

R 413A SOĞUTUCU AKIŞKANIN TERMOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN (ANFIS) MODELİYLE BELİRLENMESİ

İsmail İlke KÖSE
Arzu ŞENCAN ŞAHİN
Reşat SELBAŞ

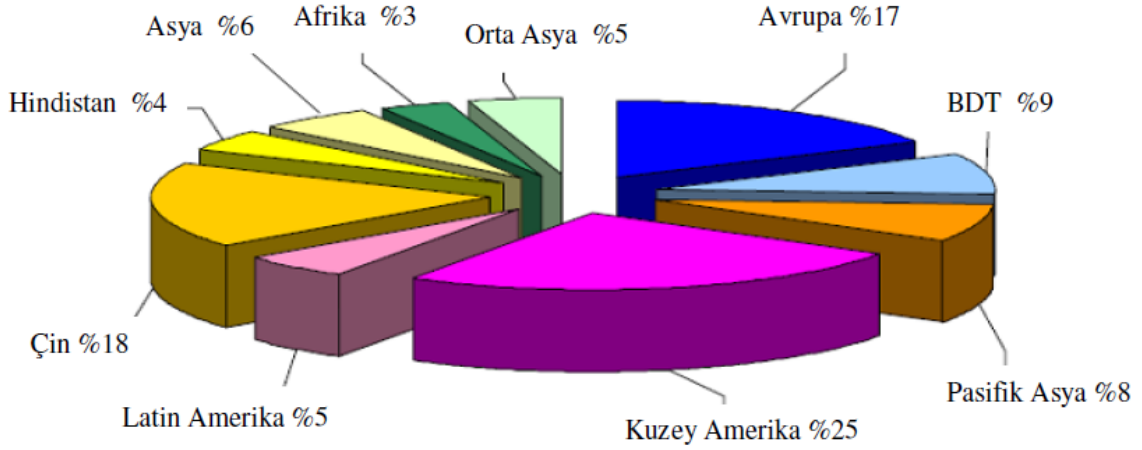
ÖZET

Bu çalışmada, adaptif sinir ağına dayalı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ile R413A soğutucu akışkanın termofiziksel özellikleri tahmin edilmiştir. R413A akışkanı atmosferdeki sera gazı emisyonlarını arttırmamakta ve küresel ısınmayı hızlandırıcı etkide bulunmamaktadır. Modelde sıcaklık ve basınç değerlerine bağlı olarak ısı iletim katsayısı, dinamik viskozite, kinematik viskozite, ısı yayılımı, yoğunluk, özgül ısı kapasitesi gibi termofiziksel özellikler tahmin edilmiştir. Modelin doğruluğu; ortalama karekök hata (RMSE), mutlak değişim yüzdesi (R^2) ve değişim katsayısı (cov) değerleri ile belirlenmiştir. Sonuç olarak geliştirilen model kullanılarak R413A soğutucu akışkanının termofiziksel özellikleri başarıyla tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anfis, Termofiziksel özellikler, R 413a

1. GİRİŞ

Günümüzde artan enerji tüketimleri nedeniyle birçok ülkede enerji ihtiyacını karşılamak öncelikli problemlerden birisi haline gelmiştir. Yapılan incelemelere göre, tüm dünyada doksanlı yıllarda kullanılan teknolojiler aynı kalsa idi, bugün 4,4 Gtoe (giga ton esdeger enerji) daha fazla enerji kullanıyor olacaktı. Birim miktar ürün üretebilmek için tüketilen elektrik miktarı özellikle az sanayileşmiş bölgelerde daha fazla olmakla birlikte birçok ülkede artmaktadır. Bunun nedenlerinden birisi iklimlendirme sistemi kullanımının artmasıdır. Artan tüketimi karşılamak için, 2050 yılında tüm dünya bugünün enerji kaynaklarının iki katına ihtiyaç duyacaktır [1-4]. Bazı bölgelerde bu enerji ihtiyacı daha verimli sistemlerle azaltılsa da ilk aşamada 2020 yılında daha çok birincil enerji kaynağına ihtiyaç olacaktır. Bunun yanında enerji kullanımından kaynaklı toplam CO₂ emisyonları 2006 yılında 1990 yılındaki seviyesinden 34% daha fazla olmuştur. Avrupa ülkelerinde, CO₂ emisyonları iklim ve çevre politikaları yardımıyla sabitlenmiş durumda iken, ekonomik açıdan büyüme gösteren ülkelerde iki katına çıkmıştır [1-4]. CO₂ emisyonlarının artışı küresel ısınmaya neden olmaktadır. Elektrik dönüşüm sistemlerinin verimsiz kullanımı sera gazlarının artışına ve dolaylı olarak küresel ısınmanın artmasına neden olmaktadır. Sekil 1'de tüm dünyada ülkelere göre CO₂ salınımları gösterilmiştir.



Şekil 1 Enerji kullanımından kaynaklı dünya CO₂ salınımı[1-4]

Bu salınımlarla birlikte özellikle soğutma sistemlerinde en çok kullanılan CFC grubu soğutucu akışkanların ozonu tahrip etme potansiyelleri oldukça fazladır. CFC'lerin yerine aynı özellikleri gösteren fakat ozon üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmayan HFC'lerin ve karışımlardan oluşan diğer soğutucu akışkanların kullanılması önerilmektedir. R413A soğutucu akışkanı HFC ve karışımdan oluşmaktadır.[10–11]

Bu çalışmada R413A soğutucu akışkanın termofiziksel özellikleri ANFIS metoduyla tahmin edilmiştir.

2. ANFİS

ANFIS (Adaptive Network Based Fuzzy Inference System) yapısı, Sugeno tipi bulanık sistemlerin, sinirsel öğrenme kabiliyetine sahip bir ağ yapısı olarak temsilinden ibarettir. Bu ağ, her biri belli bir fonksiyonu gerçekleştirmek üzere, katmanlar halinde yerleştirilmiş düğümlerin birleşiminden oluşmuştur. ANFIS'in, yapısında hem yapay sinir ağları hem de bulanık mantık kullanılır. Yapı bakımından ANFIS, bulanık çıkarım sistemindeki eğer ise kuralları ve giriş çıkış bilgi çiftlerinden oluşur. Ancak sistem eğitiminde ve denetiminde YSA öğrenme algoritmaları kullanılır. Şekil 2'de birinci dereceden iki girişli bir ANFIS yapısı gösterilmiştir. ANFIS, 5 tabakalı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı yapısına sahiptir. Bu tabakaların görevleri şu şekilde özetlenebilir [5-9].

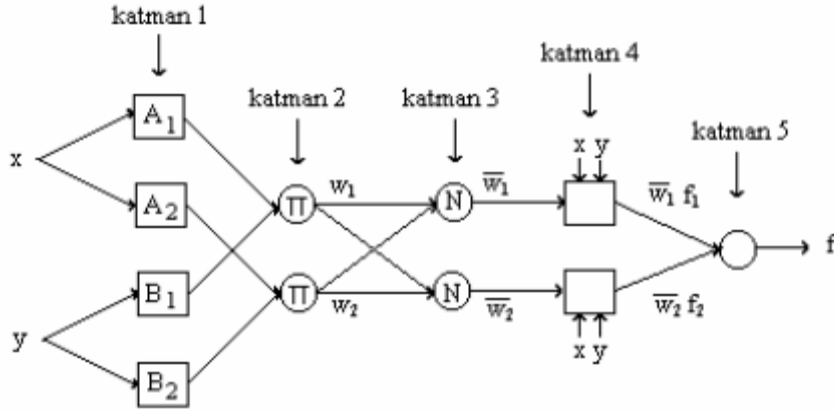
1. Tabaka: Girdi değişkenlerinin her biri adaptif bir bağlantı ucu (node) oluşturur, yani, node sayısı girdi değişkeni sayısına eşittir. Bu değişkenlerin üyelik fonksiyonları node fonksiyonu olarak kullanılır. Bu üyelik fonksiyonlarının parametreleri "öncül parametreler" olarak adlandırılır.

2. Tabaka: Nodlar sabit karakterdedir. Node sayısı kural sayısına eşittir. Node girdileri, kuralların öncül kısmındaki değişkenlerin üyelik fonksiyon değerleri, node çıktıları ise, kuralların ağırlık dereceleri (firing strenght) dir

3. Tabaka: Node girdileri, kuralların ağırlık dereceleri, çıktıları ise, normalize edilmiş ağırlık dereceleridir. Yani bu tabakanın görevi, kuralların ağırlıklarını normalize etmektir.

4. Tabaka: Bu tabakadaki nodlar adaptifdir. Node fonksiyonu, Sugeno Sistemi'nde, herhangi bir mertebeden (çoğunlukla 1. mertebe) bir fonksiyondur. Model parametreleri, "berraklaştırma" veya "sonuç parametreleri" olarak adlandırılır.

5. Tabaka: Tek noddan ibaret olan bu tabakanın çıktısı, crisp karakterde model çıktısıdır.



Şekil 2. Birinci dereceden iki girişli ve iki kurallı ANFIS yapısı [5]

Bu yapının parametreleri; öncül ve sonuç parametreleridir. Eğitim veri seti, bu yapay sinir ağına tanıtılır ve herhangi bir eğitime algoritması vasıtasıyla, eğitim veri setinde girdi-çıkı fonksiyonel ilişkisini en iyi şekilde öğrenir. Aslında bu işlem bir optimizasyon işleminden başka bir şey değildir. Model çıktısı ile eğitim veri seti çıktısı (ölçüm, deneysel sonuç vs.) arasındaki farkın kareler toplamı şeklinde ifade edilen hata fonksiyonunun minimum olduğu şartların bulunması, yani, parametrelerin optimum değerlerinin tespiti hedeflenir [5-9].

3. ANFIS MODEL SONUÇLARI

Tablo 1'de soğutucu akışkanın termofiziksel özelliklerinin tahmininde kullanılan modelin girdi-çıkı parametreleri görülmektedir.

Tablo 1. Girdi ve Çıkı Parametreleri

Soğutkan	Girdi Parametreleri	Çıkı Parametreleri
R413A	Sıcaklık (t) Basınç (P)	Isı iletim katsayısı (λ) Dinamik Viskozite (μ) Kinematik Viskozite (u) Isıl Yayılm (a) Yoğunluk (ρ) Özgül Isı (c)

Tablo 2'de ANFIS modelinde kullanılan bazı parametreler verilmiştir.

Tablo 2. ANFIS Test ve Eğitim Parametreleri

	Doymuş sıvı ve Doymuş Buharın Özellikleri	Kızgın buhar özellikleri
Eğitim veri sayısı	480	3185
Test veri sayısı	120	797
Üyelik fonksiyonu tipi	gaussMF	gaussMF
Fuzzy kural sayıları	240	110
Öğrenilen Kuralları	Least square estimation Gradient descent algoritma	Least square estimation Gradient descent algoritma
Momentum Sabiti	1,25	1,25
İterasyon sayısı	1000	1000

Tablo 3 ve Tablo 4'te sıvı ve buhar fazındaki termofiziksel özelliklerin istatistiksel sonuçları ile kızgın buhar fazındaki istatistiksel sonuçlar verilmiştir.

Tablo 3. Sıvı ve Buhar fazındaki termofiziksel özelliklerin istatistiksel sonuçları

Termofiziksel Özellikler	Faz					
	Sıvı Fazı			Buhar Fazı		
	Parametrelerin Karşılaştırılması			Parametrelerin Karşılaştırılması		
	R ²	RMSE	cov	R ²	RMSE	cov
Isı iletim katsayısı	1	0,0002589	0,000325754	1	0,000265296	0,000474953
Dinamik Viskozite	1	0.0003792	0.000708307	1	8.61438E-15	1.16781E-14
Kinematik Viskozite	1	0.000540	0.000914874	1	0.000666	0.002661655
Isıl Yayılım	1	0.000000004	4.76003E-09	1	0.0006291	0.002480445
Yoğunluk	1	0.0000001	6.22517E-08	1	0.0002054	0.001113456
Özgül Isı	1	0.0003136	0.000433326	1	0.0003114	0.00055843

Tablo 4. Kızgın buhar fazındaki termofiziksel özelliklerin istatistiksel sonuçları

Termofiziksel	R ²	RMSE	cov
Isı iletim katsayısı	0.99	0.003007498	0.030000355
Dinamik Viskozite	1	0.001974	0.002946
Kinematik Viskozite	0.99	0.036255	0.120473
Isıl Yayılım	0.99	0.03891	0.131739
Yoğunluk	0.99	0.003503	0.077467
Özgül Isı	0.99	0.009328	0.048995

Tablo 5'de R413A soğutucu akışkanının gerçek ısı iletim katsayısı ile ANFIS modelinden tahmin edilen ısı iletim katsayılarının karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 5. Sıvı ve buhar fazı için gerçek ve tahmin edilen ısı iletim katsayısı değerlerin karşılaştırılması

Sıcaklık	Sıvı fazındaki basınç	Buhar fazındaki basınç	Sıvı fazındaki ısı iletim katsayısı			Buhar fazındaki ısı iletim katsayısı		
			Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata	Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata
t (°C)	P _l (bar)	P _v (bar)						
-48	0,511155	0,364013	0,108715	0,108695	0,000020	0,007697417	0,00769512	2,29707E-06
-45	0,592669	0,430527	0,107274	0,107270	0,000004	0,007939042	0,007929597	9,44549E-06
-42	0,684458	0,506541	0,105844	0,105844	0,000000	0,008181368	0,00818539	-4,02288E-06
-38	0,824429	0,624326	0,103955	0,103979	-0,000024	0,008505659	0,008505132	5,26643E-07
-34	0,986623	0,763101	0,102086	0,102114	-0,000028	0,00883146	0,008824874	6,58613E-06
-28	1,276967	1,016241	0,099318	0,099263	0,000055	0,009323411	0,009315145	8,2667E-06
-23	1,567676	1,274317	0,097041	0,097069	-0,000028	0,009736845	0,009741467	-4,62226E-06
-19	1,836046	1,515716	0,095239	0,095204	0,000034	0,010070258	0,010061209	9,04854E-06
-15	2,139397	1,791496	0,093452	0,093450	0,000003	0,010406406	0,010402267	4,13893E-06
-11	2,480764	2,104861	0,091681	0,091695	-0,000013	0,010745602	0,010742225	3,2682E-06

Tablo 6'da R413A soğutucu akışkanının gerçek dinamik viskozite değerleri ile ANFIS modelinden tahmin edilen dinamik viskozite değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 6. Sıvı ve buhar fazı için gerçek ve tahmin edilen dinamik viskozite değerlerin karşılaştırılması

Sıcaklık t (°C)	Sıvı fazındaki basınç P _l (bar)	Buhar fazındaki basınç P _v (bar)	Sıvı fazındaki Dinamik Viskozite			Buhar fazındaki Dinamik Viskozite		
			Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata	Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata
-48	0,511155	0,364013	0,000483738	0,000483601	1,3683E-07	9,02824E-06	9,04002E-06	-1,2E-08
-45	0,592669	0,430527	0,000460657	0,000461097	-4,39142E-07	9,14658E-06	9,15858E-06	-1,2E-08
-42	0,684458	0,506541	0,000439181	0,000439592	-4,11298E-07	9,26481E-06	9,27714E-06	-1,2E-08
-38	0,824429	0,624326	0,00041277	0,000413086	-3,16967E-07	9,42227E-06	9,44016E-06	-1,8E-08
-34	0,986623	0,763101	0,000388608	0,000388581	2,61669E-08	9,57954E-06	9,58835E-06	-8,8E-09
-28	1,276967	1,016241	0,000355995	0,000356075	-7,93061E-08	9,81507E-06	9,82547E-06	-1E-08
-23	1,567676	1,274317	0,00033167	0,000331569	1,00144E-07	1,0011E-05	1,00181E-05	-7,1E-09
-19	1,836046	1,515716	0,000313815	0,000314066	-2,50624E-07	1,01675E-05	1,01811E-05	-1,4E-08
-15	2,139397	1,791496	0,00029722	0,000297562	-3,41983E-07	1,03238E-05	1,03442E-05	-2E-08
-11	2,480764	2,104861	0,000281752	0,000282059	-3,07315E-07	1,048E-05	1,04924E-05	-1,2E-08

Tablo 7'de R413A soğutucu akışkanının gerçek kinematik viskozite değerleri ile ANFIS modelinden tahmin edilen kinematik viskozite değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 7. Sıvı ve buhar fazı için gerçek ve tahmin edilen kinematik viskozite değerlerin karşılaştırılması edilen ısı yayılım değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir.

Sıcaklık t (°C)	Sıvı fazındaki basınç P _l (bar)	Buhar fazındaki basınç P _v (bar)	Sıvı fazındaki Kinematik Viskozite			Buhar fazındaki Kinematik Viskozite		
			Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata	Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata
-48	0,511155	0,364013	3,47165E-07	3,47453E-07	-2,88E-10	4,37258E-06	4,37805E-06	-5,5E-09
-45	0,592669	0,430527	3,32635E-07	3,33154E-07	-5,19E-10	3,78524E-06	3,79399E-06	-8,7E-09
-42	0,684458	0,506541	3,19104E-07	3,19928E-07	-8,24E-10	3,29202E-06	3,29681E-06	-4,8E-09
-38	0,824429	0,624326	3,02452E-07	3,03127E-07	-6,76E-10	2,75155E-06	2,74654E-06	5,01E-09
-34	0,986623	0,763101	2,87203E-07	2,87399E-07	-1,96E-10	2,31665E-06	2,31211E-06	4,53E-09
-28	1,276967	1,016241	2,666E-07	2,66666E-07	-6,61E-11	1,81242E-06	1,81494E-06	-2,5E-09
-23	1,567676	1,274317	2,51216E-07	2,51295E-07	-7,97E-11	1,49288E-06	1,49636E-06	-3,5E-09
-19	1,836046	1,515716	2,39915E-07	2,40214E-07	-2,99E-10	1,28645E-06	1,2888E-06	-2,3E-09
-15	2,139397	1,791496	2,29404E-07	2,29848E-07	-4,44E-10	1,11436E-06	1,11503E-06	-6,6E-10
-11	2,480764	2,104861	2,196E-07	2,20196E-07	-5,96E-10	9,70001E-07	9,65391E-07	4,61E-09

Tablo 8'de R413A soğutucu akışkanının gerçek ısı yayılım değerleri ile ANFIS modelinden tahmin

Tablo 8. Sıvı ve buhar fazı için gerçek ve tahmin edilen ısı yayılım değerlerin karşılaştırılması

Sıcaklık t (°C)	Sıvı fazındaki basınç P _l (bar)	Buhar fazındaki basınç P _v (bar)	Sıvı fazındaki ısı yayılım			Buhar fazındaki ısı yayılım		
			Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata	Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata
-48	0,511155	0,364013	6,30621E-08	6,30392E-08	2,28467E-11	5,03219E-06	5,03843E-06	-6,2E-09
-45	0,592669	0,430527	6,23361E-08	6,23402E-08	-4,10751E-12	4,3821E-06	4,39134E-06	-9,2E-09
-42	0,684458	0,506541	6,16129E-08	6,16412E-08	-2,82708E-11	3,83066E-06	3,83275E-06	-2,1E-09
-38	0,824429	0,624326	6,06529E-08	6,06244E-08	2,85089E-11	3,21986E-06	3,21884E-06	1,02E-09
-34	0,986623	0,763101	5,96976E-08	5,96712E-08	2,64216E-11	2,72278E-06	2,71555E-06	7,23E-09
-28	1,276967	1,016241	5,82727E-08	5,82732E-08	-4,37873E-13	2,13934E-06	2,14037E-06	-1E-09
-23	1,567676	1,274317	5,70917E-08	5,70658E-08	2,59407E-11	1,76511E-06	1,76981E-06	-4,7E-09
-19	1,836046	1,515716	5,61503E-08	5,61761E-08	-2,58271E-11	1,5213E-06	1,52646E-06	-5,2E-09
-15	2,139397	1,791496	5,52111E-08	5,52229E-08	-1,17749E-11	1,31674E-06	1,3163E-06	4,43E-10
-11	2,480764	2,104861	5,42734E-08	5,42697E-08	3,76436E-12	1,14417E-06	1,13932E-06	4,86E-09

Tablo 9'da R413A soğutucu akışkanının gerçek yoğunluk değerleri ile ANFIS modelinden tahmin edilen yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 9. Sıvı ve buhar fazı için gerçek ve tahmin edilen yoğunluk değerlerin karşılaştırılması

Sıcaklık	Sıvı fazındaki basınç	Buhar fazındaki basınç	Sıvı fazındaki Yoğunluk			Buhar fazındaki Yoğunluk		
			Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata	Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata
t (°C)	P _l (bar)	P _v (bar)						
-48	0,511155	0,364013	1393,396083	1393,448454	-0,052370737	2,064739177	2,062862903	0,001876
-45	0,592669	0,430527	1384,874543	1385,054186	-0,179643746	2,416379568	2,408808856	0,007571
-42	0,684458	0,506541	1376,291527	1376,659919	-0,368391509	2,814320171	2,818818874	-0,0045
-38	0,824429	0,624326	1364,745708	1364,068517	0,677190735	3,424351821	3,433833901	-0,00948
-34	0,986623	0,763101	1353,075294	1352,87616	0,199134137	4,135089703	4,13853862	-0,00345
-28	1,276967	1,016241	1335,314766	1334,68858	0,626186838	5,415445138	5,419819926	-0,00437
-23	1,567676	1,274317	1320,257763	1320,698133	-0,440370178	6,705841238	6,701101233	0,00474
-19	1,836046	1,515716	1308,027754	1308,106732	-0,078977455	7,903570761	7,905505661	-0,00193
-15	2,139397	1,791496	1295,619825	1295,51533	0,104495277	9,264341826	9,263663846	0,000678
-11	2,480764	2,104861	1283,019802	1282,923928	0,095873321	10,80407883	10,80120141	0,002877

Tablo 10'da R413A soğutucu akışkanının gerçek özgül ısı ile ANFIS modelinden tahmin edilen özgül ısı değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 10. Sıvı ve buhar fazı için gerçek ve tahmin edilen özgül ısı değerlerin karşılaştırılması

Sıcaklık	Sıvı fazındaki basınç	Buhar fazındaki basınç	Sıvı fazındaki özgül ısı			Buhar fazındaki özgül ısı		
			Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata	Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	Hata
t (°C)	P _l (bar)	P _v (bar)						
-48	0,511155	0,364013	1237,218813	1236,844732	0,37408136	740,8370628	739,9130526	0,92401
-45	0,592669	0,430527	1242,63257	1242,52702	0,105549768	749,7565528	750,1187498	-0,3622
-42	0,684458	0,506541	1248,198014	1248,209308	-0,011294781	758,88939	758,6234976	0,265892
-38	0,824429	0,624326	1255,864351	1255,785693	0,078658413	771,4231613	770,5301444	0,893017
-34	0,986623	0,763101	1263,826808	1263,362077	0,464731147	784,3954285	784,1377408	0,257688
-28	1,276967	1,016241	1276,370927	1276,620749	-0,249822355	804,7499873	804,5491353	0,200852
-23	1,567676	1,274317	1287,429384	1287,985326	-0,555941884	822,6085071	823,2595803	-0,65107
-19	1,836046	1,515716	1296,715286	1297,455806	-0,740519958	837,5344132	836,8671767	0,667237
-15	2,139397	1,791496	1306,43118	1306,926287	-0,495106096	853,0731436	852,1757226	0,897421

Tablo 11'de 413A soğutucu akışkanının 1 bar basınçta farklı sıcaklıklardaki kızgın buhar özelliklerinden bazılarının karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 11. Kızgın buhar için gerçek ve tahmin edilen termodinamik özelliklerin karşılaştırılması (P=1 bar)

t(°C)	$\lambda_{gerçek}$	$\lambda_{anfıs}$	$\mu_{gerçek}$	$\mu_{anfıs}$	$P_{gerçek}$	$\rho_{anfıs}$	$a_{gerçek}$	$a_{anfıs}$
-20	0,00996 0801	0,010045 949	1,01284E -05	1,01337E -05	5,128566 16	5,148607 949	2,40277E -06	2,17E- 06
-5	0,01116 3829	0,011238 454	1,07138E -05	1,07262E -05	4,804259 388	4,739988 27	2,81501E -06	2,73E- 06
15	0,01277 8955	0,012828 46	1,14897E -05	1,15231E -05	4,438596 614	4,167920 72	3,36812E -06	3,46E- 06
30	0,01399 8099	0,014057 101	1,20683E -05	1,20951E -05	4,202395 613	3,677577 106	3,79133E -06	3,97E- 06
50	0,01563 3336	0,015647 108	1,28351E -05	1,28511E -05	3,926762 504	2,887579 061	4,36925E -06	4,55E- 06

65	0,01686 7159	0,016875 749	1,34068E -05	1,34027E -05	3,744062 214	2,503476 563	4,81364E -06	4,89E- 06
90	0,01893 6378	0,019007 803	1,43604E -05	1,43221E -05	3,476297 308	3,922748 913	5,57556E -06	5,37E- 06
110	0,02060 2374	0,020742 355	1,51183E -05	1,50985E -05	3,289173 156	4,658264 335	6,20431E -06	5,79E- 06
120	0,02143 8744	0,021501 222	1,54948E -05	1,54867E -05	3,203212 926	3,841024 978	6,5251E- 06	6,05E- 06

SONUÇ

Bu çalışmada, ANFIS metoduyla R413A soğutucu akışkanın termofiziksel özellikleri tahmin edilmiştir. Modelin doğruluğu; ortalama karekök hata (RMSE), mutlak değişim yüzdesi (R^2) ve değişim katsayı (cov) değerleri ile belirlenmiştir. Gerçek ve tahmin edilen özelliklerin karşılaştırılmaları yapılmıştır. Sonuç olarak bu metodun soğutucu akışkanların termofiziksel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Erken O.,2009. Bir Soğutma Grubunda Kompresör Hızının ve Elektronik Genleşme Vanasının Bulanık Mantık Algoritma İle Kontrolü. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 154,İzmir.
- [2]Dünya Enerji Konseyi Raporu (o1 Ocak 2007). Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050 Executive Summary. 08 Augustos 2008, <http://www.worldenergy.org/publications>.
- [3] Dünya Enerji Konseyi Raporu (01 Ocak 2008). Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation Executive Summary. 08 Augustos 2008, <http://www.worldenergy.org/publications>.
- [4] İklimlendirme Sogutma Enstitüsü (01 Aralık 2003). Standart 550/590 performance rating of water chilling packages using the vapor compression cycle. 08 Augustos 2008, http://ari.org/Content/FindaStandard_218.aspx.
- [5] Caner,M., Akarslan,E.,2009. Mermer Kesme İşleminde Spesifik Enerji Faktörünün ANFIS ve YSA Yöntemleri ile Tahmini. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 15 Sayı 2, 221-226.
- [6] Jang, J.S.R. 1993. ANFIS: Adaptive network-based fuzzy inference systems, IEEE Trans. Syst., Man. and Cybern. Vol. 23, pp. 665-685.
- [7] Jang, J.S.R, Sun, C.T. and Mizutani, E. 1997. Neuro-fuzzy and soft computing: acomputational approach to learning and machine intelligence, Prentice Hall, N.J.
- [9] Perez, P. 2001. Prediction of sulfur dioxide concentration at a site near downtown santiago, chile, Atmospheric Envi-ronment. (35), 4929-4935.
- [10] Sencan,A.,Köse,İ.,İ.,Selbas,R.,2011.Prediction of thermophysical properties of mixed refrigerants using artificial neural network.Energy Conversion and Management, sayı 52 , sayfa 958–974
- [11] Sencan,A.,Köse,İ.,İ.,Selbas,R.,2011. An adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) model for thermophysical properties of new refrigerant.Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research, **27(2)**: 275-286.

ÖZGEÇMİŞ

İsmail İlke KÖSE

1984 yılında doğdu. 2008 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümünden Tesisat öğretmeni olarak mezun oldu. Aynı yıl SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2010 yılından beri SDÜ Yalvaç Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulunda Öğr. Gör. olarak görev yapmaktadır. İlgili alanları; ısı, enerji, yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi ve uygulamaları ve benzeri konulardır.

Arzu ŞENCAN ŞAHİN

1975 yılında Manisa'da doğdu. 1996 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1999 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını, 2004 yılında doktorasını tamamladı. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.

Reşat SELBAŞ

1963 Isparta doğumludur. Lisans ve yüksek lisansını Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi'nde tamamlamıştır. Yüksek lisansında "Atık Isı Geri Kazanımı" üzerine çalışmıştır. Doktora çalışmasını Süleyman Demirel Üniversitesi'nde "Akışkan Yataklı Kurutma" üzerine yaparak doktor ünvanını almıştır. Daha sonra Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği'nde doçent ünvanını almıştır. Çalışma konuları; iklimlendirme sistemleri, güneş enerjisi, soğutma sistemleri, güç çevrimleri v.s.'dir. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. İngilizce ve Almanca bilmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.