
k_1	0° (Tam Kapalı)
k_2	10°
k_3	20°
k_4	30°
k_5	40°
k_6	50°
k_7	60° (Tam Açık)

Buradaki "y" değeri berraklaştırma işleminde her bir alanı hesaplamak için gereklidir. Şekil 5'de berraklaştırma için oluşturulan üyelik fonksiyonu grafiğindeki yedi alan bize ağırlık ortalamaları yöntemiyle pencere açıklıklarının sayısal değerlerini vermektedir. Bu değerlerin yorumlanması ile sistemin başarısı bulunmuştur.

Şekil 5'deki pencere açıklık durumu üyelik fonksiyonlarından yamuk alanları hesaplanmıştır. Örneğin; tam kapalı (0⁰) üyelik fonksiyonu için;

$$a_1 = ((0.5 * y(1)) + 0.5);$$

$$a_2 = (2 - (0.5 * y(1)));$$

$$a = a_2 - a_1;$$

$$sa = (y(1) * (a + 1.5)) / 2 \text{ şeklinde hesaplanmıştır.}$$

Şekil 5'deki yedi alanın ağırlık ortalaması değeri "wa" ile ifade edilir. "wa" değeri sonuç pencere açıklık miktarını belirtmektedir. "wa" değeri aşağıdaki denklem yardımıyla bulunmuştur:

$$wa = (sa * (1.25) + sb * (2.25) + sc * (3.25) + sd * (4.25) + se * (5.25) + sf * (6.25) + sh * (7.25)) / (sa + sb + sc + sd + se + sf + sh)$$

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yukarıda belirtilen ölçümlere ve domates bitkisinin bulunduğu döneme ait yetiştirme isteklerine dayalı olarak gün içerisinde (24 saat) pencere açıklığı miktarına karar verme işlemi Bulanık Mantık kullanarak modellenmiştir. Çizelge 4'den de görüleceği üzere, gece ve sabahın erken saatlerinde, dış sıcaklığın düşük olması nedeniyle sera içi bağıl nem miktarı yüksek olmaktadır. Bu durumda ısıtma veya havalandırma yapılması gerekmektedir.

Çizelge 4. Ortam koşullarına bağlı olarak Bulanık Mantık modellemesi ile elde edilen pencere açıklığı karar değerleri

Ölçüm Saati*	Sera İçi Sıcaklık (°C)	Sera İçi Bağıl Nem (%)	Sera Dışı Sıcaklık (°C)	Bulanık Mantık değeri	Pencere açıklığı
Optimum Aralıklar					
	20-27	50-70	20-27	Şekil 4	
00:30:52	13.602	86.626	11.404	1.2500	0 ⁰
01:30:28	13.846	86.749	12.015	1.2500	0 ⁰
02:31:03	13.907	79.932	12.931	1.2500	0 ⁰
03:30:30	13.236	83.998	10.916	1.2500	0 ⁰
04:30:01	13.480	84.058	12.198	1.2500	0 ⁰
05:30:31	13.114	87.479	10.611	1.2500	0 ⁰
06:31:04	11.954	89.174	9.145	1.2500	0 ⁰
07:30:29	12.564	76.256	11.954	1.2500	0 ⁰
08:30:00	16.594	61.010	20.073	1.2500	0 ⁰
09:12:10	17.998	64.719	24.164	1.2500	0 ⁰
09:13:15	18.242	65.309	24.347	2.9475	10 ⁰ -20 ⁰
09:20:48	18.791	50.101	23.126	2.4289	10 ⁰
09:21:53	19.158	49.509	23.553	2.7982	10 ⁰ -20 ⁰

09:30:32	19.768	58.475	25.568	3.2500	20 ⁰
09:33:47	20.196	50.734	24.774	3.2500	20 ⁰
09:53:15	21.233	58.704	26.239	3.5067	20 ⁰ -30 ⁰
09:54:20	21.417	55.497	27.094	4.2500	30 ⁰
10:14:53	22.821	55.118	28.743	4.2500	30 ⁰
10:15:57	22.760	54.588	29.414	4.5824	30 ⁰ -40 ⁰
10:18:07	22.760	54.249	29.903	5.1002	40 ⁰
10:34:20	23.920	52.252	27.033	5.9314	40 ⁰ -50 ⁰
10:35:25	24.042	52.770	27.094	6.2500	50 ⁰
11:14:20	26.789	49.399	29.414	6.3100	50 ⁰
11:15:24	26.545	49.683	29.841	6.5682	50 ⁰ -60 ⁰
11:18:39	26.911	47.151	30.147	7.1339	60 ⁰
11:19:44	27.033	42.681	30.330	7.2500	60 ⁰
12:15:03	29.964	38.438	31.307	7.2500	60 ⁰
12:16:08	30.086	42.683	31.246	7.2500	60 ⁰
12:50:45	29.903	30.423	26.850	6.8591	50 ⁰ -60 ⁰
12:51:50	29.475	32.392	26.484	6.1089	50 ⁰
12:52:55	29.170	32.751	26.362	5.8007	40 ⁰ -50 ⁰
13:23:07	29.964	46.130	25.446	7.1326	60 ⁰
13:25:17	30.269	47.198	25.080	7.2500	60 ⁰
13:54:32	29.964	32.371	28.682	7.1913	60 ⁰
13:55:37	30.147	30.877	28.926	7.2500	60 ⁰
14:22:42	31.062	33.144	29.231	7.2500	60 ⁰
14:23:47	31.185	36.219	28.926	7.2500	60 ⁰
15:37:17	30.452	38.578	27.705	7.2500	60 ⁰
15:38:22	30.574	30.827	27.399	7.2500	60 ⁰
16:29:12	26.972	36.056	25.324	5.2500	40 ⁰
16:30:21	26.606	38.370	25.080	5.2500	40 ⁰
17:35:13	23.248	55.493	21.905	2.7810	10 ⁰ -20 ⁰
18:29:18	20.196	63.456	16.960	1.2500	0 ⁰
19:35:13	16.899	73.724	13.114	1.2500	0 ⁰
20:33:40	14.762	78.675	11.587	1.2500	0 ⁰
21:35:20	13.907	75.219	11.465	1.2500	0 ⁰
22:34:52	12.808	81.198	11.099	1.2500	0 ⁰
23:34:25	12.198	88.464	8.962	1.2500	0 ⁰

*Ölçümler, her bir dakikadaki verilerin ortalaması olduğundan seçilen değerler farklı pencere açıklıklarına göre seçilmiştir

Ancak dış sıcaklığın düşük olması nedeniyle sera içi sıcaklığı, bitkinin fizyolojik canlılığını sürdürebileceği eşik sıcaklığa (100C) yakın bir değerdedir. Bu durumda havalandırma yapılması sera içi sıcaklığını 100C'nin altına düşürebileceğinden bitkinin fizyolojik canlılığı durdurabilmektedir. Bu nedenden dolayı sera da havalandırma yapılmamıştır. Bu durumda serada ısıtma yapılarak sera içi sıcaklığı artırılarak sera içi bağıl nemi düşürülmelidir.

Dış sıcaklığın artmasıyla beraber sera içi sıcaklığı da artmaktadır. Sera içi sıcaklığının 20 0C'nin altında

olduğu durumlarda sera pencerelerin kapalı konumda olması planlanmıştır.

Uygulamada bazen sera içi sıcaklığının 20 0C'nin altında olduğu durumlarda (18-19 0C) pencereler (100, 100-200, 200) açılmaktadır.

Sera içi sıcaklığının 27 0C'nin üstünde olması durumunda, sıcaklık değerlerinde sera pencerelerinin tam açık (600) olması planlanmıştır. Uygulamada bazen sera içi sıcaklık 27 0C'nin üstünde (28-29 0C) olmasına rağmen, pencereler tam açık (600) konumunda olmamıştır.

Sistemdeki bu eksiklikler "M" değerlerinin sınıflandırılmasından veya üyelik fonksiyonların tanımlanmasından dolayı olabilir.

Sera içi sıcaklığının 27 0C'nin üstünde olduğu durumlarda pencereler tam açık konumda (600) olmasına rağmen, sera içi sıcaklığı bitkinin istediği

sıcaklık değerinden fazladır. Bu gibi durumlarda serada zorunlu havalandırma yapılmalıdır.

SONUÇLAR

Bulanık Mantık, sera içi klimasının otomatik olarak ayarlanmasında oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Bu çalışmada sadece üç parametre (dış sıcaklık, iç sıcaklık ve bağıl nem) değerlendirilmiştir. Parametre sayısı arttıkça sera klimasının otomatik kontrolünün etkili bir şekilde yapılması geleneksel kontrol sistemlerinin kullanımı ile daha güçleşirken, Bulanık Mantık kullanımında parametre sayısına fazla bağımlı olunmaksızın sera klimasının kontrolü etkili bir şekilde sağlanabilmektedir. Yapısı gereği Bulanık Mantık, 0-1 (Açık-Kapalı) arasında sonsuz karar verme esnekliği sağlamaktadır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Aydoğan, T., 1997. Uzman Sistemler İle Sera Kontrolü. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, S:23-24.
- Aydoğan, T., Yardımcı, A., Çakır, A., 2003. Seralardaki Nem ve CO2 Oranının Bulanık Mantık Kontrolü. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(1):11-16.
- Caponetto, R., Fortuna, L., Nunnari, G., Occhipinti, L.İ., 1998. A Fuzzy Approach to Greenhouse Climate Control. American Control Conference, Proceedings of The IEEE International Conference on, Volume:3, S:1866-1870.
- Çolak, A., 2002. Isıtılmayan Bir Cam Serada Sera İçi Sıcaklık, Çiğlenme Sıcaklığı ve Bağıl Nem Deseni Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,39(3):105-112.
- Çoşkun, M., 1995. Sera İçi Kliması Düzenleme İlkeleri ve Bu Konuda Gelişen Teknolojiler Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, S:6.
- Dayıoğlu, M. A., Silleli, H., 2002. Bilgisayar Kontrollü Sera Otomasyonu. Türktarım, Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Dergisi, Mart-Nisan, 144:28-31.
- Durmaz, N., 1994. Seralarda Havalandırma Kapaklarının Kademeli ve Otomatik Olarak Açılıp Kapatılması Üzerine Bir Çalışma. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, S:2.
- Elmas, Ç., 2003. Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık). Seçkin Yayıncılık San. Ve Tic. A.Ş., Birinci Baskı, Nisan, Ankara.
- Ertekin, Ü., 2002. Seracılık ve Örtüaltı "Biber-Domates-Hıyar-Patlıcan" Yetiştiriciliği. Mars Matbası, Ankara, S:124-127.
- Esmay, M.L., Dixon, J.E., 1986. Environmental Control for Agricultural Buildings. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut, S:253.
- Kurtmen, N., 1991. Yerli Yapım Seralarda Havalandırma Sistemlerinin Araştırılması. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, S:13-15.
- Kürklü A., Çağlayan N., 2005. Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma. Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi, 18(1):25-34.
- Lafont, F., Balmat, J.F., 2002. Optimized Fuzzy Control of a Greenhouse. Fuzzy Sets and Systems, 128(1):47-59.
- Lanfang, P., Wanliang, W., Qidi, W., 2000. Application of Adaptive Fuzzy Logic System to Model for Greenhouse Climate. Intelligent Control and Automation Congress, Proceeding of The IEEE International Conference, Volume:3, S:1687-1691.
- Quanxing, Z., Chwan-Hwa, W., Tilt, K., 1996. Application of Fuzzy Logic in an Irrigation Control System. Industrial Technology, 1996. (ICIT'96), Proceedings of The IEEE International Conference on, Page(s):593-597.
- Öztürk, H.H., 2004. Venlo Tip Cam Serada Fan-Ped Serinletme Sisteminin Etkinliği ile Duyulur ve Gizli Isı Transferi. Ankara Üni. Zir. Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 10(4):381-384.
- Pieters, J.G., 1999. Laboratory Measurements of PAR Transmittance of Wet and Dry Greenhouse Cladding Materials. Agr. and For. Meteo., 93(2):149-152.
- Yen, J., Zadeh, L.A., Langari, R., 1995. Applications of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. IEEE Press, New York.
- Zabeltitz, Chr. Von., 1992. Energy-Efficient Greenhouse Designs for Mediterranean Countries. Plasticsulture (96), Nr.4, S:6-16.