ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/387594006

Fotovoltaik Paneller için Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları Kullanan Etkin Bir Modelleme Yöntemi Önerisi

Conference Paper · September 2013

CITATIONS
0

READS
6

4 authors, including:



Osman Dogmus
Kahramanmaraş Sütçü İmam University
19 PUBLICATIONS **152** CITATIONS
SEE PROFILE



Saban Yilmaz
Kilis 7 Aralık University
33 PUBLICATIONS **342** CITATIONS
SEE PROFILE



Ahmet Gani
Kayseri University
132 PUBLICATIONS **489** CITATIONS
SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Ahmet Gani on 01 January 2025.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Fotovoltaik Paneller için Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları Kullanan Etkin Bir Modelleme Yöntemi Önerisi

Hasan Rıza ÖZÇALIK[1], *Osman DOĞMUŞ*[2], *Şaban YILMAZ*[2], *Ahmet GANİ*[1]

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Avşar Yerleşkesi, Kahramanmaraş
ozcalik@yahoo.com
agani@ksu.edu.tr
[2]Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Karacasu Yerleşkesi, Kahramanmaraş
sabanyilmaz1@hotmail.com
odogmus@yahoo.com

Özetçe

Fotovoltaik Sistemlerinin veriminin artması, maliyetinin düşmesi ve çevreci olmaları nedeniyle kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Fotovoltaik sistemlerin optimum tarzda tasarlanabilmesi için güneş pillerinin modellenmesi gerekmektedir. Güneş pillerinin modellenmesinde diyot içeren eşdeğer devrelerin kullanılması oldukça yaygın bir yöntemdir. Bu çalışmada ise, fotovoltaik panellerin Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RBF) yardımıyla etkin bir tarzda modellenmesini sağlayan bir yöntem önerilmektedir. Kullanılan kesin uyarlamalı RBF yapısı gelişmiş bir eğri uydurma aracı olarak çalışmaktadır. Modelleme, esas olarak panelin üretici tarafından verilen gerçek akım-gerilim karakteristiğinin öğrenilmesi tarzında gelişmektedir. Modelleme işlemi panelle ilgili tüm karakteristiklere uygulanabilir. Bu çalışmada Sharp marka NT-S5E1U model güneş pili modellenmiştir.

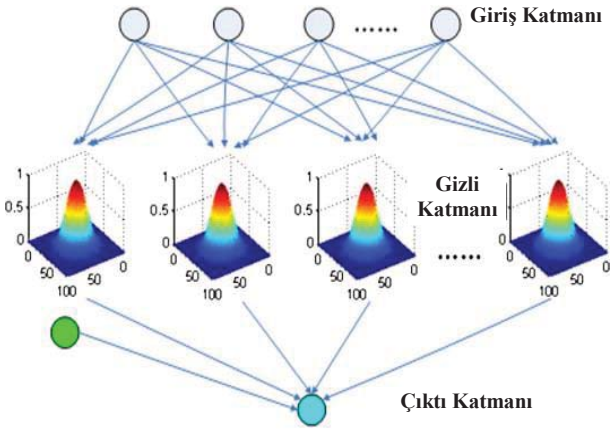
1. Giriş

Bilindiği gibi enerji, hayat kalitesini iyileştiren, ekonomik ve sosyal ilerlemeyi sağlayan en önemli faktördür. Ancak, artan enerji fiyatları, küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünya enerji talebindeki artış, hızla tükenmekte olan fosil yakıtlara bağımlılığın yakın gelecekte devam edecek olması gerçeği, yeni enerji teknolojileri alanındaki gelişmeler gibi faktörler ülkeleri yeni arayışlara götürmektedir. Dünyanın enerji geleceği ile ilgili raporlara bakıldığında; 2000-2100 yılları arasında enerji ihtiyaçları ve kaynaklarındaki dağılıma ait bilimsel ön görüler 2100 yılında petrolün iyice azalacağı, kömürün nerdeyse hiç kalmayacağı, güneş enerjisi kullanımının ise çok artacağı sonucuna götürmektedir [1] .

Güneş pillerinin yaklaşık 60 yıllık gelişiminde, özel ve kamu destekli araştırma ve geliştirme çalışmaları esas olmuştur. Güneş pili hareketli parçaya sahip olmamaları, sorunsuz olarak az bakımla 25- 30 yıl kullanılabilmeleri ve çalışma süreleri boyunca doğaya hiç bir kirletici atık bırakmamalarıdır. Bu nedenle güneş pilleri ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır [2].

Fotovoltaik sistemler, güneş pilleri, bağlantı elemanları, koruma elemanları, depolama elemanları ve beslediği yükün karakteristiğine bağlı olarak bazı ilave elemanlar içeren bir yapıya sahiptirler. Bu sistemlerin en önemli elemanı olan güneş pilleri, ilk yatırım maliyeti ve kullanılacak diğer elemanların nitelik ve miktarlarını da belirleyici özelliğe sahiptir. Bu nedenle ilk kurulum aşamasında güneş pillerinin en iyi şartlarda ve en yüksek verimle çalışabilecekleri bir sistem tasarlamak çok önemlidir [3].

Şekil 1'de radyal tabanlı yapay sinir ağının temel mimarisi örneği görülmektedir.



Şekil 1: Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağının Temel Mimarisi [4]

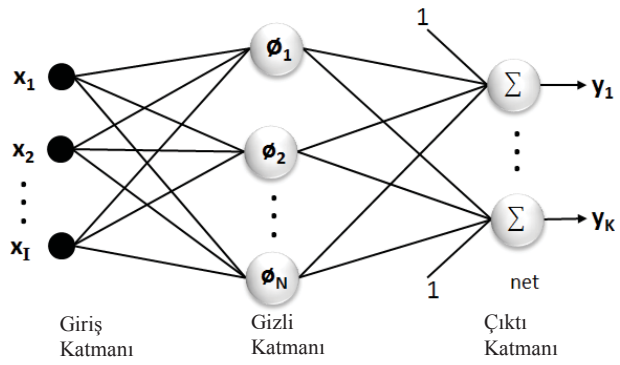
Radyal tabanlı fonksiyon ağlarının eğri uydurma ve lineer olmayan problemleri sınıflandırma başarısından dolayı son yıllarda popülerliği gittikçe artmıştır. Böylece RBF ağları ile ilgili yapılan yazılım çalışmaları bu tip ağlarla ilgili bilimsel gelişmelerle paralellik arz etmektedir. Gauss fonksiyonu RBF ağlarının gizli katmanında en yaygın olarak kullanılan

radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonudur. Literatürde çeşitli alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmış birbirinden farklı Gauss fonksiyon üreteci devreleri mevcuttur. Matematiksel fonksiyonların Taylor serisine açılımından faydalanılarak elde edilen Gauss eğrisi devreleri de literatürde yer almaktadır [5].

Denetimli bir sinir ağı dizaynı için çok çeşitli yollar izlenebilir. Çok katmanlı algılayıcı(denetimli olarak) dizaynı için geri yayılım algoritması istatistikte "stokastik yaklaşım" olarak bilinen bir optimizasyon metodu uygulaması olarak değerlendirilebilir. Bir sinir ağı dizaynı çok boyutlu uzayda "eğri-uydurma problemi" olarak değerlendirildiğinde öğrenme, çok boyutlu uzayda taşınan dataya en iyi uyumu sağlayan bir yüzey bulma olgusu ile eşdeğerdir. Radyal temelli fonksiyonlar (RBF) ilk defa çok değişkenli gerçek bir interpolasyon probleminin çözümünde tanıtılmıştır [6].

2. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları

Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA), biyolojik sinir hücrelerinde görülen etki tepki davranışlarından esinlenilerek 1988 yılında geliştirilmiş ve filtreleme problemine uygulanarak YSA tarihine girmiştir[7]. RTYSA modellerinin eğitimini çok boyutlu uzayda eğri uydurma yaklaşımı olarak görmek mümkündür[3,8]. Bu nedenle RTYSA modelinin eğitim performansı, çıktı vektör uzayındaki verilere en uygun yüzeyi bulma ve dolayısıyla bir interpolasyon problemine dönüşmektedir.



Şekil 2:Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

RTYSA modelleri genel YSA mimarisine benzer şekilde giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç katman halinde tanımlanmaktadır (Şekil 2). Ancak, klasik YSA yapılarından farklı olarak RTYSA' larda, girdi katmanından gizli katmanına geçişte radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonları ve doğrusal olmayan bir kümeleme (cluster) analizi kullanılmaktadır. Gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki yapı ise ağırlıkların atandığı ve hesaplanması için ilgili öğrenme algoritmalarının kullanıldığı kısımdır [9].

Radyal temelli fonksiyonlar, sayısal analizde çok değişkenli problemlerin çözümünde kullanılmış ve YSA' nın gelişmesi ile birlikte bu fonksiyonlardan YSA tasarımında yararlanılmıştır. RBF, ileri beslemeli YSA yapılarına benzer şekilde giriş, saklı ve çıkış katmanından oluşur ancak, giriş katmanından saklı katmana dönüşüm, radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonları ile doğrusal olmayan sabit bir dönüşümdür. Saklı katmandan çıkış katmanına ise doğrusal bir dönüşüm gerçekleştirilir. RBF de uyarlanabilecek serbest parametreler; merkez vektörleri, radyal fonksiyonların genişliği ve çıkış katman ağırlıklarıdır. Burada verilen öğrenme yöntemi, sadece ağırlıkların iteratif olmayan doğrudan matrisel çözüme dayanan (off-line) bir yöntemle elde edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu yüzden bu ağ yapısına Kesin Uyarlamalı Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı olarak bakılmaktadır. Bu tip ağ yapısı, statik karakterli grafik ve desenlerin tanınması işleminde oldukça başarılıdır. Öğrenmede kullanılan temel bağıntı,

$$y_k^p(x) = w_{k0} + \sum_{m=1}^{M} w_{km}\, \emptyset_m(x^p, c_m) \qquad (1)$$

Şeklinde yazılabilir[10]. Burada, w_{ko} bias giriş için ağırlık katsayısıdır. Tüm p durumları için $\emptyset_0(x^p, c) = 1$ alınırsa (1) bağıntısı,

$$y_k^p(x) = \sum_{m=0}^{M} w_{km}\, \emptyset_m(x^p, c_m) \qquad (2)$$

$$y_k^p(x) = \sum_{m=0}^{M} w_{km}\, \emptyset_m(\|x^p - c_m\|^2) \qquad (3)$$

Şeklinde düzenlenebilir. Burada, k=1,2,..,K; çıkış katmanı hücre sayısı; N gizli katmanda bulunan hücre sayısı; M merkez sayısı (M=N); $x^p \in R^{nx1}$ ağın girdi vektörünü; $\emptyset_m(.) \in R^+$ radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonunu, $c_m \in R^{nx1}$ giriş vektör uzayının bir alt setinden seçilen radyal tabanlı merkezleri, $\|.\|^2$ girdi vektörünün merkezden ne kadar uzak olduğunun bir ölçütü olan Öklidyen normunu, w_{km} çıkış katmanındaki ağırlıkları göstermektedir. RTYSA modellerinde önem arz eden elemanlar; hücre merkezleri, dikkatli bir çalışma ile belirlenen varyans, çıktı katmanındaki ağırlıklar ve kullanılan aktivasyon fonksiyonunun yapısıdır.

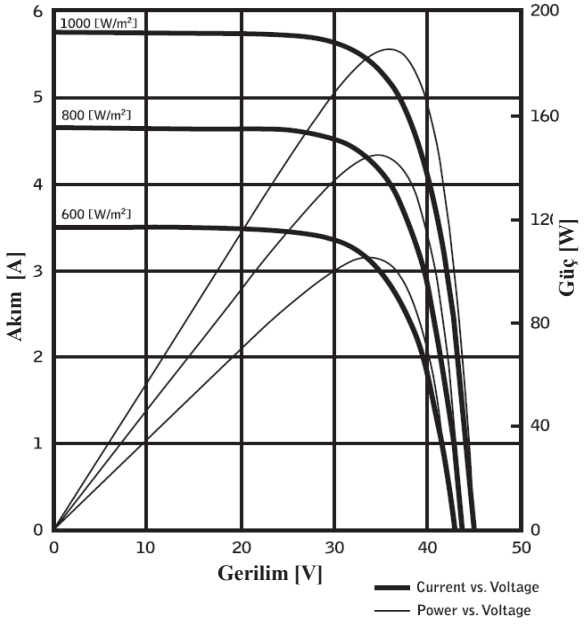
RTYSA modellerinde aktivasyon fonksiyonu olarak birçok fonksiyon tipi kullanılabilmektedir. Doğrusal, kübik, Gauss, multi-kuadratik, ters multi-kuadratik fonksiyonlar bunlardan bazıları olup bu çalışmada Gauss fonksiyonu tercih edilmiştir. Gauss fonksiyonunun matematiksel yapısı 4 nolu bağıntıda gösterilmektedir [11].

$$\emptyset_{pm}(x) = \exp^{-\frac{\sum_{i=1}^{I}(x_{pi}-c_{im})^2}{2\sigma_{im}^2}} \quad (4)$$

Burada, i=1,2,..I giriş sayısı, x_{pi} giriş vektörünü, c_{im} merkezleri, σ standart sapma değerini simgelemekte olup YSA terminolojisinde RTYSA modelinin performansını önemli ölçüde etkileyen dağılma (spread) parametresi olarak rol oynamaktadır [8]. RTYSA modellerinin eğitimi, hücre merkezlerinin bulunması ve çıktı katmanındaki ağırlıkların optimize edilmesi olmak üzere iki aşamada gerçekleşmektedir. Literatürde hücre merkezlerini ve çıkış ağırlıklarını bulabilmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Hücre merkezlerini bulabilmek için en sık kullanılan yöntem K ortalamalar (K-means) ve Kohonen kümeleme yöntemleridir. Çıkış ağırlıklarını bulmakta kullanılan yöntemler ise En Küçük Ortalamalı Kareler (LMS) ve Moore-Penrose Sözde Ters (Pseudo-inverse) yöntemleridir. Dağılma parametresi ise genellikle bütün hücreler için sabit alınmaktadır. RTYSA modellerinde dağılma parametresi için yaklaşık denklikler olmakla birlikte, bu parametre deneme-yanılma yöntemiyle de belirlenebilmektedir [11].

3. Modellenen Güneş Pili

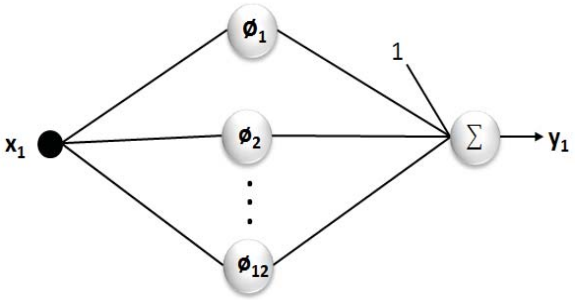
Sharp marka NT-S5E1U model güneş pilinin etiket değerleri; Güç=185,0 W., V_{mp}=36,2 V., I_{mp}=5,11 A., V_{oc}=44,9 V., I_{sc}=5,75 A., W=17,0 kg., 1700x970x13(mm), mono-Si 'dir. Şekil 3' de Sharp marka NT-S5E1U kodlu güneş pilinin kataloğunda verilen farklı ışınım değerleri için elde edilmiş gerçek akım-gerilim ve güç-gerilim karakteristikleri görülmektedir.



Şekil 3: Modellenen Güneş Pilinin Karakteristikleri[12]

4. RBF ile Fotovoltaik Panelin Modellenmesi

Belirtilen fotovoltaik panelin modellenmesinde kullanılan Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağının yapısı esas olarak aşağıda gösterildiği gibidir.



Şekil 4:Kullanılan RBF Ağı

i : Giriş (X) sayısı (I = 1) [13-17]
m: merkez sayısı (M = 12)
K: Çıkış (Y) sayısı (K = 1)
Nöron sayısı=merkez sayısı
p: Pattern (X'lerin farklı değerleri) sayısı (p=20)

$$y_1^p(x) = w_{10} + \sum_{m=1}^{12} w_{1m}\,\emptyset_m(x^p, c) \quad (5)$$

$\emptyset_0(x^p, c) = 1$ bias girişi

$$y_1^p(x) = \sum_{m=0}^{12} w_{1m}\,\emptyset_m(x^p, c) \quad (6)$$

$$\emptyset_{pm}(x) = \exp^{-\frac{\sum_{i=1}^{1}(x_{pi}-c_{im})^2}{2\sigma_{im}^2}} \quad (7)$$

$Y = G.W$ ve $G = \{\emptyset_{pm}\}$ olmaktadır.

Bias giriş için $\emptyset_{p0} = 1$ alındı [17-22].

$$G = \begin{bmatrix} 1 & \emptyset_{1,1} & \dots & \emptyset_{1,12} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ 1 & \emptyset_{20,1} & \dots & \emptyset_{20,12} \end{bmatrix}_{20x13} \qquad W = \begin{bmatrix} w_{1,0} \\ . \\ . \\ w_{1,13} \end{bmatrix}_{13x1}$$

W'yi bulabilmek için G'nin tersi alınması gerekir. G kare matris olmadığı için tersi normal yoldan alınamaz. $W = (G^T.G)^{-1}.G^T.Y$ işlemi ile W ağırlık matrisi bulunur. Merkez değerleri, şekil 3 deki modellenen güneş pilinin 1000 W/m^2, 25 °C çalışma koşulları için katalog değerlerine ve eğrinin eğimine göre seçilmiştir [23-30].

C=[5 15 25 28 32 35 40 42 43 44 45 45,9]

Gauss fonksiyonu genişlik değerleri,

σ=[5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5] olarak seçildi.

Tablo 1: Ağı öğretmek için kullanılan x(gerilim), y (akım) ve öğretim sonucu elde edilmiş ağırlık (W) vektörü değerleri

	1	2	3	4	5
x	0	5,4	10,8	15,3	20,7
y	5,844	5,808	5,772	5,743	5,707

	6	7	8	9	10
x	25,2	30,6	35,1	36	36,9
y	5,675	5,595	5,197	5,008	4,767

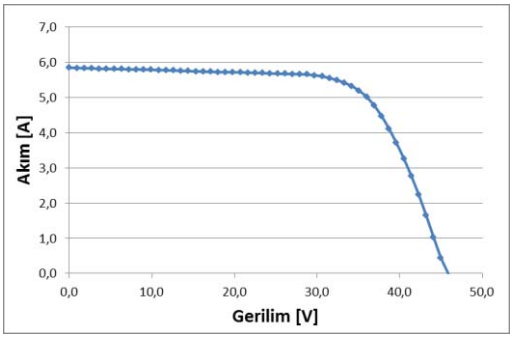
	11	12	13	14	15
x	37,8	38,7	39,6	40,5	41,4
y	4,471	4,471	4,12	3,265	2,769

	16	17	18	19	20
x	42,3	43,2	44,1	45	45,9
y	2,233	1,661	1,058	0,426	0

W	1	2	3	4	5
	5,883	-0,063	-0,094	-0,747	2,718

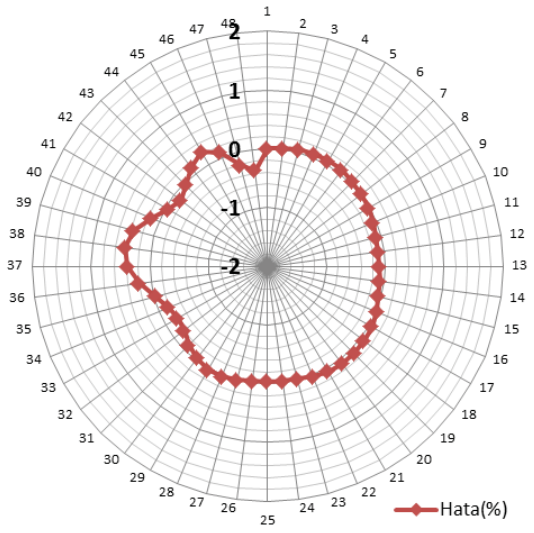
W	6	7	8	9	10
	-14,287	45,527	-1111,788	11836,192	-29601,266

W	11	12	13	14	15
	33346,785	-19432,684	4927,598		

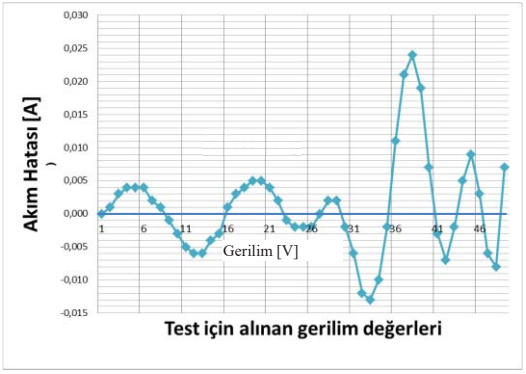


Şekil 5: RBF ile modellenen akım-gerilim karakteristiği

Tablo 1de Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağını öğretmek için kullanılan x (Gerilim) ve y (Akım) değerleri ve öğretim sonucu elde edilmiş W ağırlık vektörü değerleri görülmektedir. Şekil 5 de RBF ile modellenen fotovoltaik güneş pilinin akım-gerilim karakteristiğinin model sonucuna göre çizimi görülmektedir. Şekil 6 da gerçek akım-gerimim karakteristiğinin değerleri ile RBF ile modellenen fotovoltaik güneş pilinin akım-gerilim karakteristiğinin değerlerinin farkının alınmasıyla elde edilen hata değerlerinin yüzde değişimi görülmektedir. Buna göre gerçek değerlerden sapmanın +%0,441 ile -%0,358 arasında olduğu görülmektedir. Karakteristiğinin düzgün olduğu ilk bölümde fark en yüksek -%0,104 olmuştur. Şekil 7 de fotovoltaik panelin gerçek akım değerleri ile RBF esaslı modelden elde edilen akım değerlerinin farkları olan hatanın değişim grafiği görülmektedir. En büyük hata değeri kıvrılma bölgesinde 0,023 amper olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 6: Hatanın yüzde değişimi



Şekil 7: Hatanın Değişimi

5. Sonuç

Bu çalışmada, Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı ile Sharp Marka NT-S5E1U model güneş paneli [1000 W/m^2, 25 °C] değerleri ile verilen ortam şartlarında modellenmiş ve panelin akım-gerilim karakteristiğini sağlayan ağırlık matrisi elde edilmiştir. Bu ağırlık değerleri dikkate alınarak ve öğrenmede kullanılan verilerden çok daha fazla test değerleri kullanılarak karakteristik yeniden çizdirilmiştir.

Simülasyon çalışmaları sonunda Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı ile oluşturulan modelin çok başarılı olduğu görülmüştür. Gerçek karakteristik ile modelin sağladığı karakteristik karşılaştırıldığında yüzde olarak maksimum hatanın 0,3-0,4 civarında olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar oldukça küçük hata değerlerini ifade etmektedir. Bu durumda, fotovoltaik panellerin modellenmesi için önerilen Kesin Uyarlamalı Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları temelli algoritmanın oldukça yeterli olduğu söylenebilir.

6. Kaynakça

[1] M. Çetin, N. Eğrican, "Güneş Enerjisi: Ekonomiye ve İstihdama Katkısı", Solar Future, 2010,İstanbul

[2] S. Rustemli, F. Dinçadam, M. Demirtaş, "Güneş Pilleri İle Sıcak Su Elde Etme ve Sokak Aydınlatması*", V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyum, 2009, Diyarbakır*

[3] N. Onat, S. Ersöz, "Fotovoltaik sistemlerde maksimum güç noktası izleyici algoritmalarının karşılaştırılması", *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyum, 2009, Diyarbakır*

[4] http://origin-ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0957417409008264-gr3.jpg

[5] Z. Koca, "Üç Fazlı Asenkron Motorların Yapay Sinir Ağları İle Vektör Esaslı Hız Kontrolü", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş*

[6] G. Yazıcı, "Genetik algoritmalar ile radyal temelli Fonksiyon ağlarının optimizasyonu", *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*

[7] Broomhead, D., Lowe, D., Multivariable Functional Interpolation and Adaptive Networks, Complex Systems, 2, 6, 568-576, 1988.

[8] Ham, F., Kostanic, I., Principles of Neurocomputing for Science and Engineering. Macgraw-Hill. USA, 2001

[9] U. Okkan, H.Y. Dalkılıç, "Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları ile Kemer Barajı Aylık Akımlarının Modellenmesi", İMO Teknik Dergi, 2012 5957-5966, Yazı 379

[10] C. Şenol, T. Yıldırım, " Standart Ve Hibrid Yapılar Kullanarak Yapay Sinir Ağları İle İmza Tanıma", Kadir Has Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, 34230, Cibali, Fatih-İstanbul

[11] Ham, F., Kostanic, I., Principles of Neurocomputing for Science and Engineering, Macgraw-Hill. USA, 2001.

[12] http://www.solarpanelstore.com/pdf/sharp-185.pdf

[13] R. Neruda, P. Kudov, "Learning methods for radial basis function networks", Institute of Computer Science, Academy of Sciences of the Czech Republic, P.O. Box 5, 18207 Prague, Czech Republic, Available online 28 July 2004

[14] F. P. Harter , H. Fraga , C. Velho, "New approach to applying neural network in nonlinear dynamic model",Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laborato´ rio Associado de Computac¸a˜o e Matema´ tica Aplicada, Sa˜o Jose´ dos Campos, SP, Brazil

[15] D. S. Yeung , P.P.K. Chan, W. W.Y. Ng, "Radial Basis Function network learning using localized generalization

[16] error bound", a School of Computer Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China

[17] T. Andoa, S. Konishib, S. Imotoc, "Nonlinear regression modeling via regularized radial basis function networks", Graduate School of Business Administration, Keio University, 2-1-1 Hiyoshi-Honcho, Kohoku-ku, Yokohama 223-8523, Japan

[18] X.-Juan Wu , X.-Jian Zhu, G.-Yi Cao, H.-Yong Tu, "F Modeling a SOFC stack based on GA-RBF neural networks identification", Institute of Fuel Cell, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China

[19] F. Schwenker, H. A. Kestler, G. Palm, "Three learning phases for radial-basis-function networks" , Department of Neural Information Processing, University of Ulm, D-89069 Ulm, Germany

[20] F. F.Navarro, C. H. Martínez, P.A. Gutiérrez , M. C.Ruz, "Evolutionary q-Gaussian radial basis function neural networks for multiclassification", Department of Computer Science and Numerical Analysis, University of Córdoba, Campus de Rabanales, Albert Einstein Building, 3rd floor, 14074 - Córdoba, Spain

[21] İ. H. Altaş, "Foto voltaj Güneş Pilleri: Eşdeğer Devre Modelleri ve Günışığı ile Sıcaklığın Etkileri", *Karadeniz Teknik Üniversitesi,1998*

[22] D. Wangn, X.-JunZeng,J. Keane," A clustering algorithm for radial basis function neural network initialization", School of Computer Science, University of Manchester, Manchester M601QD,UK

[23] R. V. Babu, S. Suresh , A. Makur , "Online adaptive radial basis function networks for robust object tracking", Exawind, Bangalore, India

[24] S. Kitayama · J. Srirat · M. Arakawa ·K. Yamazaki, "Sequential approximate multi-objective optimization using radial basis function network",Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

[25] F. F. Navarro. H.-Martı´nez, P. A. Gutierrez," Generalised Gaussian radial basis function neural networks ",Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

[26] I.C.Yeh, C.C. Chen ,X. Zhang , C. Wu, K-C.Huang, Adaptive radial basis function networks with kernel shape Parameters", Springer-Verlag London, 2010

[27] H. Nishikawa, S. Ozawa, "Radial Basis Function Network for Multitask Pattern Recognition" Springer Science Business Media, LLC. 2011

[28] H. Khosravi, "A Novel Structure for Radial Basis Function Networks—WRBF", Springer Science Business Media, LLC. 2011

[29] A. Brandstetter, A. Artusi, "Radial Basis Function Networks GPU-Based Implementation", IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 19, NO. 12, December, 2008

[30] B. Doğan, M. Korürek,"EKG Vurularını Sınıflamada Radyal Tabanlı Fonksiyon Yapay Sinir Ağının Performans Degerlendirmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik – Elektronik Fakültesi

View publication stats