

OLS Metodu ile RBF Seçimi

RBF yapay sinir a larıyla ilgili problemlerden biri uygun parametrelerin seçimi ve uygun sayıda RBF nöronu kullanmak olabilir. Az sayıda nöron ve/veya kötü RBF parametrelerinin seçimi amaç fonksiyonunu minimize etmeye yeterli olmazken gere inden fazla sayıda RBF kullanmak a ırı öğrenmeye yol açabilir. Yapılan bu projede geli tirilmi OLS (Orthogonal Least Squares) yöntemi ile en uygun RBF fonksiyonlarının nasıl seçilebilece ini ara tırca ız.

Ortogonalizasyon ve RBF Secimi

En uygun RBF fonksiyonlarını seçmekte kullanılabilecek yöntemlerden biri OLS metoduna dayanmaktadır. Bu metod ile üretilmi olan aday RBF fonksiyonu kümesi içerisindeki en uygun fonksiyonların seçilebilmesine olanak sa lanıyor. A ırlık vektörü $w = [w_0, w_1, \dots, w_K]'$ ve training data vektörü $d = [d_1, d_2, \dots, d_p]'$ ekleinde ise kernel matrisi a a ıdaki formda gösterilebilir.

$$G = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{21} & \dots & \phi_{K1} \\ \phi_{12} & \phi_{22} & \dots & \phi_{K2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \phi_{1p} & \phi_{2p} & \dots & \phi_{Kp} \end{bmatrix}$$

BNurada ϕ_{ji} i. rbf fonksiyonun j. pattern için aktivasyonunu temsil etmektedir. Yani $g_i = [g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{ip}]^T$ ile tüm giri ler için aktivasyon matrisi G temsil edilebilir.

$$G = [g_1, g_2, \dots, g_K]$$

Böylelikle RBF fonksiyonu a ları için a a ıdaki e itlik yazılabilir.

$$d = Gw + e$$

Burada e RBF uygunsuzlu u hatasıdır ve G matrisinin ortagonalizasyonu her RBF fonksiyonun etkisinin ayrı olarak hesaplanmasına olarak sa lar.

Ortogonalizasyon etli yöntemlerle gerçekle tirilebilir. Fakat bu projede kolay implentasyonundan dolayı Gram-Schmidt metodu kullanıldı. G matrisini ortogonalizasyonu için Q ve A ekleinde Q ortogonal ve A st üçgen matrisi üretildi.

$$G = QA$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1K} \\ 0 & 1 & a_{23} & \dots & a_{2K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

QR ayrımıından sonra $b = Aw$ ekleinde yeniden düzenlenebilir. Böylece yukarıdaki eşitlik u hale gelir

$$d = QAw + e = Qb + e$$

En küçük kareler yöntemini kullanarak (LS) :

$$b = (QQ^T)^{-1}Q^Td$$

b ve A ile w a ırlık vektörünü elde ederiz $w = A^{-1}b$. Daha öncede bahsedildi i gibi istenilen enerji $(Gw)^2$ ile hesaplanır. Buna dayanarak incelenilen fonksiyonun genel enerji dengesine katkısı a a ıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$\epsilon_i = \frac{b_i^2 q_i^T q_i}{d^T d}$$

Metodun durma artı seçilen tüm RBF fonksiyonlarının toplam enerji de erini 1'e yakla tırdı ı nokta olarak tanımlanabilir.

$$1 - \sum_{i=1}^N \epsilon_i < \delta$$

Burada δ önceden belirlenmi lan durma sınırındır.

Gram-Schmidt ile ortogonalizasyon algoritmasını kullanarak QR ayrımı A gibi bir matrise da ıtılabilir. Böyle bir da ılımın algoritması a a ıda gsterildi i gibidir.

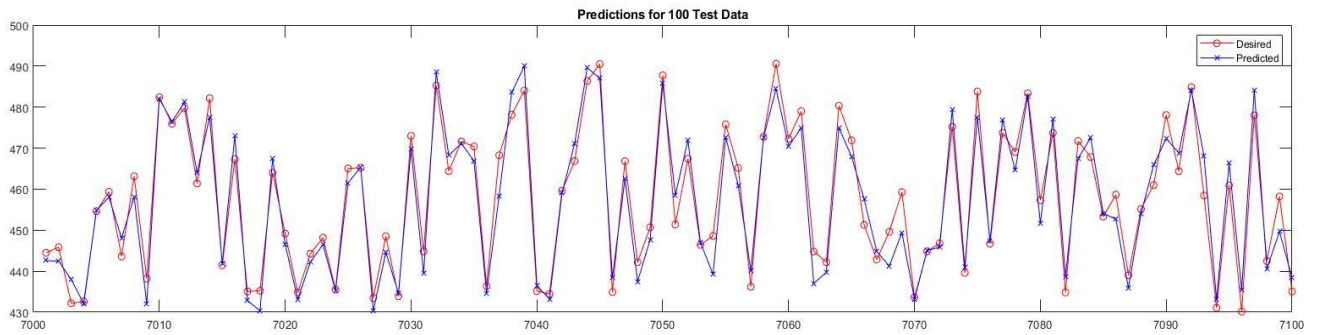
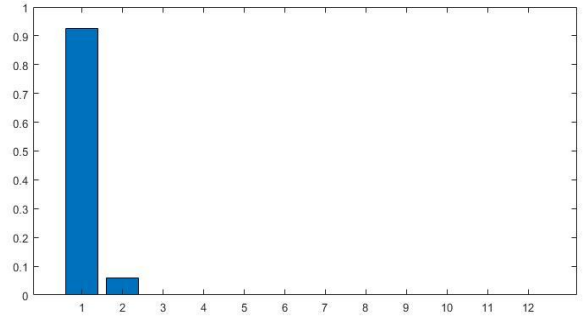
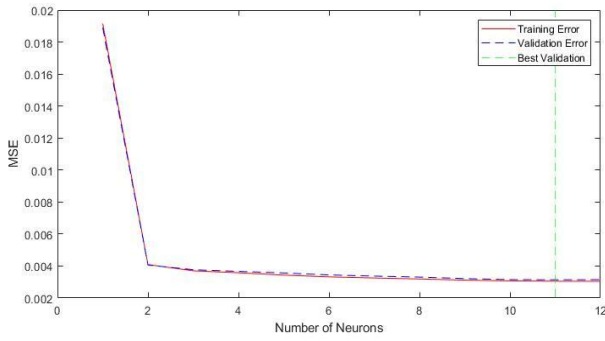
$$q_1 = a_1$$

$$q_k = a_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{jk} q_j = a_k - \sum_{j=1}^{k-1} \frac{\langle a_k, q_j \rangle}{\langle q_j, q_j \rangle} q_j, \quad 2 \leq k \leq n$$

$\frac{\langle a_k, q_j \rangle}{\langle q_j, q_j \rangle} q_j$ j ile gösterilen a_k vektörünün q_j vektörü üzerine izdüşümüdür.

Gerçek Veri Üzerinde Uygulamalar ve Sonuçlar:

Bahsedilen algoritma, bir enerji üretim santralının 6 sene süresince (2006-2011) tam yükte çalışması esnasında yapılmış olan 9568 veri ölçümlerini içermektedir. Giriş verileri Sıcaklık (T), Ortam basıncı (AP), Relatif nemi (RH) ve Egzoz Vakumu (V) olmak üzere 4 farklı ortam değişkeninin saatlik ortalamaları cinsindendir, amaç bu veriler ile saat başına üretilen net Elektrik Enerjisi (EP) tahmin edilmesidir.



ekil 1: 1-) Nöron sayısına karşı gelen MSE hatası, 2-) Seçilen fonksiyonların enerjileri,

3-) 100 Adım sonrası tahmini

RBFS	rbf index	center1	center2	center3	center4	sigmas	energy	MSE_train
1	103	-6.0888	-6.2634	8.32	-3.1733	1.2745	0.9254	0.0192
2	354	-0.4257	-6.2398	8.3336	-1.4154	1.2516	0.0589	0.0041
3	605	7.501	-6.0201	7.6794	3.3066	1.7066	0.0013	0.0037
4	229	-2.035	-5.7143	8.07	1.1553	1.8199	0.0004	0.0036
5	660	7.195	1.1507	-4.3103	2.9299	1.5871	0.0006	0.0034
6	124	-5.718	-1.9912	4.9319	1.2982	1.8444	0.0004	0.0033
7	264	-2.0486	1.1117	-2.016	1.3013	1.8291	0.0003	0.0033
8	98	-5.9359	-5.4208	4.4336	-1.7112	2.0432	0.0002	0.0032
9	343	1.8298	-5.4742	1.4929	-2.0018	1.9003	0.0003	0.0031
10	588	8.2898	-5.5365	-1.9498	-2.1187	1.8518	0.0002	0.0031
11	133	-5.52	1.4382	-5.6216	-2.0818	1.8653	0.0001	0.0031
12	92	-5.3604	-5.669	1.1576	-5.5619	1.8829	0	0.003

Tablo 1: Sırasıyla : RBF sayısı, seçilen rbf fonksiyonunun konumu, seçilen centerlar, seçilen sigmalar, enerji, ö renme hatası.