

# ABSORBSİYONLU SİSTEMLERDE METHANOL-LIBR VE METHANOL-LICL ERİYİKLERİNİN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN TESBİTİ İÇİN YENİ BİR METOD

Reşat SELBAŞ  
A.Kemal YAKUT  
Arzu ŞENCAN  
Erkan DİKMEN

## ÖZET

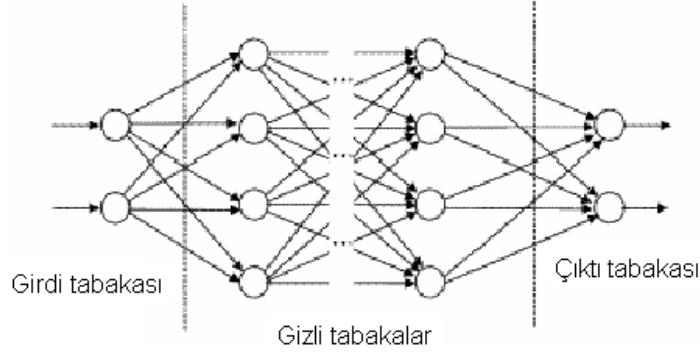
Bu çalışmada, absorbsiyonlu sistemlerde kullanılan alternatif akışkan çiftlerinden methanol-LiBr ve methanol-LiCl eriyiklerinin bazı termodinamik özellikleri, yeni bir metot olan Yapay Sinir Ağlarıyla (YSA) tahmin edilmiştir. Bu metotta, methanol-LiBr ve methanol-LiCl eriyikleri için mevcut deneysel sonuçlar kullanılmıştır. Sonuç olarak, YSA metodu yardımıyla tahmin edilen değerlerin deney sonuçlarıyla oldukça iyi bir uyum gösterdiği görülmüştür.

## 1. GİRİŞ

Yirminci yüzyılın ilk yıllarında absorbsiyonlu sistemler oldukça rağbet görmüş ve çeşitli uygulama alanları bulmuştur. Ancak klasik buhar sıkıştırımlı sistemler daha ekonomik olduğu için 1930'lu yıllardan sonra uzun süre bu konuda fazla çalışma yapılmamıştır. Günümüzde, fosil yakıt rezervlerindeki azalma, bu yakıtların ve kullanılan soğutucu akışkanların oluşturduğu çevre kirliliği problemleri yüzünden absorbsiyonlu sistemler önem kazanmıştır. Absorbsiyonlu sistemlerde, değişik enerji kaynaklarından sağlanan ısı enerjisi, soğutma etkisi üretmek için direkt olarak kullanılmaktadır[1,2]. Absorbsiyonlu sistemlerde en fazla amonyak/su, lityum bromid/su akışkan çifti kullanılmaktadır. Bu akışkan çiftlerinin termodinamik özellikleriyle ilgili çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Bu çalışmada, hali hazırda kullanılan akışkan çiftlerine alternatif olarak methanol-LiBr ve methanol-LiCl akışkan çiftinin deneysel olarak bulunan verileri kullanılarak termodinamik özellikleri yapay sinir ağları metoduyla belirlenmiştir.

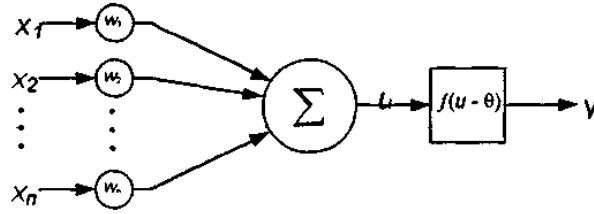
## 2. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

Yapay sinir ağları, insan beynindeki nöronların çalışma prensiplerine dayanılarak modellenen sistemlerdir. Basit ve sınırsız imkanları nedeniyle yapay zeka uygulamalarında en geniş kullanım alanına sahiptir. Yalnızca eleme ve karar verme değil öğrenme işlevini de gerçekleştirmelerinden dolayı avantajlıdır[3,4]. Yapay sinir ağlarının iki türlü çalışma şekli vardır. Biri eğitime (öğrenme) diğeri test (kullanma) aşamasıdır. Bir yapay sinir ağının kullanılabilmesi için önce eğitilmesi gerekir. Bir YSA'nın birim elemanı nörondur (düğüm). Yapay sinir ağları Şekil 1'den görüldüğü üzere temel olarak girdi, gizli ve çıktı tabakaları olmak üzere üç tabakadan oluşmakta ve her tabakada bir çok nöron (düğüm) bulunmaktadır.



Şekil 1. Üç tabakalı bir yapay sinir ağı.

Yapay bir sinir hücresi Şekil 2'de görülmektedir. Her yapay sinir hücresi Şekil 2'den görüldüğü gibi girdiler ( $X_n$ ), ağırlıklar ( $W_n$ ), toplam fonksiyonu ( $\Sigma$ ), aktivasyon fonksiyonu  $f(\Sigma)$  ve çıktı ( $y$ ) olmak üzere beş ana kısımdan oluşur [5].



Şekil 2. Yapay sinir hücresi

Girdiler, girdi seti veya kendinden önceki bir katmandaki başka bir işlem elemanının çıktısıdır. Burada  $X$  girdi bilgilerini içeren vektör olmak üzere  $X^T = [X_1, X_2, \dots, X_n]$  şeklinde ifade edilebilir. Ağırlıklar, girdi seti veya kendinden önceki bir katmandaki başka bir işlem elemanının, bu işlem elemanı üzerindeki etkisini ifade eden değerlerdir. Ağırlık katsayı değerlerini içeren vektör ise  $W^T = [W_1, W_2, \dots, W_n]$  ile gösterilebilir. Toplam fonksiyonu, girdiler ve ağırlıkların tamamının bu işlem elemanına etkisini hesaplayan bir fonksiyondur. Aktivasyon fonksiyonu, toplam fonksiyonun çıktısında hesaplanan değerlerin 0 ile 1 (sigmoid) veya -1 ile 1 (tanh) arasında işlem elemanı çıktı değerine dönüştürüldüğü fonksiyondur. Çıktı, aktivasyon fonksiyonunun sonucudur [6].

Hücreye taşınan her bil bilgi, girdi değerleri ve bağlantı ağırlık değerlerinin çarpılmasıyla elde edilir. Hücrede toplanan net bilgi:

$$NET = \sum_{i=1}^n X_i W_i = W_1 X_1 + W_2 X_2 + \dots + W_n X_n \quad (1)$$

olarak elde edilir. Hücrede toplanan bilgi bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek hücrenin gerçek çıktı değeri olan  $y$  değeri,  $y = f(NET)$  ifadesi ile elde edilir. Bu çalışmada sigmoid (eşik) aktivasyon fonksiyonu seçildiği için  $y$  çıktı değeri:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-NET}} \quad (2)$$

olarak bulunur.

Mühendislikte ve pek çok alanda en çok kullanılan öğrenme algoritması, geriye yayılma algoritmasıdır. Bunun en büyük nedeni, öğrenme kapasitesinin yüksek ve algoritmasının basit olmasıdır. Bu yüzden yapılan çalışmada YSA'yı eğitmek için geriye yayılma algoritması kullanılmıştır.

Geriye yayılmalı ağda, öncelikle ilk katmana bir girdi vektörü uygulanır. Daha sonra girdi ve 1. katman arasındaki ağırlıklar yardımıyla, 1. katmandaki her birimin aldığı toplam girdi belirlenir. Her birim, girdisini lineer olmayan bir fonksiyondan geçirerek bir sonraki katmana göndereceği çıktıyı belirler. Bir

katmandaki tüm birimlerin durumları paralel olarak belirlenir. Bu işlem, çıktı katmanındaki birimlerin durumları belirleninceye kadar sırayla tekrar edilir.

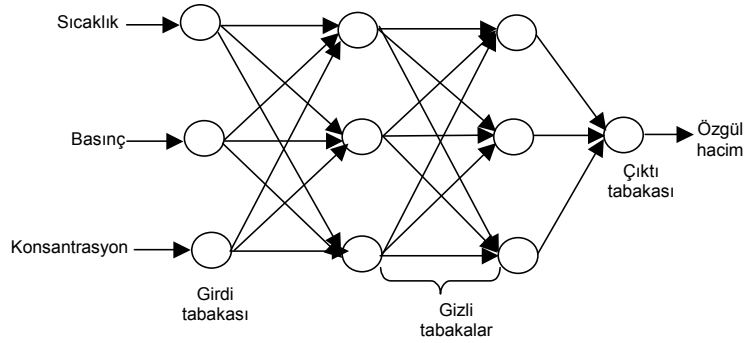
Geriyeye yayılma algoritması, gerçek çıktı  $y$  ile istenen çıktı  $d$  arasındaki karesel hatayı minimum yapmak için gradyene azalma algoritmasını (gradyene descent algorithm) kullanır ve hata aşağıdaki gibi hesaplanır [3,4].

$$E = \frac{1}{2} \left[ \sum_p \sum_k |d_{pk} - y_{pk}|^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

Burada;  $E$  ortalama karesel hatayı (MSE),  $d_{pk}$  istenen çıktı vektörünü ve  $y_{pk}$  gerçek çıktı vektörünü (ağ çıkıtısı) gösterir. Hatanın sıfır veya sıfıra çok yakın olması, ağı çok iyi eğitildiğini gösterir.

### 3. UYGULAMA

Bu çalışmada, absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sistemlerinde kullanılan metanol-LiBr ve metanol-LiCl eriyiklerinin sıcaklık, basınç ve konsantrasyon değerlerine bağlı olarak özgül hacim değerleri, ileri beslemeli yapay sinir ağı modeliyle yardımıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır. Modelde; sıcaklık, basınç ve konsantrasyon girdi değerlerini, özgül hacim ise tahmin edilmek istenen değeri ifade etmektedir. Yapay sinir ağlarını eğitmek için geriyeye yayılma algoritması ve eşik (sigmoid) aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Uygulamada kullanılacak yapay sinir ağı modeli farklı tabaka ve nöronlar için denenmiştir. Sonuç olarak en iyi tahmini, 1000 iterasyon sonucu Şekil 4'de görülen üç nöron ve iki gizli tabakaya sahip olan ağ mimarisi sağlamıştır.



Şekil 4. Uygulamada kullanılan yapay sinir ağı modeli

Methanol-LiBr ve metanol-LiCl akışkan çiftlerinin Tablo 1'de görüldüğü gibi 0.1-40 MPa basınç, 298-498K sıcaklık, %2-12 eriyik konsantrasyonları için deneyler yapılmıştır[7]. Eğitime ve test amaçlı kullanılan örneklerden bazıları Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. %2 ve %12 eriyik konsantrasyonuna ait deney sonuçlarından 64'ü yapay sinir ağını eğitmek için kullanılmış ve %7 eriyik konsantrasyonuna ait eğitilmeyen 26 değer sorgulanmıştır.

Tablo 1. Modelde kullanılan veri aralıkları

Eriyik	Veri sayısı	T(K)	P(MPa)	x
Methanol-LiBr	90	298-498	0.1-40	%2-12
Methanol-LiCl	90	298-498	0.1-40	%2-12

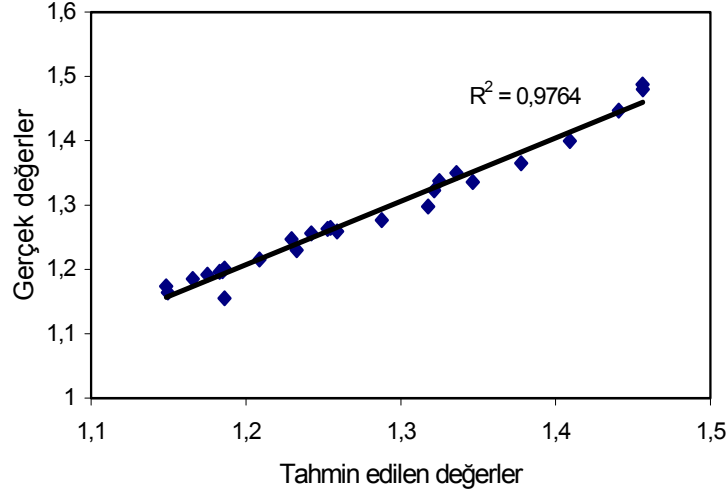
Yapay sinir ağları modelinde kullanılan değerler (P,v,T) deneysel olarak ölçülen değerlerdir. Ölçülen değerler girdi olarak kullanılarak sıcaklık, basınç ve konsantrasyona bağlı olarak özgül hacim değerleri YSA metodu ile tahmin edilmiş ve bu iş için MATLAB programı kullanılmıştır. Methanol- LiBr eriyiğinin gerçek(deneysel) özgül hacim değerleri ile YSA metodu kullanılarak tahmin edilen değerler arasındaki ilişki Şekil 5'te görülmekte olup regresyon değeri 0.9764 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, metanol- LiBr eriyiğinin özgül hacim değerlerinin YSA metoduyla % 97.64 oranında bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermektedir.

**Tablo 2.** LiCl-methanol eriyiğinin girdi ve çıktıları için bazı örnekler.

T (K)	P (MPa)	x (%)	v (cm <sup>3</sup> /g)
298,15	0,1	2	1,23750
298,15	40	2	1,19687
298,15	0,1	7	1,18210
298,15	40	7	1,14016
298,15	0,1	12	1,12408
298,15	40	12	1,09414
323,15	0,1	2	1,2744
323,15	40	2	1,22308
323,15	0,1	7	1,21038
323,15	40	7	1,16351
323,15	0,1	12	1,14728
323,15	40	12	1,11129
348,15	0,1	2	1,31339
348,15	40	2	1,25375
348,15	0,1	7	1,23843
348,15	40	7	1,18846
348,15	0,1	12	1,17193
348,15	40	12	1,13166
373,15	0,3	2	1,35551
373,15	40	2	1,28435
373,15	0,3	7	1,27456
373,15	40	7	1,21277
373,15	0,3	12	1,19751
373,15	40	12	1,15195
398,15	0,7	2	1,41674
398,15	40	2	1,32147
398,15	0,7	7	1,31690
398,15	40	7	1,23985
398,15	0,7	12	1,22620
398,15	40	12	1,17414
423,15	1,3	2	1,48594
423,15	40	2	1,36201
423,15	1,3	7	1,35933
423,15	40	7	1,27042
423,15	1,3	12	1,26080
423,15	40	12	1,19836
448,15	2,4	2	1,58246
448,15	40	2	1,40740
448,15	2,4	7	1,41705
448,15	40	7	1,30405
448,15	2,4	12	1,30569
448,15	40	12	1,22504
473,15	4	2	1,71963
473,15	40	2	1,41196
473,15	4	7	1,49341
473,15	40	7	1,34306
473,15	4	12	1,35016
473,15	40	12	1,25763
498,15	6,3	2	1,94514
498,15	40	2	1,52919
498,15	6,3	7	1,60241
498,15	40	7	1,39277
498,15	6,3	12	1,41569
498,15	40	12	1,29077

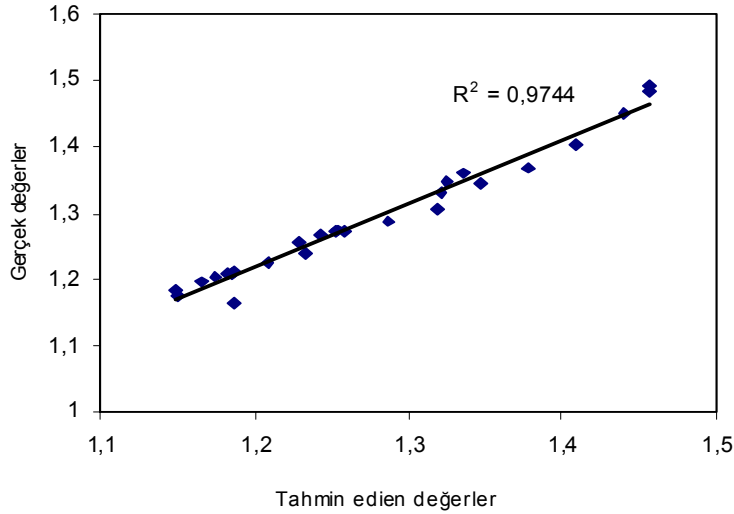
**Tablo 3.** LiBr-methanol eriyiğinin girdi ve çıktıları için bazı örnekler

T (K)	P (MPa)	x (%)	v (cm <sup>3</sup> /g)
298,15	0,1	2	1,23763
298,15	40	2	1,20213
298,15	0,1	7	1,17128
298,15	40	7	1,13273
298,15	0,1	12	1,11633
298,15	40	12	1,08912
323,15	0,1	2	1,18566
323,15	40	2	1,22803
323,15	0,1	7	1,18958
323,15	40	7	1,15491
323,15	0,1	12	1,10806
323,15	40	12	1,09563
348,15	0,1	2	1,32316
348,15	40	2	1,26064
348,15	0,1	7	1,22917
348,15	40	7	1,17661
348,15	0,1	12	1,12024
348,15	40	12	1,10287
373,15	0,3	2	1,32483
373,15	40	2	1,24384
373,15	0,3	7	1,26484
373,15	40	7	1,20141
373,15	0,3	12	1,19396
373,15	40	12	1,10989
398,15	0,7	2	1,42335
398,15	40	2	1,32515
398,15	0,7	7	1,30967
398,15	40	7	1,23357
398,15	0,7	12	1,20489
398,15	40	12	1,12204
423,15	1,3	2	1,49856
423,15	40	2	1,32826
423,15	1,3	7	1,35010
423,15	40	7	1,25925
423,15	1,3	12	1,2159
423,15	40	12	1,19518
448,15	2,4	2	1,5934
448,15	40	2	1,41801
448,15	2,4	7	1,41106
448,15	40	7	1,29490
448,15	2,4	12	1,30013
448,15	40	12	1,20159
473,15	4	2	1,68995
473,15	40	2	1,42493
473,15	4	7	1,48731
473,15	40	7	1,33612
473,15	4	12	1,31945
473,15	40	12	1,21235
498,15	6,3	2	1,93982
498,15	40	2	1,53844
498,15	6,3	7	1,59034
498,15	40	7	1,38084
498,15	6,3	12	1,41767
498,15	40	12	1,28209



**Şekil 5.** Methanol-LiBr eriyiği için gerçek değerler ile yapay sinir ağıları metodu kullanılarak hesaplanmış değerler arasındaki ilişki

Methanol- LiCl eriyiğinin gerçek(deneysel ) özgül hacim değerleri ile yapay sinir ağıları metodu kullanılarak tahmin edilen değerler arasındaki ilişki Şekil 6'da görülmekte olup regrasyon değeri 0.9744 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, methanol- LiCl eriyiğinin özgül hacim değerlerinin YSA metoduyla % 97.64 oranında bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermektedir.



**Şekil 6.** Methanol-LiCl eriyiği için gerçek değerler ile yapay sinir ağıları metodu kullanılarak hesaplanmış değerler arasındaki ilişki

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada, absorpsiyonlu sistemlerde kullanılmak üzere iki alternatif akışkan çiftinin termodinamik özelliklerinin belirlenmesi için YSA metodu kullanılmıştır. Bunun için deneysel olarak ölçülen veriler kullanılmıştır. Methanol- LiBr ve Methanol- LiCl eriyiğinin basınç, sıcaklık ve konsantrasyonuna (P,T, x) bağlı olarak gerçek özgül hacim(v) değerleri ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış değerler arasındaki ilişki Şekil 5 ve Şekil 6'da görülmekte olup korelasyon katsayıları sırasıyla 0.9764 ve 0.9744 olarak bulunmuştur. YSA ile tahmin edilen değerlerin, deneysel olarak elde edilen değerlere oldukça yakın olduğu görülmüştür. Sonuç olarak bu yeni yaklaşım, farklı akışkan ve akışkan çiftlerinin termodinamik özelliklerinin belirlenmesinde de oldukça yararlı olacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997
- [2] Tozer, R.M., James, R.W., " Fundamental thermodynamics of ideal absorption cycles", Int. J. Refrig., 20(2), 120-135, 1997.
- [3] Kalogirou, S. A., (2001), Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 5, 373–401.
- [4] Kalogirou, S.A., (1999), Applications of artificial neural networks in energy systems A review, Energy Conversion & Management, 40, 1073-1087.
- [5] Fu, L.M., 1994, Neural Networks in Computer Intelligence, McGraw-Hill International Editions, 460p.
- [6] Efe, Ö., Kaynak, O., 2000, Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul
- [7] Bulgan, A.T., Koç, A., Öztürk, N.A., 2000, Investigation of Thermodynamic Properties of Alternative Fluid Couples for Absorption Thermal Systems, Energy Conversion&Management, 41, 1029-1042

## ÖZGEÇMİŞLER

### Reşat SELBAŞ

1963 Isparta doğumludur. 1987'de Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliğini bitirdi. 1989'da Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden Yüksek Lisans derecesini aldı. 1990'da S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktora eğitimine başladı. 1998'de doktor unvanını aldı. Doktora tez konusu "Akışkan Yataklı Kurutucular" olup , Araştırma konuları "Tesisat", "Atık Isı Geri Kazanımı", "Soğutma", "İklimlendirme", "Enerji" üzerinde yoğunlaşmıştır. Halen S.D.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde yardımcı doçent olarak çalışmaktadır ve evlidir.

### A.Kemal YAKUT

1956 Maçka doğumludur. 1978 yılında K. T. Ü. Makina-Elektrik Fakültesi Makina Bölümünde Lisans öğrenimi tamamladı. 1983 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Öğrenimi ve 1987 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Anabilim Dalında Doktora Öğrenimini tamamladı. 1996 yılında Doçentlik ünvanını alarak halen S.D.Ü Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Yerli ve yabancı olmak üzere kırkın üzerinde yayını bulunmaktadır.

### Arzu ŞENCAN

1975 yılında Sarıgöl'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sarıgöl'de, lise öğrenimini 1992 yılında Isparta'da tamamladı. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 1996 yılında mezun oldu. 1999 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. Şu anda aynı üniversitede doktora öğrenimine devam etmektedir. 1997 yılından beri Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Isıtma, soğutma, termodinamik konularında çalışmaktadır.

### Erkan DİKMEN

1977 yılında Antalya'da doğdu. İlk-orta lise tahsilini Antalya'da tamamladı. 1999 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi tesisat öğretmenliğinden mezun oldu. 2002 yılında S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana bilim dalında yüksek lisansını tamamladı. "Tesisat", "Soğutma", "İklimlendirme", "Enerji" konularında araştırmalar yapmaktadır. 2002 yılında aynı enstitüde Makine Mühendisliği ana bilim dalında doktora eğitimine başladı ve devam etmektedir. 2000 yılında S.D.Ü. T.E.F. Makine eğitiminde araştırma görevliliğini kazandı. Halen aynı fakültede Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.