

83131

**AKSİYAL SİMETRİK REGÜLER POLAR FOTOMETRİK
EĞRİLERDE OPTİMUM ÖLÇME ARALIĞININ
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elek. Müh. Murat ULUTAŞ
(496Y335)

83131

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Ocak 1999

Tezin Savunulduğu Tarih : 9 Şubat 1999

Tez Danışmanı :

Doç.Dr. Dilek ENARUN

[Signature] 53.99

Diğer Jüri Üyeleri

Doç.Dr. Rengin ÜNVER

[Signature] 3.3.99

Doç.Dr. Serhat ŞEKER

[Signature]

3.3.1999

TC YENİ YÜZ YIL
DOKÜMANİTASYON BÖLÜMÜ

ŞUBAT 1999

ÖNSÖZ

Hazırlamış olduğum tez çalışması esnasında yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen başta hocam Sayın Doç.Dr. Dilek ENARUN olmak üzere nöral proramın yazılmasında yardımcı olan Sayın Doç.Dr. Serhat ŞEKER'e, yardımlarını gördüğüm Tek.Müh. Hikmet DURMAZ'a, Arař.Gör. Emine AYAZ'a ve bana her zaman destek olan Yük.Müh. Sinan GÖKTUĐ'a en samimi hislerimle teőekkür ederim.

Ocak 1999

Murat Ulutaş



İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
SUMMARY	vi
1. GİRİŞ	1
2. TEMEL KAVRAMLAR	2
2.1. Işık Akısı	3
2.2. Uzay Açısı	3
2.3. Işık Şiddeti	5
2.4. Aydınlik Düzeyi	6
2.5. Parlaklık	6
2.6. Işık Dağılım Eğrisi	7
3. FOTOMETRİK ÖLÇMELER	10
3.1. Öznel Ölçme	10
3.1.1. Fotometre bankosu	10
3.1.2. Belirli bir doğrultudaki ışık şiddetinin ölçülmesi	11
3.2. Nesnel Ölçme	12
3.2.1. Fotopiller	12
3.2.1.1. Fotopillerin spektral cevabı	15
3.2.1.2. Işığın geliş açısı	16
3.2.2. Ölçme hataları	16
4. REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ	17
4.1. Regresyon Analizi	18
4.1.1. Doğru denklemi uydurulması	18
4.1.2. İkinci dereceden denklem uydurulması	21
4.1.3. k. dereceden denklem uydurulması	22
4.1.4. Regresyon analizi hataları	23
4.1.4.1. Tahminin standart hatası	23
4.1.4.2. Standart sapma	23
4.2. Korelasyon Analizi	24

5. YAPAY NÖRAL DEVRELER	26
5.1.Geriye Yayınım Algoritması	30
6. IŞIK DAĞILIM EĞRİLERİNDE ARADEĞER TAHMİNİ	34
6.1. Regresyon Analiziyle Aradeğer Tahmini	34
6.1.1. 10^0 aralıklarla irdeleme	34
6.1.2. 5^0 aralıklarla irdeleme	40
6.2. Nöral Programla Aradeğer Tahmini	42
6.2.1. 10^0 aralıklarla irdeleme	42
6.2.2. 5^0 aralıklarla irdeleme	44
7. SONUÇ	46
KAYNAKLAR	51
EKLER	52
ÖZGEÇMİŞ	89

ÖZET

Bu çalışmanın amacı aksiyal simetrik regüler ışık dağılım eğrilerinin çıkarılmasında kullanılan ve deneysel olarak bulunan ışık şiddeti değerlerinin optimum ölçme aralığını bulmaktır. Çalışmada ışık şiddeti değerleri 2.5 derece aralıklarla bilinen farklı açılarda 6 adet armatür kullanılmıştır. Işık şiddeti değerlerinin 10 veya 5er derece aralıklarla bilindiği varsayılarak 2.5 derece aralıklı tahminler yapılmıştır.

Işık dağılım eğrisi üzerine yapılan çalışmaların iyi anlaşılabilmesi açısından Bölüm 2 ve 3. bölümde temel kavramlar ve fotometrik ölçme hakkında genel bilgi verilmiştir. 4. bölümde en küçük kareler yönteminin kullanıldığı regresyon analizi, hatalar ve korelasyon analizi anlatılmıştır. 5. bölümde bir nöral program kullanılarak iki farklı yöntemde tahminler yapılmış, standart hataları ve korelasyon katsayıları karşılaştırılarak en uygun yöntem bulunmaya çalışılmıştır. Regresyon analiziyle yapılan tahminlerde genel olarak 2. dereceden denklem uydurmasının daha uygun olduğu görülürken bu yöntemde, bazı durumlarda regülerliğin bozulmasından dolayı iki ayrı 2. dereceden denklemin ortalamasının ve regülerliği düzgün olan kısımların alınmasını öneren karışık yöntem önerilmiştir. En küçük kareler yöntemi ve nöral program tahminlerine ait ışık dağılım eğrileri gerçek ışık dağılım eğrileriyle birlikte Ekler kısmında verilmiştir.

7. bölümde bir önceki bölümde çizilen ışık dağılım eğrilerine ait tahminlerin standart hataları ve ışık şiddeti eğrileri değerlendirilerek ışık şiddeti düşüş hızı tanımı yapılmış ve bu tanım ışığında nöral program ve regresyon analizi karşılaştırılmıştır.

DETERMINATION OF OPTIMUM MEASUREMENT INTERVALS FOR AXIALLY SYMMETRICAL REGULAR LIGHT DISTRIBUTION CURVES

SUMMARY

Theme of this study is to obtain the optimum measurement interval of the luminous intensities which are used at the derivation of light distribution curves and are found experimentally. In the study 6 different lighting fixtures of different light distribution angles of which the luminous intensities are known at 2.5° intervals are used. Assuming that the luminous intensities are known at 10° or 5° intervals, they have been estimated for 2.5° intervals.

In order the studies made on to be well understood, the basics of photometry and measurements have been described at Section 2 and Section 3. At Section 4 the regression analysis for which the smallest squares method has been applied, errors and correlation analysis have be described. Neural network has been described at Section 5.

At Section 6 estimations have been made with two different methods by using regression analysis and a neural program. Their errors and correlation factors are compared and a best method is tried to be found out. In general while second degree equation fittings were better than first degree equations, the damage of the regularity was its handicap. For that reason a mixing method, trying to make a midpoint estimation by taking the average of two second degree equations and using the undamaged regular parts of them has been suggested. Drawings of both the smallest square method and neural program estimations of light distribution curves and real curves are given in the appendices.

At Section 7 the errors given in the previous section and light distribution curves given in the appendices are examined, a luminous intensity falling speed is defined and both neural program and regression analysis is compared under this definition.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu güneş ve ateş ile tanıştığı ilk çağlardan beri çeşitli yansıtıcı ve saydam malzemelerden faydalanarak ışığı kullanmışlardır. Günden güne hızla gelişmekte olan teknolojiden şüphesiz aydınlatma sektörü de etkilenmektedir. Günümüz koşullarında aydınlatma armatürü üreticilerinin müşterilerine ürün karakterlerini yansıtan ışık dağılım eğrilerini vermeleri bir zorunluluk halini almıştır. Işık dağılım eğrileri aydınlatma laboratuvarlarında her yöndeki ışık şiddeti değerlerinin deneysel olarak ayrı ayrı ölçülmeleri ile çizilirler. Kimi üreticiler ürünlerine ait ışık şiddeti değerlerini 10 derece aralıklarla ölçerlerken, bazı üreticiler 5 derece ve bazıları da 2.5 derece aralıklarla ölçmektedirler. Kuşkusuz ölçme aralığı ne kadar küçük olursa, doğruluk açısından, eğri o kadar hassas olur. Ancak rekabetin yüksek, zamanın maliyetler açısından en önemli parametre olduğu günümüzde, mühendisliğin de bir gereği olarak müşterinin ihtiyaçlarını giderecek hassasiyetde optimum aralıkta ölçme yapmak en doğru olanıdır.

Bu tezin amacı 10 ve 5 derece aralıklarla ölçme yapıldığını varsayarak en küçük kareler yöntemi ve bir nöral program kullanarak 2.5 derece aralıklı noktaları tahmin etmek ve bunların gerçeğe ne kadar yakın olduğunu saptamaktır. Uygulamada ışık şiddeti değerleri 2.5 derece aralıkla bilinen 10^0 , 19^0 , 28^0 , 36^0 , 42^0 ve 57^0 lik ışık dağılım eğrileri aksiyal simetrik ve regüler olan 6 adet armatür kullanılacaktır. Bu çalışmada ışık dağılım eğrisinin regülerliği, ışık şiddeti değerlerinin 0 derecede maksimum olmak üzere açı değeri arttıkça düzenli olarak azalması şeklinde tanımlanmıştır. Yapılan çalışmada ölçüt olarak, yapılan tahminlerin standart hataları ve tahmin edilen ışık dağılım eğrileri ile 2.5 derece aralıklı ölçmeyle çizilmiş olan gerçek ışık dağılım eğrilerinin benzerliği göz önüne alınacaktır.

2. TEMEL KAVRAMLAR

Aydınlatmanın temel konusu ışıktır. Işık, öznel ve nesnel bakımdan iki anlam taşır :

1. Görme organına bağlı ya da görme organı aracılığı ile olan bütün duyum ve verilerin algılanması.
2. Görme organını uyarabilen ışınım.

Göz bütün radyasyonlara aynı derecede duyarlı değildir. Gözün çeşitli radyasyonlara karşı duyarlık derecesi, spektral duyarlık veya görülebilme faktörü ile belirtilir. Değişik λ dalga uzunlukları için değişik V_λ spektral duyarlılık değerleri (görülebilme faktörleri) tayin edilmiştir.

Tablo 2.1 Gündüz görmesi için standart göze ait spektral duyarlılık değerleri

λ (nm)	V_λ (Gündüz)	λ (nm)	V_λ (Gündüz)
380	0,0000	580	0,870
390	0,0001	590	0,757
400	0,0004	600	0,631
410	0,0012	610	0,503
420	0,0040	620	0,381
430	0,0116	630	0,265
440	0,023	640	0,175
450	0,038	650	0,107
460	0,060	660	0,061
470	0,091	670	0,032
480	0,139	680	0,017
490	0,208	690	0,0082
500	0,323	700	0,0041
510	0,503	710	0,0021
520	0,710	720	0,00105
530	0,862	730	0,00052
540	0,954	740	0,00025
550	0,995	750	0,00012
555	1	760	0,00006
560	0,995	770	0,00003
570	0,952	780	0,000015

CIE'nin ışıkölçümsel referans gözlemcisine ait standart veya normal göz için gündüz görmesi ile ilgili spektral duyarlılık değerleri Tablo 2.1de verilmiştir. Gözün en büyük spektral duyarlığına sarı-yeşil renkte erişildiğinden bunun görülebilme faktörü (V_λ) 1 kabul edilmiştir [1].

Aydınlatma tekniğinde, ışığa ve aydınlatmacılığa ait hesap, ölçme ve değerlendirmeleri yapabilmek amacı ile gündüz görmesine ait standart spektral duyarlık eğrisi esas alan bazı temel büyüklükler tanımlanmış ve kabul edilmiştir.

2.1 Işık Akısı (ϕ)

Bir ışık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz görmesine ait spektral duyarlılık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısına denir. Birimi lümen (lm)dir ve CIE'nin 1948 yılında kabul ettiği aşağıdaki formül ile enerji akısına bağlıdır [2].

$$\phi_v = K_m \int \frac{d\phi_e}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (2.1)$$

Bu formülde ($d\phi_e/d\lambda$), $d\lambda$, λ ve $\lambda + d\lambda$ arasındaki ışıının enerji akısı, ve $V(\lambda)$ da değerleri Tablo 2.1de belirtilen ilgili V_λ değeridir. Formül, platinin katılaşma sıcaklığındaki bir kara cisme (tam ışıyıcıya) uygulanırsa K_m (lm/W) değerini belirler [2].

Tek renkli bir ışıının için ışık akısının, karşılığı olan ışıının akısına bölümü (oranı) ışık etkinliğini (K_λ) verir.

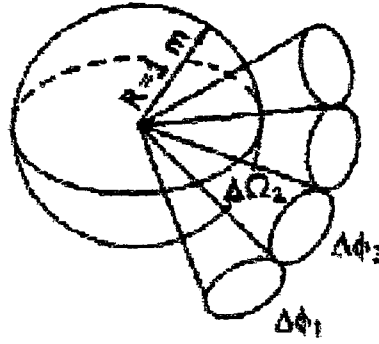
$$K_\lambda = K_m \cdot V_\lambda \quad (2.2)$$

değerinin en yüksek olduğu $\lambda=555$ nm için $K_m=682$ lm/W'dır [1].

2.2 Uzak Açısı

Işık akısı genel olarak düzgün yayılmaz, uzayın muhtelif doğrultularında yoğunluğu farklıdır. Bu durumu daha iyi anlayabilmek için uzak açı kavramına ihtiyac vardır. Genel olarak bir ışık kaynağının ϕ toplam ışık akısı, uzayın muhtelif kısımlarına yayılan $\Delta\Phi_1, \Delta\Phi_2, \dots$ kısmi ışık akılarının toplamı olarak düşünülebilir (Şekil 2.1).

$$\Phi = \Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2 + \dots$$

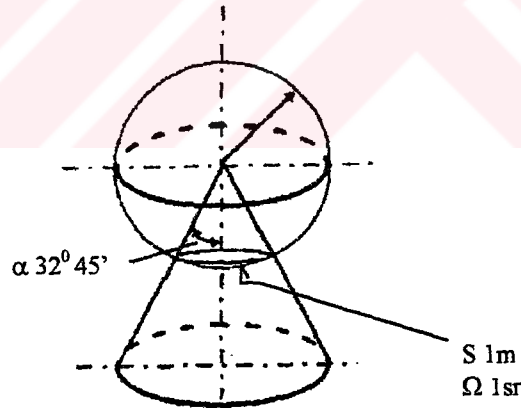


Şekil 2.1 Kısmi ışık akıları ve kısmi uzay açıları

İçinden kısmi ışık akısı geçen koni veya piramit şeklindeki katı açıya uzay açısı da denir.

$$\Omega = \Delta\Omega_1 + \Delta\Omega_2 + \dots$$

Uzay açısı, noktasal ışık kaynağı merkez olmak üzere yarıçapı $R=1\text{m}$ olan bir küre düşünmek ve koni veya piramidin küre yüzeyinde ayırdığı yüzey parçasının alanını hesap etmek suretiyle ölçülür. Eğer bu yüzeyin alanı 1m^2 ise, bu takdirde bu uzay parçasının 1 steradyan (sr) dır denir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Uzay açısı tanımı

Bütün küre yüzeyi $4\pi\text{m}^2$ olduğundan, noktasal ışık kaynağının bütün uzaya gönderdiği toplam ışık akısı $4\pi = 12,57$ sr'lık bir uzay açıdan yayılır. Düzlemsel açının birim dairede yay olarak ölçülmesine karşılık uzay açısı, birim kürede yüzey olarak ölçülür [1].

2.3 Işık Şiddeti (I)

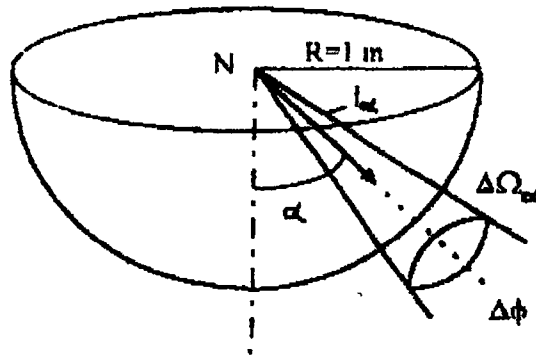
Işık şiddeti, noktasal ışık kaynakları için tanımlanır ve doğrultuya bağlı bir büyüklüktür. Bir kaynak veya bir kaynak parçasının, tepe açısı sonsuz küçük ve eksenini verilmiş doğrultudaki koni içine yayımladığı ışık akısının, bu koninin açtığı uzay açısına bölümü ışık şiddetidir [2]. Birimi candela (cd) dır.

Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir α doğrultusundaki ışık şiddeti, bu doğrultuyu içine alan bir $\Delta\Omega_a$ uzay açısından çıkan $\Delta\Phi$ ışık akısının $\Delta\Omega_a$ uzay açısına bölümü ile ilgilidir. Eğer ortamın yutması yoksa $\Delta\Phi / \Delta\Omega_a$ ya ortalama ışık şiddeti denir. $\Delta\Omega_a$ sıfıra yaklaşırken bu oranın limiti de I_α ışık şiddetini tanımlar (Şekil 2.3).

$$I_\alpha = \lim_{\Delta\Omega_a \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta\Omega_a} = \frac{d\Phi}{d\Omega_a} \quad (2.3)$$

Bu denklemde ışık akısı lümen ve uzay açısı steradyan cinsinden yerlerine koyulursa ışık şiddeti candela cinsinden bulunur. Buna göre 1 steradyanlık uzay açıdan çıkan ışık akısı 1 lümen ise ışık şiddeti 1 candela olur [1].

Candela büyüklüğü, 1948 9uncu Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı'nda onaylanan bir tanımlamaya göre, platinin katılma sıcaklığındaki bir tam ışıyıcının ışıklılığı santimetre karede 60 candela şeklinde tanımlanmıştır [2].

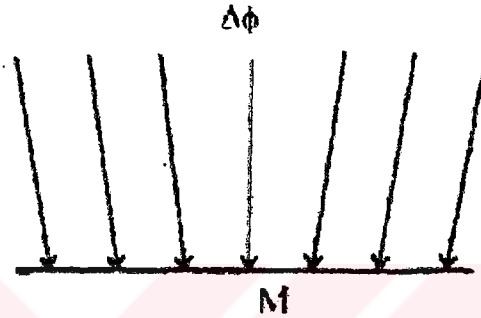


Şekil 2.3 Noktasal bir ışık kaynağının α doğrultusundaki I_α ışık şiddetini tanımlanması

2.4 Aydınlık Düzeyi (E)

Bir yüzeyin bir noktasında yüzeyin o noktayı çevreleyen sonsuz küçük bir parçasığının aldığı ışık akısının, bu yüzey alanına bölümüdür. Birimi lüks(lx) dir.

Sonsuz küçük olmayan bir yüzey parçasığı için, ortalama aydınlık düzeyinden söz edilir. Ortalama aydınlık düzeyi, bir yüzey parçasının aldığı ışık akısının, o yüzey parçası alanına bölümüdür [2].



Şekil 2.4 Aydınlık düzeyinin tanımı

Bir yüzeyin M noktasındaki ortalama aydınlık düzeyi bu noktayı içine alan bir ΔS yüzeyine düşen $\Delta \Phi$ ışık akısının bir ΔS yüzeyine bölümüne eşittir. ΔS yüzeyi sıfıra yaklaşırsa $\Delta \Phi / \Delta S$ oranının limiti, bu noktadaki aydınlık düzeyini verir (Şekil 2.4).

$$E = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta \Phi}{\Delta S} = \frac{d\Phi}{dS} \quad (2.4)$$

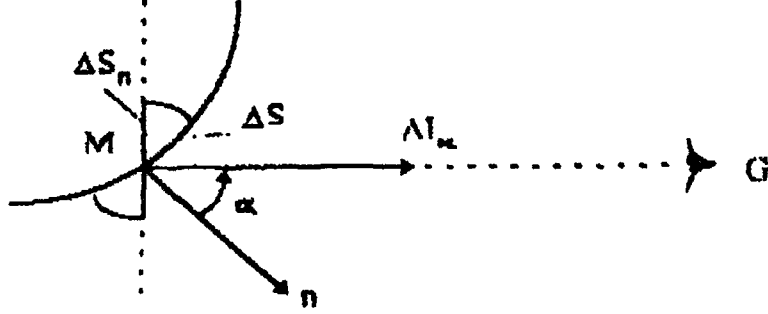
Φ , lümen ve S de m^2 cinsinden alınırsa E lüks cinsinden bulunur [1].

2.5 Parıltı (L)

Parıltı aydınlatma tekniğinde en önemli öğelerden biridir. İnsan gözünün gördüğü her şey belirli bir parıltı ile belirir. Yani, çevrede görülen ne varsa, belirli parıltı alanları biçiminde algılanır. Bu bakımdan herhangi bir görüntüyü, değişik parıltılar oluşturur denebilir.

Parıltıdan söz ederken bunun hangi yüzeyin hangi noktasına ve hangi doğrultuya ait olduğunu belirtmek gerekir. Söz konusu noktayı çevreleyen sonsuz küçük bir yüzey

parçacığının verilmiş doğrultudaki ışık şiddetinin, bu yüzey parçacığının verilmiş doğrultuya dik bir düzlem üzerindeki izdüşümünün alanına bölümüne parıltı denir. Birimi cd/m^2 dir [2].



Şekil 2.5 Bir yüzeyin bir M noktasının α doğrultusundaki parıltısının tanımı

Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile α açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktasını içine alan ΔS yüzey elemanının bu doğrultuda doğurduğu ΔI_α ışık şiddetinin ΔS nin bu doğrultuya dik düzlemdeki ΔS_n görünen alanına oranının limitidir (Şekil 2.5).

$$L_\alpha = \lim_{\Delta S_n \rightarrow 0} \frac{\Delta I_\alpha}{\Delta S_n} = \frac{dI_\alpha}{dS_n} \quad (2.5)$$

S'in her noktasında parıltı aynı değerde ise S'in bir M noktasının α doğrultusundaki ışık şiddeti I_α ve S'in bu doğrultuya dik düzlemdeki görünen alanı da S_n ile gösterilirse, M noktasının α doğrultusundaki parıltısı $L_\alpha = I_\alpha / S_n$ olur [1].

2.6 Işık Dağılım Eğrisi

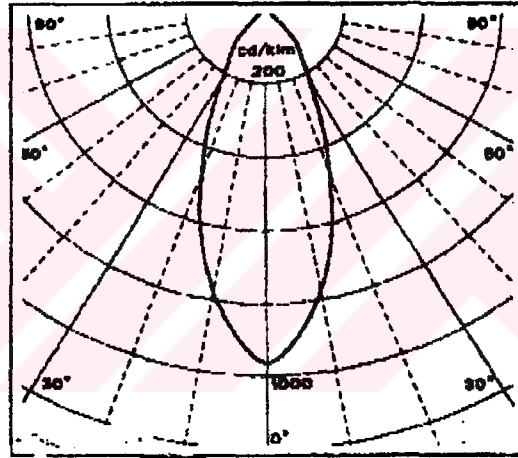
Işık kaynaklarının karakterlerini değerlendirebilmek için kaynağın çevresine çeşitli yönlerde yaydığı ışık şiddetinin dağılımını bilmek gerekir. Bu, sayısal ve grafiksel olarak belirtilebilir olmalıdır.

Noktasal bir ışık kaynağının muhtelif doğrultulardaki ışık şiddetlerinin uç noktalarının geometrik yeri bir yüzey olup, bu yüzeye söz konusu ışık kaynağının ışık dağılım (polar fotometrik) yüzeyi denir. Eğer kaynaktan geçen bir düzlem üzerindeki ışık şiddetlerinin uç noktaları göz önüne alınırsa bunların geometrik yeri kaynağın ışık dağılım yüzeyi ile söz konusu düzlemin ara kesidinden ibaret olur ve bunada ışık

dağılım eğrisi adı verilir. Eğri genel olarak bir merkezden başlayan vektörler üzerine kurulduğu için polar (kutupsal) ön eki kullanılarak kutupsal ışık dağılım eğrisi veya polar fotometrik eğri olarak da tanımlanır [1].

Eğer kaynağın ışık dağılımı eksenel veya dönele simetrik ise tüm dağılım simetri eksenini boyunca yarım bir daire ile temsil edilebilir. Dağılımın tüm pratik maksatlar için dönele simetrik olduğu durumlarda, eksen etrafında ortalama bir ışık dağılımı tanımlanır ve ortalama ışık dağılım diyagramı olarak çizilir.

Işık şiddetleri simetri eksenini çevresinde çeşitli açılar için belirlenir (ortalama olarak her 10 derecede bir) ve bunlar diyagram merkezinden itibaren ölçme yönlerinde çizilirler. Bu çizilen çap vektörlerinin uç noktaları yumuşak bir eğri ile birleştirilerek Şekil 2.6 deki gibi bir ışık dağılım diyagramı elde edilir. Genel bir kural olarak düşey eksen yönü 0° alınır.

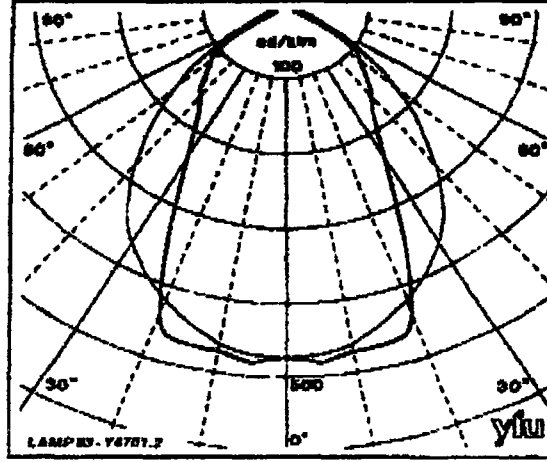


Şekil 2.6 Eksenel Simetrik ışık dağılım eğrisi

Işık dağılımının eksenel simetrik olmadığı durumlarda örneğin flüoresan lambalı bir aydınlatma armatürü söz konusu ise bu durumda değişik düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri birbirinden farklı olurlar. Bu gibi durumlarda boyuna ve enine düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri aynı diyagram üzerinde farklı iki eğri ile temsil edilirler (Şekil 2.7).

Genel olarak lamba ve aydınlatma armatürleri ışık dağılım eğrileri 1000 lümenlik bir ışık akısı için çizilir. Armatür için hesap yapılırken ışık akısı olarak çıplak lambanın

ışık akısı alınır. Bu şekilde çeşitli farklı ışık akılarına sahip farklı lambalar için hesap yapmak için tek bir armatür ışık dağılım eğrisi kullanmak yeterli olmaktadır.



Şekil 2.7 Eksenel Simetrik olmayan bir ışık kaynağının ışık dağılım diyagramı

Örneğin 60 W standart buzlu akkor lambanın ışık akısı $\phi = 730 \text{ lm}$ 'dir. Şekil 2.1 de fotometrik eğrisi verilen eksenel simetrik armatürün 20° için ışık şiddeti 460 cd/1000lm olarak bulunur ise aygıtın 20° doğrultudaki gerçek ışık şiddeti

$$I = (730 \text{ lm} \times 460 \text{ cd}) / 1000 \text{ lm} = 336 \text{ cd}$$

olarak bulunur.

Fotometrik ölçmeler, öznel(subjektif) ve nesnel(objektif) ölçme olarak ikiye ayrılır. Işık, gözde değerlendirilen fizyolojik-optik bir büyüklük olduğu için bütün fotometrik ölçmelerin göze dayanması gerekir. Göz, gerçekte bir ölçme aleti değil, bir karşılaştırma aleti olduğundan öznel ölçme yöntemleri de birer karşılaştırma yöntemleridir. Modern fotometrik ölçmede öznel aletlerin yerini nesnel yöntemler almaktadır. Nesnel ölçmelerin en önemli elemanı foto-elektrik elemanlardır [1].

3.1 Öznel (Subjektif) Ölçme

Öznel ölçme iki parıltının karşılaştırılmasıdır. Ölçme düzeneği, biri parıltısını ölçülecek olan kaynaktan, ikincisi de standart veya karşılaştırma kaynağından alan iki fotometre alanını içerir. Bu ölçmede deneyi yapanın değerlendirmesi önemli yer tutar. Fotometride deneyi yapan kişi iki yüzeyin parıltılarını birbirine eşit kılmak için gerekli ayarlamaları yapar.

Standart karşılaştırmaya kaynağına bağlı parıltı L_E ve parıltısı ölçülecek olan kaynağına bağlı parıltı L_X ise

L_E	L_X
Yüzey1	Yüzey 2

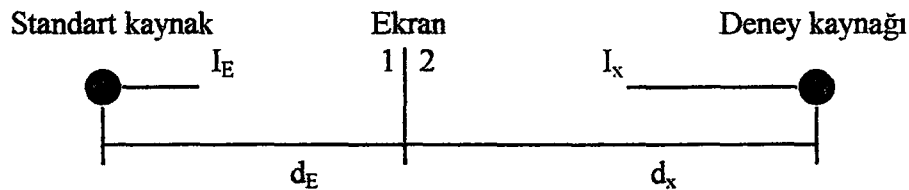
Parıltılar birbirine eşit (Parıltı kontrastı = 0) olduğunda $L_X = L_E$ şeklinde ifade edilebilir.

3.1.1 Fotometre Bankosu

Fotometre laboratuvarlarında kullanılan en önemli araçlardan birisi fotometre bankosudur. Bir çok çeşitli ölçmeler için kullanılabilmelerinden dolayı oldukça

Fotometre bankosu Şekil 3.1de görüldüğü gibi üzerinde ileri geri hareket edebilen fotometre başı (B), ışık kaynakları (C) ve perdeler (D) gibi çeşitli aksesuarları ihtiva eden 4-6 metre uzunluğunda bir ray sisteminden oluşmuştur. Gerekli durumlarda üzerinde fotometre başının ve lambaların yerlerini not edebilmek için mesafe işaretleyicileri de monte edilebilir. Tezgah üzerinde çeşitli fotometre başları kullanılabilir. Tüm perdeleri ve fotometre başı ile beraber tezgah tam bir fotometreyi oluşturur [3].

Bu amaçla fotometre bankosundan yararlanılabilir. Ölçme sürecinin daha iyi anlayabilmek amacı ile Şekil 3.2de gösterilen ışık şiddeti ölçmeye uygun bir fotometrik sistem düşünelim. Burada anlatılan sistem parıltının uzaklığın karesi ile ters orantılı değişimi kuralı üzerine kurulmuştur.



Banko üzerinde üç ana taşıyıcı vardır. Birinci taşıyıcı standart karşılaştırma ışık şiddetini veren lambayı taşır. Genel olarak bu taşıyıcı deney boyunca sabittir. İkinci

taşıyıcı üzerine iki yüzü matbeyaz olan bir ekran monte edilmiştir. Ve ışık şiddeti bilinmeyen ışık kaynağı da üçüncü taşıyıcı üzerinde bulunur.

Ekranın 1 ve 2 yüzlerinin parıltıları birbirine eşit oluncaya kadar ekran ve gerekir ise deney kaynağı hareket ettirilir. Parıltılar eşit olunca ($L_X = L_E$) aydınlık seviyeleri de birbirine eşit olur. Ekranın iki yüzeyi de aynı nitelikte olduğundan $L_X = L_E$ eşitliğinden

$$L_X = L_E \Rightarrow E_X = E_E \text{ yazılabilir.}$$

Bu durumda aydınlık seviyeleri eşit olunca

$$\frac{I_x}{d_x^2} = \frac{I_E}{d_E^2} \Rightarrow I_x = \frac{d_x^2}{d_E^2} I_E$$

şeklinde hesaplama yapılabilir [3].

3.2 Nesnel (Objektif) Ölçme

Bu ölçmede deneyi yapan kişinin değerlendirmesi önemli değildir. Ölçme sonucu, sadece kullanılan aygıtların gösterdikleri değerlere bağlıdır. Ölçme ışık algılayıcısının yüzeyine düşen ışık enerjisinin farklı bir enerji türüne dönüştürülmesi fiziksel olayı üzerine kurulmuştur.

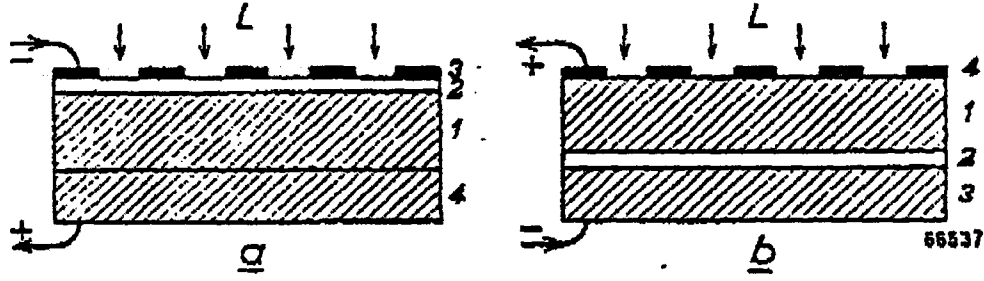
3.2.1 Fotopiller

Nesnel ölçmeler Fotoelektrik Lüksmetre'ler ile yapılır. Bunların esası Fotopil'lerdir.

Fotopillerin ışık tarafından harekete geçirilen elektronların sonradan bir direnç yardımı ile geri dönebilecekleri yarıiletken yüzeyden komşu metalik katmana geçmelerine izin veren bir durdurucu tampon katman ihtiva etmelerinden dolayı durdurucu-katmanlı hücreler şeklinde de adlandırılırlar. Fotopillerden herhangi ek bir kuvvetlendiriciye ihtiyaç duyulmaksızın ölçülebilecek genlikde akım alınabilmektedir.

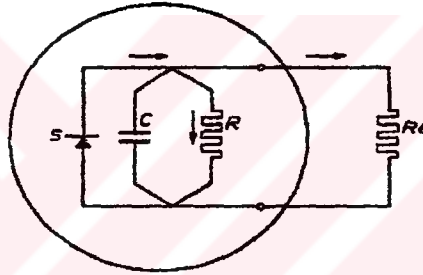
Durdurucu katmanı yarıiletkenin önünde(ön katmanlı fotopil) veya arkasında(arkakatmanlı fotopil) olabilen iki çeşit tip vardır. Her iki tip de Şekil 3.3 de gösterilmiştir. Bu şekilde yarıiletken 1 ile durdurucu katman da 2 ile gösterilmiştir. 3, fotoelektronların yarıiletkenden ayrılarak gittikleri metal

elektrottur. Yarıiletken ile kontakta olarak elektronların daha sonradan dönüş yolunu sağlayan metalik katman 4 ile gösterilmiştir. Işık oklar yönünde içeri girer.



Şekil 3.3 a) Ön (veya üst) katmanlı fotopil b) Arka (veya alt) katmanlı fotopil yapısı
1 Yarıiletken, 2 Durdurucu katman, 3 Madensel Kaide,
4 Yarıiletkene komşu Madensel Kaide

Fotometrik ölçmelerde en yoğun kullanılan fotopil tipi ön katmanlı selenyum hücreleridir (Şekil 3.3.a).

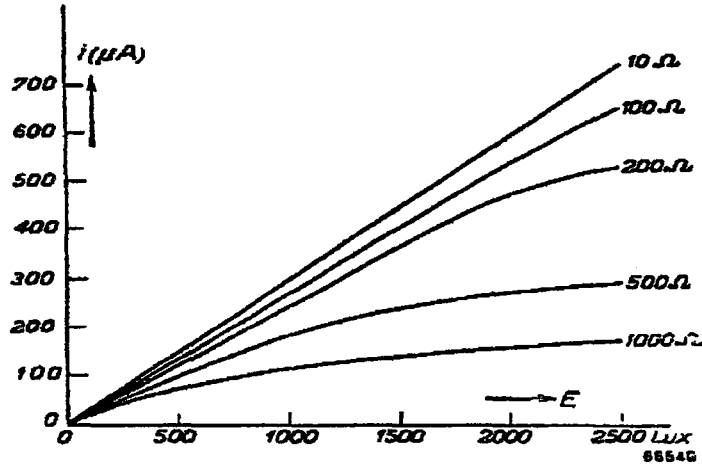


Şekil 3.4 Durdurucu tabaka eşdeğer devresi

Fotopiller Şekil 3.4 deki eşdeğer devre ile temsil edilebilirler. S bir doğrultucu gibi çalışan durdurucu katmandır, R akımın ters yönde aktığı yarıiletkenin direncidir; R gelen ışığa bağlıdır. Re dış dirençtir. Aradaki durdurucu katman ile ayrılmış olan madensel kaide ve selenyum yarıiletken C ile temsil edilen bir kondansatörü teşkil ederler.

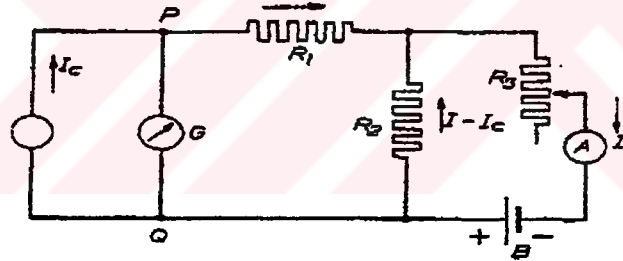
Fotopil akım karakteristiği dış akım devresinin direncine bağlıdır (Şekil 3.5). Küçük direnç değerlerinde akım hemen hemen fotopilin aydınlığı ile doğru orantılıdır. Kısadevre direncinde bu ilişki tam lineerdir.

Fotopillerin kısadevre akımları aydınlık düzeyi ile doğru orantılı olmalarından dolayı bu akımın ölçülebileceği bir devre oldukça önemlidir. Uygun bir devre Şekil 3.6 da gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Farklı direnç değerleri için Fotopil akımının (I), aydınlık düzeyi (E)'ye göre değişimi

Fotopil akımı I_c , R_1 ve R_2 dirençleri üzerinden alınır. I akımı I_c ile ters olarak R_2 üzerinden B kaynağından akar. I , R_3 reostası ile, P ile Q arasında potansiyel farkı olmayacak şekilde ayarlanır, ve böylece G galvanometresi üzerinden hiçbir akım geçmez. G galvanometresi üzerinde akım geçmediğinde fotopil gerilimi sıfır olur. I_c akımı fotopilin kısadevre akımıdır.



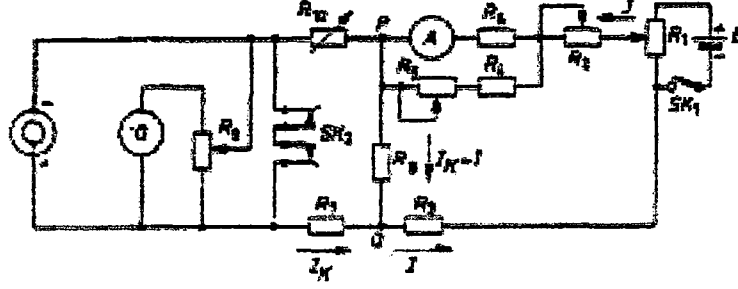
Şekil 3.6 Fotopil kısadevre akımı ölçme devresi

Kirchhoff yasası gereği:

$$I_c \cdot R_1 = (I - I_c) \cdot R_2 \Rightarrow I_c = I \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

R_1 eğer R_2 'den çok büyük olursa, I akımı I_c 'den çok daha büyük olur ve I akımı basit bir ölçme cihazı ile ölçülebilir.

Fotopil kısadevre akımını ölçmek için basit ve yüksek performanslı bir devre örneği Şekil 3.7de verilmiştir [3].



Şekil 3.7 Fotopil kısadevre akımı ölçmesi için bir amplifikatör devresi

- A = 0.5 sınıfı 0-1 mA miliampermetre
- B = 4.5 V lampa bataryası
- G = 0-1 μ A galvanometre, $R=1000\Omega$
- R_1 = 5 k Ω , 3 W sargılı voltmetre
- R_2 = 500 Ω , 3 W sargılı voltmetre
- R_3 = 3.7 k Ω , 1 W karbon direnç
- R_4 = 1 k Ω , 1 W sargılı direnç
- R_5 = 1 k Ω , 3 W sargılı voltmetre
- R_6 = 100 Ω , 1 W sargılı direnç
- R_{7-8} = 1000 Ω sargılı direnç, $R_7=900\Omega$ ve $R_8=100\Omega$
- R_9 = 25 k Ω , 3 W sargılı voltmetre
- R_{10} = Onlu direnç, binlerce, onbinlerce ve olasılıkla yüzlerce ohma bölünmüş
- SK₁ = 6 A anahtar
- SK₂ = telefon anahtarı

3.2.1.1 Fotopillerin Spektral Cevabı

Fotopilin akımını saptamaya yarayan ölçü aleti doğrudan doğruya lüks olarak derecelendirilebilir. Bu durumda fotopil nesnel bir lüksmetre oluşturur.

Genel olarak aydınlık düzeyi ile elektriksel aracın okuması arasındaki ilişkiyi sağlamak amacı ile lüksmetreler standart bir ışık kaynağı ile kalibre edilirler. Bu kalibrasyon daha sonra başka ışık kaynaklarının ölçülmesi için temel oluşturur. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta lüksmetrenin, ancak kalibre edildiği ışıkla doğru değerler vereceğidir. Işığın bileşimi değişirse (örneğin akkor filamanlı lamba ışığı yerine civa buharlı veya floresan lamba ışığı söz konusu ise) fotopilin cevabı da değişecektir. Bunun sebebi gözün spektral duyarlılık eğrisi ile fotopilin spektral cevap eğrisinin üst üste çakışmamasındandır. Bu durumda bir düzeltme faktörü kullanmak şartıyla belli bir ışık bileşimi için kalibre edilmiş lüksmetre başka türden ışıklar içinde kullanılabilir.

Genel olarak fotopiller özel filtrelerle donatılarak, göz duyarlılığına çok yakın olan bir spektral cevap elde edilebilir. Bu tip filtreler Göz Filtresi denir. Bu filtreler yüzünden fotopilin duyarlılığı %40 oranında azalır [3].

3.2.1.2 Işığın Geliş Açısı

Genel olarak fotopiller duyar yüzeye dik olan ışınlar için kalibre edilirler. Işınlar yüzeye belli bir açı ile gelirse, gelen ışık akısının küçüksenmiyecek bir kısmı yansımaya uğrar. Bu sebeple okunan akım, saptanacak E aydınlık seviyesine karşılık olan akımdan küçük olur.

Doğrultunun etkisini yok etmek için fotopillerin üzerine çeperi ışık geçirici ve dağıtıcı bir materyalden yapılmış içi boş bir yarım küre monte edilmiştir. Bu durumda ışık, fotopil yüzeyine daima aynı koşullarda gelir. Bu filtreler cos-filtreleri denir [3].

3.2.2 Ölçme Hataları

Fotometrik ölçmede %1 den küçük hatalı ölçümler için kullanılması gereken yöntem reflektörlü ve aynalı armatürleri ölçme başının $I=E \cdot d^2 = s \cdot b \cdot t$ in sağlandığı d mesafesine ve reflektörsüz armatürleri kaynağın en büyük boyutunun 10 katı mesafesine yerleştirmektir [1].

4. REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ

İki değişken arasında bir ilişkinin olduğu tahmin ediliyorsa bu ilişkiyi matematiksel bir denklem yardımı ile ifade edebiliriz. İlişkiyi en iyi belirten matematiksel fonksiyon doğrusal bir denklem olabileceği gibi eğri fonksiyonları da olabilir. Hangi tür fonksiyonun daha uygun olabileceği çizilecek serpilme diyagramındaki noktaların durumundan anlaşılabilir. Örneğin, noktalar bir doğru etrafında toplanmışlarsa doğrusal, bükülme noktası var ise eğrisel bir fonksiyon kullanmak uygun olur. Ayrıca bükülme noktasının sayısına göre fonksiyonun kaçınıcı derece olması gerektiği konusunda bir fikir elde edilebilir. Bir bükülme noktası için ikinci dereceden, iki bükülme noktası için üçüncü dereceden bir fonksiyon kullanılmalıdır.

İki seri arasındaki ilişkinin matematik bir fonksiyonla ifadesi değişkenlerden birinin bağımlı diğerinin bağımsız değişken olarak kabul edilmesi ile mümkündür. Bu şekilde meydana getirilecek olan fonksiyon bir regresyon doğrusunun veya eğrisinin denklemi olacaktır. İlişkiyi ifade edebilen bir denklemin ortaya çıkarılmasının, ilişkinin yönünü ve şeklini tayin edebilmenin yanısıra diğer yararlı bir yönü vardır ki

$$y = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

şeklinde bir denklem ile, bir x değeri verildiği takdirde buna karşı düşen y değerinin de bulunabilmesi ve dolayısıyla tahmin yapabilmenin mümkün olmasıdır. Ancak bu şekilde tahmin yaparken üzerinde dikkatle durulması gereken bir nokta, verilerde bulunmayan bir x değerini kullanarak y hakkında tahmin yapmanın sadece söz konusu fonksiyonun her x değeri için geçerli olduğu bölgelerde mümkün olduğudur. Özellikle fonksiyon çıkarılırken kullanılan x değerleri sınırları dışında tahmin yaparken fonksiyonun şeklinin değişebileceği olasılığını gözönünde bulundurmak gerekir.

Regresyon analizi ilişkinin yönü ve derecesi hakkında kesin bir bilgi sağlayamamaktadır. Bu bilgi için korelasyon analizinin önemli bir varsayımı eldeki veriler yardımıyla inceleme konusu değişkenler arasındaki gerçek ilişkinin bir tahmininin yapılabileceğidir.

4.1 Regresyon Analizi

Bileşik seriler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde çok çeşitli denklemlerden yararlanılabilmekte ise de tatbik sahası en geniş olanlar doğrusal denklemler ve ikinci dereceden fonksiyonlar yani parabolldir.

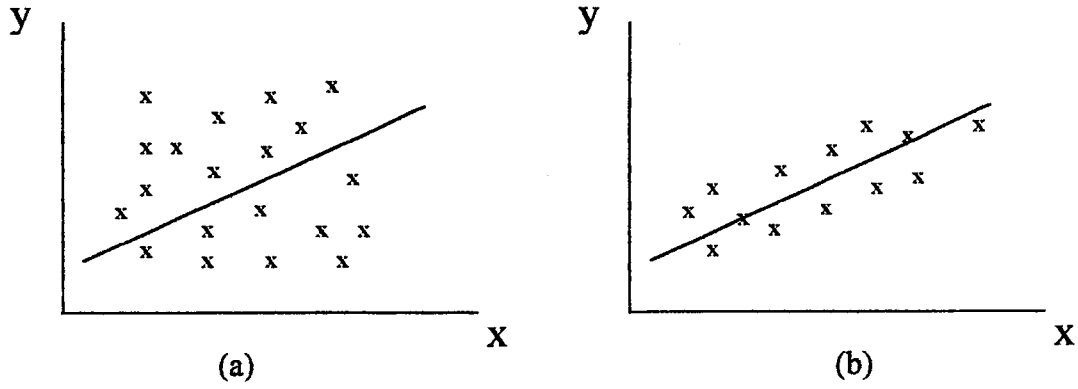
4.1.1 Doğru Denklemi Uydurulması

Bileşik seriler arasındaki ilişkiyi belirleme metodlarında en önemli yeri doğrusal denklemler tutmaktadırlar. Bunun sebepleri şunlardır:

- a) Birçok ilişkinin şekli doğrusaldır,
- b) Doğrusal denklemler, aksi halde matematiksel ifadesi çok zor olan birçok ilişkinin uygun birer tahmini olduklarından pratik bakımdan büyük önem taşımakta ve bundan dolayı ortaya çıkacak hata da önemsiz sayılabilecek kadar küçük olmaktadır.

İstatistik ilişkilerin bir çoğu doğru denklemi ile ifade edilmektedir. $y(x)=a_0+a_1x$ gibi bir doğrusal fonksiyonda a_0 , fonksiyonun y eksenini kestiği noktayı, a_1 ise doğrunun eğimini ifade etmektedir. Bilindiği gibi bir doğru üzerinde herhangi iki noktanın koordinatları biliniyorsa a_0 ve a_1 sabitlerini yazmak mümkündür.

Serpime diyagramı vasıtası ile elde edilen doğrusal bir ilişkiyi çok sayıda doğru ile gösterebiliriz. Ancak ilişkiyi en iyi belirleyecek denklem En Küçük Kareler Metodu ile tespit edilecek denklemdir. Bu kritere göre çizilen eğriden, serpilme diyagramındaki noktalara olan uzaklıkların karelerinin toplamı minimum olacaktır. Fakat bir doğrunun bu şekilde çizilmiş olması uyumun da iyi olduğu anlamına gelmez. Örneğin Şekil 4.1.a daki en küçük kareler doğrusunun uyumu noktaların yaygın olmasından dolayı iyi değildir.

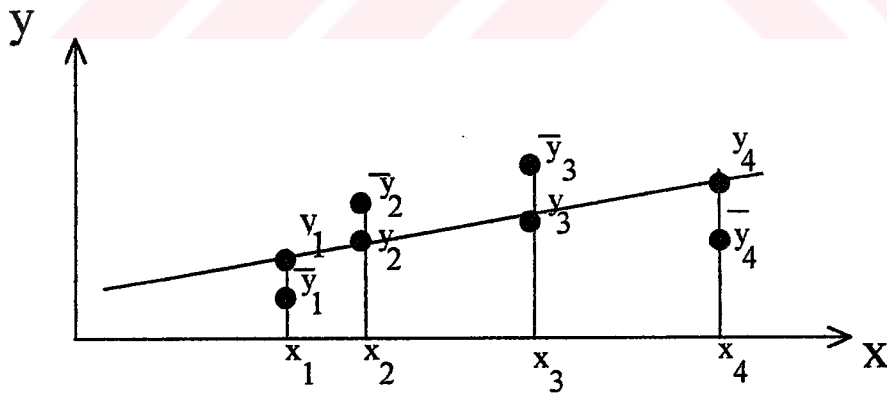


Şekil 4.1 x ve y değişkenleri arasındaki ilişkinin serpilme diyagramında gösterilmesi

Değerlerden bazılarının pozitif bazılarının ise negatif olmasından dolayı kriter olarak noktalardan uzaklıklarının toplamı yerine, karelerinin toplamı kullanılır. Kareler alındığında gerçek uzaklıklar ön plana alındığı için matematiksel olarak daha uygun olur.

Elimizde n sayıda (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_n, y_n) gibi ikili değer olsun. Bu durumda her x_i değerine karşı gelen bir y_i değeri ve regresyon denkleminde bulunacak teorik bir $\bar{y}_i$ değeri vardır (Şekil 4.2).

$\bar{y}(x) = a_0 + a_1x$ şeklinde bir doğru denkleminde a_0 , a_1 katsayıları bulunmak isteniyor. En küçük kareler yöntemine göre :



Şekil 4.2. Regresyon Eğrisi

$$Hata = y_i - \bar{y}(x_i) = y_i - \bar{y}_i = y_i - [a_0 + a_1x]$$

Bu durumda $\sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i)^2$ ifadesi minimum olmalıdır.

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i)^2 \quad \text{ise}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i) = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i) x_i = 0$$

Buradan da ;

$$\sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n (y_i x_i - a_0 x_i - a_1 x_i^2) = 0 \quad \text{olacaktır. Ve}$$

$$\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n a_0 - \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_i - a_0 \sum_{i=1}^n x_i - a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = 0 \quad \text{şekline dönüşür.}$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n a_0 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_i = a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2$$

Son olarak da

$$\sum_{i=1}^n y_i = n a_0 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.1)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_i = a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (4.2)$$

denklemlerine ulaşırsınız ki bu denklemlere Normal Denklemler denir. Bu denklemleri matris şeklinde aşağıdaki gibi yazabiliriz :

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Bilinen ve bir eğriye uydurulmak istenen verilerden n , $\sum y_i$, $\sum x_i$, $\sum x_i y_i$ ve $\sum x_i^2$ değerlerini hesaplamak mümkündür. Bu değerler (4.3) denkleminde yerine koyularak iki bilinmeyenli iki denklemin çözümünden a_0 ve a_1 katsayıları bulunmuş olur. Böylece aranan $\bar{y}(x) = a_0 + a_1 x$ doğru denklemi bulunmuş olur.

Bu şekilde elde edilen doğru denklemi x in bağımsız y nin bağımlı değişken olarak kabul edilmesi ile elde edilen doğru denklemdir. Ve y nin x e göre regresyon doğrusu olarak tanımlanır. Bu regresyon doğrusu kullanılarak x_i nin başka bir değeri için $\bar{y}(x)$ değeri hesaplanabilir.

4.1.2 İkinci Dereceden Denklem Uydurulması

$\bar{y}(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$ şeklinde ikinci dereceden bir denklem uydurmak için

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}(x_i))^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2)^2 \quad \text{minimum olmalıdır.}$$

Burada a_0 , a_1 ve a_2 katsayılarının bulunması gerekmektedir. Bunun için en küçük kareler yöntemi ile :

$$\frac{\partial Q}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2) = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2) x_i = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a_2} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2) x_i^2 = 0$$

Doğru denklemi uydurulmasındaki gibi gerekli toplama ve indirgeme işlemlerinin sonucunda aşağıdaki denklemler elde edilir :

$$\sum_{i=1}^n y_i = n a_0 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (4.4)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_i = a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^3 \quad (4.5)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_i^2 = a_0 \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^4 \quad (4.6)$$

haline gelir. Bu denklemleri matris şeklinde yazarsak :

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i x_i \\ \sum y_i x_i^2 \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu denklemlerin çözümünden a_0 , a_1 ve a_2 katsayıları hesaplanarak $\bar{y}(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2$ regresyon denklemi elde edilir.

4.1.3 k. dereceden Denklem Uydurulması

En genel hali ile $\bar{y}(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_kx^k$ şeklinde bir denklem uydurmak için yine En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak :

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}(x_i))^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_kx_i^k)^2 \quad \text{minimum olmalıdır.}$$

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$ katsayılarının bulunması için benzer olarak

$$\frac{\partial Q}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_kx_i^k) = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_kx_i^k)x_i = 0$$

$$\dots$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a_k} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_kx_i^k)x_i^k = 0$$

Gerekli işlemler yapıldıktan sonra matris şeklinde

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^m & \dots & \sum x_i^k \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^{m+1} & \dots & \sum x_i^{k+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum x_i^m & \sum x_i^{m+1} & \sum x_i^{m+2} & \dots & \sum x_i^{m+m} & \dots & \sum x_i^{m+k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum x_i^k & \sum x_i^{k+1} & \sum x_i^{k+2} & \dots & \sum x_i^{k+m} & \dots & \sum x_i^{k+k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_m \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i x_i \\ \vdots \\ \sum y_i x_i^m \\ \vdots \\ \sum y_i x_i^k \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu denklemlerin çözümünden regresyon denkleminin aranan katsayıları bulunur ve regresyon denklemi elde edilmiş olur.

4.1.4 Regresyon Analizi Hataları

4.1.4.1 Tahminin Standart Hatası

En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak elde edilen regresyon denkleminin verdiği değerler ile veriler arasında farkın bulunması normaldir. Fakat bu farkın kabul edilebilir büyüklükte olması gerekmektedir.

Regresyon analizi ile yapılmak istenen, farkların karelerinin toplamını minimuma indirmektir. Serpilme diyagramı ile regresyon denkleminin derecesi arasında bir ilişkinin kurulması mümkün ise de bunun için bir ölçüye ihtiyaç vardır. Standart Hata bize bu konuda bilgi vermektedir.

Standart Hata veriler ile regresyon denkleminin verdiği değerler arasındaki farkın karesinin veri sayısına bölümünün karekökü olarak tanımlanmaktadır. Matematiksek olarak

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n}} \quad (4.9)$$

şeklinde gösterilir.

Burada,

y_i : Verilerde x_i değerlerine karşılık gelen değerler

$\bar{y}_i$: Regresyon denkleminde bulunan x_i ye karşı gelen değerler

S_{yx} : x bağımsız, y bağımlı değişken seçilirse tahminin standart hatası

4.1.4.2 Standart Sapma

Standart sapma, verilerdeki x_i lere karşı gelen y_i değerlerinin, y_i lerin aritmetik ortalaması olan y_{ort} dan ne kadar saptığını gösterir. Regresyon denkleminde elde edilen $\bar{y}_i$ ler ile hiçbir ilişkisi yoktur.

$$G_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{\text{ort}})^2}{n}} \quad (4.10)$$

G_{yx} : x bağımsız y bağımlı değişken seçildiğinde standart sapma

4.2 Korelasyon Analizi

Regresyon analizi değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ortaya çıkarmada ve bulunan eğrinin verilere uyumunun derecesini belirlemede yeterli olmamaktadır. Oysa ilişkinin yönünün, derecesinin ve anlamlı olup olmadığını tesbit etmek büyük önem taşır.

İki değer arasındaki ilişkinin kuvvetini ölçmek için önce gerçek y değerlerinde gözlenen toplam değişkenliğin ne kadarının tesadüfi veya izah edilemeyen sebeplerden ileri geldiğini ve ne kadarının iki değişken arasındaki ilişkiden ötürü olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Gözlemle elde edilmiş olan gerçek y değerlerinin (serpilme diyagramındaki noktaların) toplam değişkenliği

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y_{\text{ort}})^2$$

ifadesine, diğer bir deyimle gerçek y değerlerinin, y lerin aritmetik ortalamasından sapmalarının karelerinin toplamına eşittir.

Bilindiği gibi regresyon denkleminin sapmalarının ölçüsü

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

ile ifade edilmektedir. Bu tesadüfi etkenlerin yani diğer faktörlerin meydana getirdiği değişkenliği belirlemektedir.

Gerek toplam değişkenlik, gerekse tesadüfi etkenlere bağlı değişkenlik hesaplanmış olduğundan aşağıdaki oran yardımıyla toplam değişkenliğin ne kadarının tesadüfi etkenlerle açıklanabileceğini bulabiliriz.

$$\frac{\text{Tesadüfi}}{\text{Toplam}} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{\text{ort}})^2}$$

İlişkiye bağlı değişkenlik ;

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{iort})^2} \quad (4.11)$$

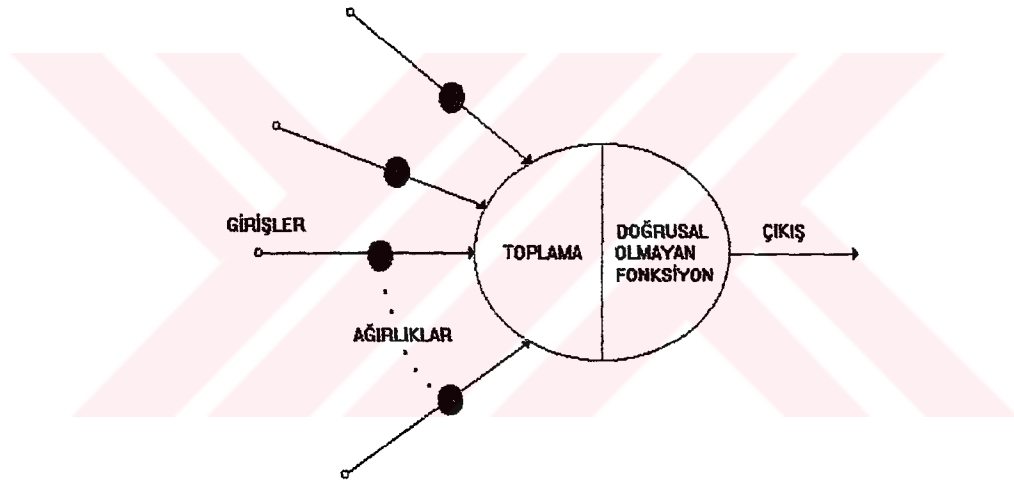
olacaktır. Determinasyon katsayısı (r^2) olarak tanımlanan bu değer karelerin toplamı olarak hesaplandığından iki seri arasındaki ilişkiyi ifade eden bir ölçüye varabilmek için değer in karekökünün alınması gerekmektedir. Bu suretle elde edeceğimiz ölçü korelesyon katsayısı r olarak tanımlanmaktadır.

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{iort})^2}} \quad (4.12)$$

Yukarıdaki açıklamadan da anlaşılabileceği gibi x ile y arasındaki ilişki kuvvetli olduğu taktirde r nin değeri 1 e yakın, kuvvetsiz olduğu taktirde ise sıfıra yakın olacaktır [4].

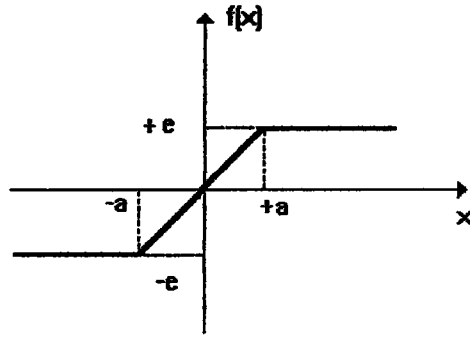
5. YAPAY NÖRAL DEVRELER

Yapay nöral devreler, insan beyninin sinir sistemine ilişkin yapısından esinlenerek gerçekleştirilen modeller olup, gerçek sinir sisteminde nöron denilen sinir hücrelerinden, yapay nöral devrelerde işleme elemanı olarak söz edilir. O zaman bir yapay nöral devre, tabakalar halinde düzenlenmiş olan ve çok sayıdaki bağlantıyı içeren, işleme elemanları topluluğu olarak gözönüne alınabilir. Bir işleme elemanı ise Şekil 5.1de gösterildiği gibi çok girişli, tek çıkışlı bir eleman olarak verilebilir.

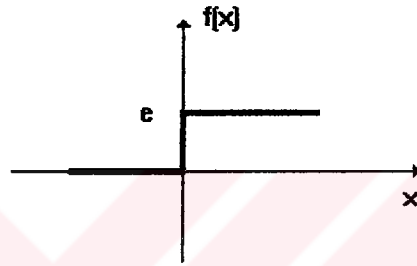


Şekil 5.1 Nöral devre işleme elemanı.

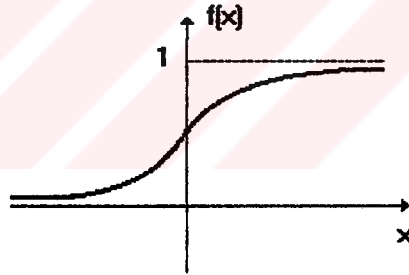
Buradan görülebileceği gibi, işleme elemanının, her bir giriş yolu üzerinde ağırlık katsayıları denilen uyarlamalı bağlantı katsayıları bulunur. Bu şekildeki işleme elemanı basit bir toplamla, ağırlıklı girişleri birleştirerek doğrusal olmayan bir fonksiyondan geçirir. Doğrusal olmayan fonksiyon olarak, ya ikili çıkış durumuna ilişkin bir eşik fonksiyonu ya da sürekli bir fonksiyon olarak sigmoid fonksiyonu kullanılabilir. Bu fonksiyonlar aşağıda gösterildiği şekillerde olabilirler.



[a] : Rampa Fonksiyonu



[b] : Basamak Fonksiyonu



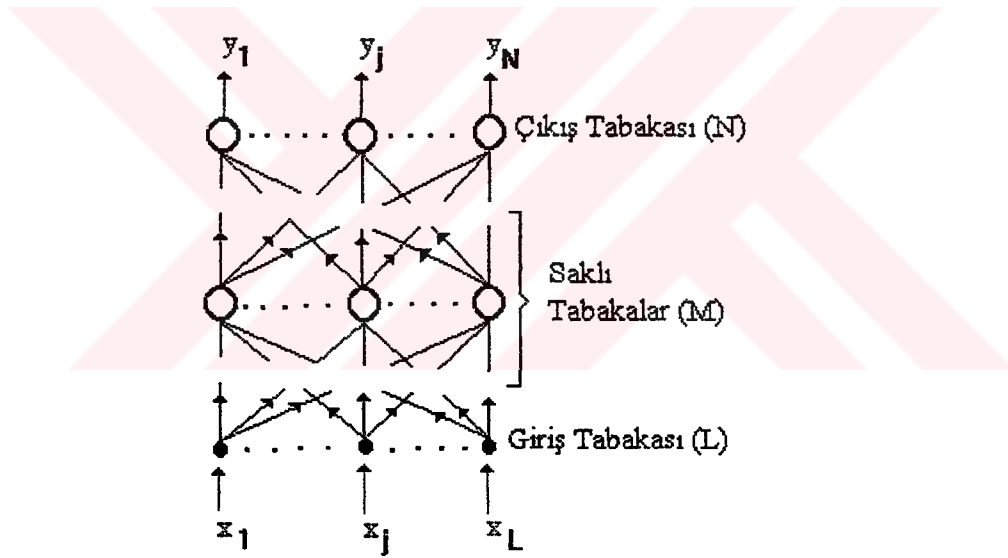
[c] : Sigmoid Fonksiyonu

Şekil 5.2 Çeşitli doğrusal olmayan fonksiyonlar.

Eşik fonksiyonları veya aktivasyon fonksiyonları da denilen bu doğrusal olmayan fonksiyonlar işleme elemanlarının çıkışını, belli bir aralığa betimler. Bu fonksiyonların içersinde en çok kullanılanı ise sigmoid fonksiyonudur.

Bir işleme elemanının çıkışı, bağlantı ağırlıkları aracılığı ile diğer elemanların girişlerine yine bu uyarlamalı katsayılarla çarpılarak dağıtılır. Bu şekilde bir işleme elemanı, diğer elemanlardan gelen değiştirilmiş aktivasyon değerlerini birleştirici rol oynar. Bu anlamda, bir yapay nöral devre, giriş ve çıkışı arasında bir dizi şeklinde oluşturulan tabakalar içerisinde gruplandırılmış, bir çok işleme elemanını içerir. Böylece, yukarıda sözü geçen bağlantılar ise birbirini izleyen tabakalar arasında kurulmuş olur. Giriş ve çıkış tabakaları, sırasıyla bilgiyi alan ve dışarıya ileten tabakalar olup, bu ikisi arasında kalan diğer tabakalar ise saklı tabakalar olarak isimlendirilir. Bu şekildeki bir nöral devre, tümüyle paralel dağıtılmış bir yapıyı içerir.

Tabakalar halinde düzenlenmiş ileriye doğru beslemeli bir nöral devre, aşağıdaki gibi Şekil 5.3 ile verilebilir.



Şekil 5.3 İleriye doğru beslemeli nöral devre.

Böylece Şekil 5.3 ile verilen bir nöral devrede, p. örüntü için çıkış tabakasındaki j. işleme elemanının çıkışı

$$y_{jp} = f\left(\sum_i w_{ij} x_{ip} + \theta_j\right) \quad (5.1)$$

olup, $f(\cdot)$ aktivasyon fonksiyonunun sigmoid fonksiyonu olması durumunda

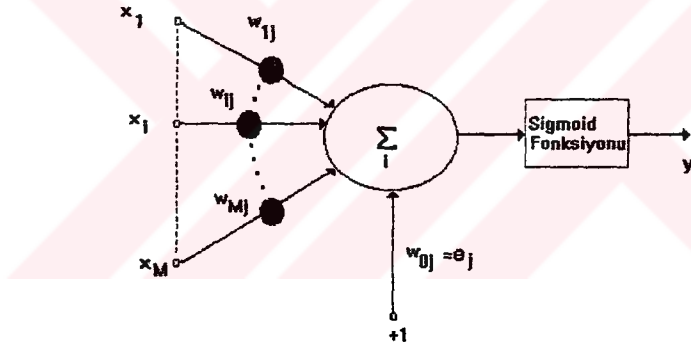
$$y_{jp} = \frac{1}{1 + \exp\left[-\left(\sum_i w_{ij} x_{ip} + \theta_j\right)\right]} \quad (5.2)$$

şeklini alır.

Burada w_{ij} çıkış tabakasının j . işleme elemanı ile saklı tabaka elemanları arasındaki bağlantı katsayıları olup, x_{ip} bir önceki tabakadan gelen giriş büyüklükleridir. θ_j de,

$$\begin{aligned} x_{0,p} &= 1 \\ \text{ve} \\ w_{0j} &= \theta_j \end{aligned} \quad (5.3)$$

olmak üzere, çıkış tabakasındaki j . işleme elemanına ilişkin ek terimdir. Bu çerçevede, Şekil 4.1deki işleme elemanı, (5.2) eşitliğini gerçeklemek üzere Şekil 5.4 deki gibi, daha açık olarak, yeniden oluşturulabilir.



Şekil 5.4 Çıkış tabakasındaki j . işleme elemanı.

Bir nöral devre modeli geliştirmede önemli iki çalışma durumundan biri "Öğrenme" diğeri ise "geri çağırma" dır. Öğrenme, nöral devre girişine uygulanan işarete cevap olarak, çıkış tabakasının ürettiği değer ile istenen çıkış büyüklüğü arasındaki farkı en küçük yapacak şekilde, tabakalar arasındaki ağırlık katsayılarını uyarlamalı olarak değiştiren bir süreçtir. Burada sözü geçen istenen çıkış büyüklüğü, önceden belirlenmiş bir büyüklük olarak, devreye bir öğretici aracılığı ile öğretildiği için bu tip nöral devrelerin öğrenmesine "Denetimli Öğrenme" denir. Eğer istenilen çıkış verilmemişse, bu tip öğrenmeye de "Denetimsiz Öğrenme" denir. Öğrenme süreci ise yine bir kurala göre gerçekleştirilip, "Öğrenme Kuralı" denilen bu kural, giriş örüntüsüne cevap olarak, bağlantı ağırlıklarının nasıl değiştirileceğini tanımlar.

Öğrenme genel olarak, tüm örüntülerin bir çok kez tekrar edilmesini gerektirir. Bu şekilde nöral devrenin "Eğitim" süreci de tamamlanarak giriş-çıkış çiftleri arasındaki ilişkiyi öğrenmesi sağlanır. Nöral devrenin diğer durumu "Geri Çağırma" ise eğitimi tamamlamış bir nöral devre için, girişe uygulanan giriş örüntüsünün cevabını çıkış tabakasında elde etmek üzere, bilginin giriş-çıkış arasındaki yayılışdır. Eğer, Şekil 5.3 de verilen ileriye doğru beslemeli bir nöral devrede olduğu gibi, tabakalar arasında veya aynı tabaka içersindeki işleme elemanları arasında bir geri besleme yoksa, bu durumda geri çağırma süreci, giriş tabakasından çıkış tabakasına doğru ilerliyen bir yol izleyecektir.

Nöral devrenin öğrenmesine ilişkin en uygun yöntemlerden biri, "Geriye Yayılım" algoritması olarak bilinir.

5.1 Geriye Yayılım Algoritması

Bir yapay nöral devrenin ağırlık katsayılarının uyarlamalı olarak ayarlanması, en basit şekilde, en küçük karesel ortalama (LMS) anlamındaki bir öğrenme kuralı ile gerçekleştirilebilir. Bu yaklaşım "gradyent azalması" olarak da isimlendirilip, ağırlık katsayıları tarafından oluşturulan performans yüzeyinin minimumunu araştırmak için, her adımda karesel hata (e^2) nin beklenen değerinin minimumuna doğru ilerlenir. Ayrık zamanda minimuma yaklaşma

$$\underline{W}_{k+1} = \underline{W}_k + \eta \underline{\nabla}_k E[e^2] \quad (5.4)$$

olup,

$$\underline{\nabla}_k E[e^2] = \left[\frac{\partial E[e^2]}{\partial w_{i1}}, \dots, \frac{\partial E[e^2]}{\partial w_{in}} \right]_k^T \quad (5.5)$$

dır. Burada $\underline{w}_k$, k. adımdaki ağırlık katsayıları vektörü, η ise yakınsama çarpanıdır. LMS algoritmasında,

$$\underline{\nabla}_k E[e^2] = \frac{\partial E[e^2]}{\partial \underline{w}_k} \quad (5.6)$$

yerine, çıkış düğümlerindeki hatanın gradyenti

$$\nabla_k e^2 = \frac{\partial (e_j^2)}{\partial w_k} = 2e_j \left(\frac{\partial e_j}{\partial w_k} \right) \quad (5.7)$$

kullanılır.

Nöral devrelerde LMS yönteminin özel bir uygulaması " Geriye yayılım" algoritması olup, bu algoritma aşağıdaki gibi verilir.

Burada, gerçek ve istenen çıkış arasındaki farkın karesiyle orantılı olacak şekilde bir hata fonksiyonu gözönüne alarak,

$$e^2 = \sum_j (d_j - F_j)^2 \quad (5.8)$$

yazılabilir ve j. birimin ağırlıklı toplamını bir önceki tabaka çıkışları, F_i yi, j. nörona giriş olacak şekilde alıp

$$s_j = \sum_i F_i w_{ij} \quad (5.9)$$

oluşturulabilir. Her bir j. nöronun çıkışı girişine s_j nin uygulandığı bir eşik fonksiyonu ile hesaplandığından ve eşik fonksiyonu olarak da türetilen bir fonksiyon olmasından dolayı sigmoid fonksiyonunu, $f(.)$, kullanarak

$$F_j = f(s_j) \quad (5.10)$$

gerçek çıkış değeri elde edilir. LMS algoritmasından zincir kuralına göre,

$$\frac{\partial (e^2)}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial (e^2)}{\partial s_j} \frac{ds_j}{dw_{ij}} \quad (5.11)$$

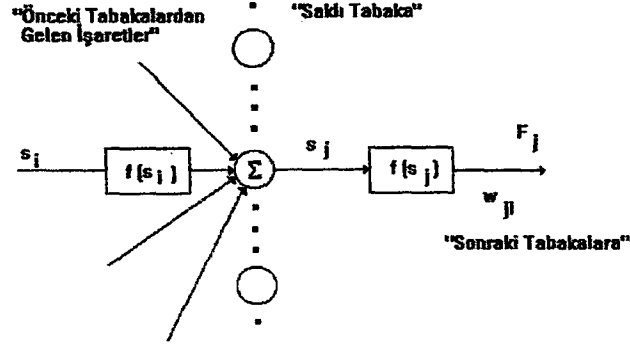
yazarak ve aşağıda verilen Şekil 5.5 den de görülebileceği gibi,

$$\frac{ds_j}{dw_{ij}} = \frac{d}{dw_{ij}} \sum_r F_r w_{rj} = F_j \quad (5.12)$$

olur. Burada i' yardımcı indistir.

s_j girişlerinin fonksiyonu olarak karesel hatadaki değişim aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\frac{\partial e^2}{\partial s_j} = -\delta_j \quad (5.13)$$



Şekil 5.5 Geriye yayılım algoritmasında ileriye doğru hesaplamaların şematik gösterimi.

Burada kısmi türevin negatif olması istendiğinden $\delta_j > 0$ olur. Bu durumda (5.12) ve (5.13) eşitliklerini (5.11) denkleminde yerine yazarak,

$$\frac{\partial(e^2)}{\partial w_{ij}} = -F_i \delta_j \quad (5.14)$$

bulunur. Böylece ağırlık katsayılarındaki değişim aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\Delta w_{ij} = \eta F_i \delta_j \quad (5.15)$$

Diğer taraftan (5.13) denkleminde zincir kuralına göre ,

$$\delta_j = -\frac{\partial(e^2)}{\partial F_j} \frac{\partial F_j}{\partial s_j} \quad (5.16)$$

yazılıp, (5.8) ve (5.10) eşitliklerini gözönüne alarak türevlerin hesaplanmasıyla,

$$\delta_j = 2(d_j - F_j) f'(s_j) \quad (5.17)$$

elde edilir. Bu hesaplama çıkış tabakası için olup, saklı tabakalar için d_j değerleri bilinmediği için,

$$\frac{\partial(e^2)}{\partial F_j} = \sum_i \frac{\partial(e^2)}{\partial s_i} \frac{ds_i}{dF_j} \quad (5.18)$$

$$\sum_i \frac{\partial(e^2)}{\partial s_i} \frac{d}{dF_j} \sum_i F_i w_{ij} = - \sum_i \delta_i w_{ji} \quad (5.19)$$

yazılırsa, (5.19) ve (5.20) yardımıyla, (5.15) denklemi saklı tabaka nöronları için,

$$\delta_j = f'(s_j) \sum_l \delta_l w_{jl} \quad (5.20)$$

şekline gelir. $f(.)$ fonksiyonu sigmoid fonksiyonu olduğu için

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}}$$

şeklinde verilirse $\sigma = 1$ almak problemin genelliğini bozmadığı için

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (5.21)$$

şeklinde alınıp, türevide aşağıdaki gibi verilebilir.

$$f'(x) = f(x)[1 - f(x)] \quad (5.22)$$

Böylece (5.17) ve (5.20) denklemleri aracılığı ile çıkış tabakası için ,

$$\delta_j = 2(d_j - F_j) F_j (1 - F_j) \quad (5.23)$$

olup, saklı tabaka için ise

$$\delta_j = F_j (1 - F_j) \sum_l \delta_l w_{jl} \quad (5.24)$$

elde edilerek, (5.15) denklemine göre ağırlık katsayılarının değişimi hesaplanabilir [5].

6. IŞIK DAĞILIM EĞRİLERİNDE ARADEĞER TAHMİNİ

Uygulamalarda ışık dağılım eğrileri aksiyal simetrik olan ve ışık şiddeti değerleri 2.5° lık açısal aralıklarla bilinen 10° , 19° , 28° , 36° , 42° ve 57° lik 6 adet armatür kullanılacaktır. 2.5° aralıklarla bilinen ışık şiddeti değerleri iki şekilde incelenecektir. Armatür ışık şiddeti değerlerinin 10° aralıklarla bilindiğinin varsayıldığı irdeleme için 0° , 10° , 20° , 30° noktaları, 5er derece açı aralıklarla irdeleme için ise 0° , 5° , 10° , 15° noktalarının bilindiği varsayılarak kalan diğer aradeğerler yöntemi test etmek için kullanılacaktır. Yapılan çalışmada ölçüt olarak, tahmin edilen ışık dağılım eğrisi ile 2.5 derece aralıklı ölçmeyle çizilmiş olan gerçek ışık dağılım eğrisinin uyumu göz önüne alınacaktır. Uygulanacak tüm yöntemlere ait tahminler, standart hataları ve korelasyon katsayıları Ekler bölümünde bu bölümde belirtildiği ismiyle verilecektir.

6.1 Regresyon Analiziyle Aradeğer Tahmini

Regresyon analizinde en çok kullanılan denklem türleri 1. ve 2. dereceden denklemlerdir. Veri olarak 1. dereceden denklemler için 2 nokta ve 2. dereceden denklemler için 3 nokta verildiğinde denklemler verilen her noktaların üzerlerinden geçerler. Bu nedenle ışık şiddeti bilinen ardaşık noktalar 1. dereceden için 2, ve 2. dereceden için 3erli gruplar halinde irdelenecekler. Bu şekilde yalnız aranan aradeğerler için sapmalar gözlenir.

6.1.1 10° Aralıklarla İrdeleme

Armatürlerin 0.0° , 10.0° , 20.0° , 30.0° lerindeki ışık şiddeti değerlerinin bilindiği varsayılarak arada kalan 2.5° , 5.0° , 7.5° , 12.5° değerleri hesaplanmıştır.

1. Dereceden Denklem Uydurulması (1.Der) : 0.0° - 10.0° , 10.0° - 20.0° , 20.0° - 30.0° gruplarından geçen 1. dereceden denklemler ayrı ayrı bulunarak 2.5° , 5.0° , 7.5° , 12.5° , 15.0° noktaları için aradeğer tahmini yapılır.

2. Dereceden Denklem Uydurulması (2.Der) : $0.0^0-10.0^0-20.0^0$, $20.0^0-30.0^0-40.0^0$ gruplarından geçen 2. dereceden denklemler ayrı ayrı bulunarak 2.5^0 , 5.0^0 , 7.5^0 , 12.5^0 , 15.0^0 noktaları için aradeğer tahmini yapılır.

Kullanılacak tüm tablolarda tahmin edilen aradeğerlerin standart hataları ve korelasyon katsayıları (r) ilgili sütunun altına belirtilecektir.

1. dereceden ve 2. dereceden denklem uydurulması yöntemlerine ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.1 sırasıyla 1.Der ve 2.Der sütunları altında gösterilmişlerdir. Tablo 6.1 de heriki yöntem karşılaştırıldığında, 19^0 lik armatür hariç, tüm standart hata ve korelasyon katsayılarında 2. dereceden denklemler en iyi cevabı vermişlerdir.

Tablo 6.1 1. dereceden ve 2. dereceden denklem uydurulması standart hata ve korelasyon katsayıları tablosu

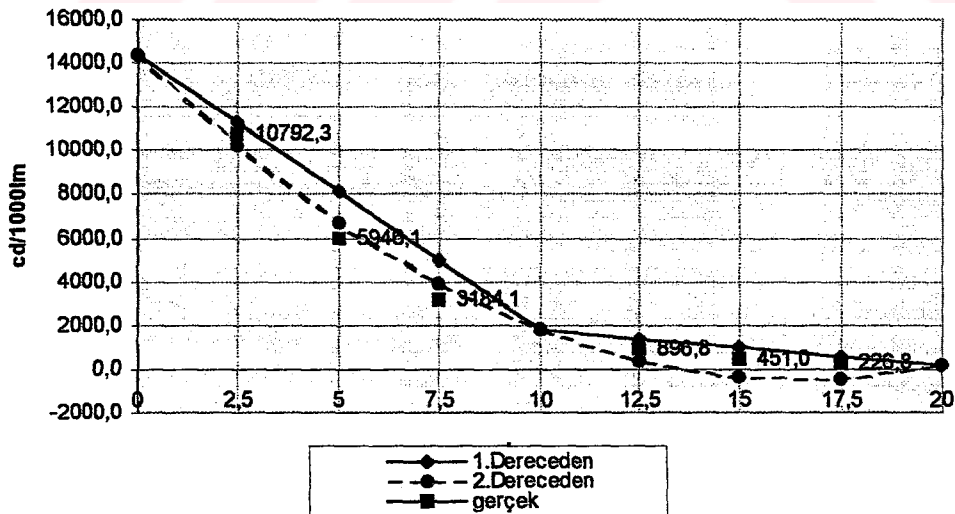
Armatür Tipi		1.Der	2.Der
10 derecelik	Std.Hata	781,400	461,555
	r	0,98401	0,994451
19 derecelik	Std.Hata	57,090	61,491
	r	0,996359	0,995775
28 derecelik	Std.Hata	36,618	35,962
	r	0,996928	0,997082
36 derecelik	Std.Hata	12,891	10,889
	r	0,998905	0,999219
42 derecelik	Std.Hata	20,420	9,305
	r	0,999291	0,999853
57 derecelik	Std.Hata	6,585	4,640
	r	0,999557	0,999780

Tablo 6.2 de bilinen gerçek ışık şiddeti değerleri ‘Gerçek’ sütunu altında, 1. dereceden ve 2. dereceden denklem uydurulmalarına ait tahmini ışık şiddeti değerleri sırasıyla 1.Der ve 2.Der sütunları altında verilmiştir. Armatürlerin en yüksek ışık şiddetinin %50, %10 ve %1 ine düştüğü noktalar tablonun en sağ sütununda gösterilmiştir. Tablo 6.2 den görüleceği gibi 10^0 lik armatürde gerçeğe en yakın

noktalar genel olarak 1. dereceden denklemler uydurulmasında olmasına rağmen 2. dereceden denklem uydurmalarının oluşturduğu tahminlerin standart hatası ve korelasyon katsayısı daha başarılı çıkmıştır. Bunun sebebi 2.Der.in %50 ve %10un üst kısmında 1.Der.'e göre daha başarılı olmasıdır.

Tablo 6.2 10⁰ lik armatür 1.Der ve 2.Der tahminleri

Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	
0	14405,6	14405,6	14405,6	
2,5	10792,3	11251,7	10223,0	
5	5946,1	8097,8	6726,1	%50
7,5	3184,1	4943,8	3915,1	
10	1789,9	1789,9	1789,9	
12,5	896,8	1379,2	350,5	
15	451,0	968,5	-403,1	%10
17,5	226,8	557,8	-470,9	
20	147,1	147,1	147,1	
22,5	114,3	130,8	132,3	%1
25	96,8	114,4	116,4	
27,5	86,6	98,1	99,6	
30	81,7	81,7	81,7	
Standart Hata		781,400	461,555	
Korelasyon Katsayısı (r)		0,98401	0,994451	



Şekil 6.1 10 derecelik armatür ara değerleri ve 1.ve 2. Dereceden denklem tahmin eğrileri

2. dereceden denklemlerin bir sorunuda bazı bölgelerde regülerliğin bozulabilmesidir. Bunun nedeni 10^0 lık armatür için 1.Der. ve 2.Der. tahmin eğrileri ile gerçek değerlerin gösterildiği Şekil 6.1i incelediğimizde, ilk nokta ile ikinci nokta arasındaki ışık şiddeti değeri farkı çok yüksek ve buna karşın ikinci ile üçüncü nokta arasındaki farkın ilkinin oranla çok küçük olmasıdır. Bu durumda regülerliğin bozulması 2. dereceden denklemin her üç noktanın üzerinden geçebilmek için aldığı şekilden kaynaklanmaktadır.

Tablo 6.2 1.Der, 2.Der ve 2.Der(-10) standart hata ve korelasyon katsayıları tablosu

Armatür Tipi		1.Der	2.Der	2.Der(-10)
10 derecelik	Std.Hata	781,400	461,555	1954,152
	r	0,98401	0,994451	0,94953
19 derecelik	Std.Hata	57,090	61,491	46,463
	r	0,996359	0,995775	0,99759
28 derecelik	Std.Hata	36,618	35,962	11,215
	r	0,996928	0,997082	0,999712
36 derecelik	Std.Hata	12,891	10,889	3,396
	r	0,998905	0,999219	0,999924
42 derecelik	Std.Hata	20,420	9,305	11,613
	r	0,999291	0,999853	0,999771
57 derecelik	Std.Hata	6,585	4,640	6,595
	r	0,999557	0,999780	0,999556

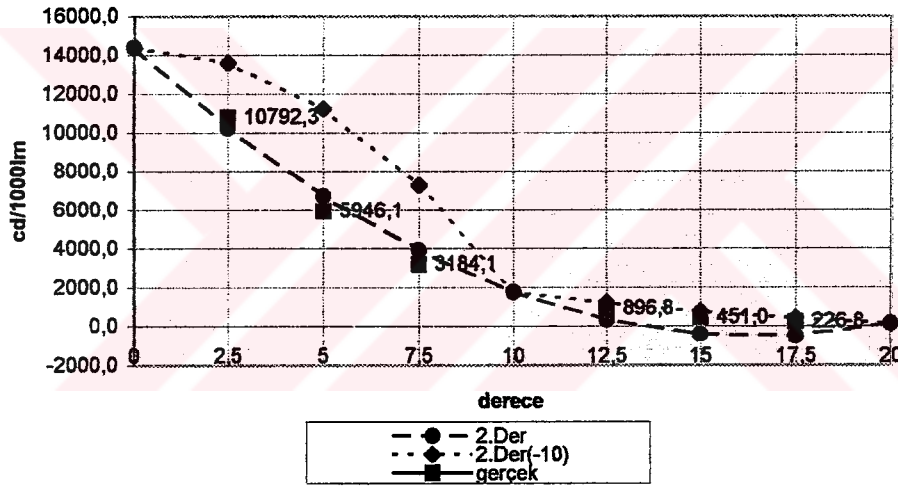
2. dereceden denklemler için aradeğerleri $-10.0^0-0.0^0-10.0^0$, $10.0^0-20.0^0-30.0^0$,... şeklinde belirlediğimizde bulunan standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.2 de 2.Der(-10) sütunu altında 1.Der ve 2.Der ile beraber verilmiştir. Aksiyal simetriden dolayı armatürün -10.0^0 deki değerinin 10.0^0 deki değeri ile aynıdır.

1.Der, 2.Der ve 2.Der(-10) sütunları karşılaştırıldığında hiçbir armatür tipinde 1.Der en iyi standart hata ve korelasyon katsayısını vermemektedir. En iyistandart hata ve korelasyon katsayılarını 2.Der ve 2.Der(-10) sütunlar 3erli olarak paylaşmışlardır. Fakat regülerliği bozma sorunu her iki 2. dereceden denklem yönteminde de devam etmektedir.

Genel olarak ışık dağılım eğrileri açıyla eğrisel olarak değişmektedirler. Ara değerleri parçalı olarak 2. dereceden denklemle hesaplamaya çalıştığımız zaman

eğer ilk ve son noktanın orta nokta ile olan uzaklıklarının oranı birbirine göre çok farklı ise 2. dereceden eğrinin bu uzaklığın az olan kısmında regülerliği bozan hatta eksiye giden bir bozulma olmaktadır.

Şekil 6.2de 2.Der, 2.Der(-10) ait tahmin eğrileri ve gerçek ışık şiddeti değerler gösterilmiştir. Şekil 6.2 incelendiğinde $-10.0^0-0.0^0-0.0^0$, $10.0^0-20.0^0-30.0^0$ şeklinde uydurulan eğrinin $10.0^0-20.0^0$ arasındaki 2.Der'in ilk bölümü ve 2.Der(-10)'nun $10.0^0-20.0^0$ arasındaki ikinci bölümü gerçek değerlere en yakın değerlerdir. Bu durumda 2. dereceden tahmin eğrilerinin ilk yaribölümleri kullanılarak bir tahmin eğrisi oluşturulabileceği düşünülebilir. Ancak tüm armatür tipleri için böylebir genellemeye gidilemez. Şekil 6.3de 57^0 armatüre ait 2.Der, 2.Der(-10) ait tahmin eğrileri ve gerçek ışık şiddeti incelenirse bu defada eğrilerin ikinci yaribölümlerinin en uygun tahmini oluşturmakta olduğu görülür.



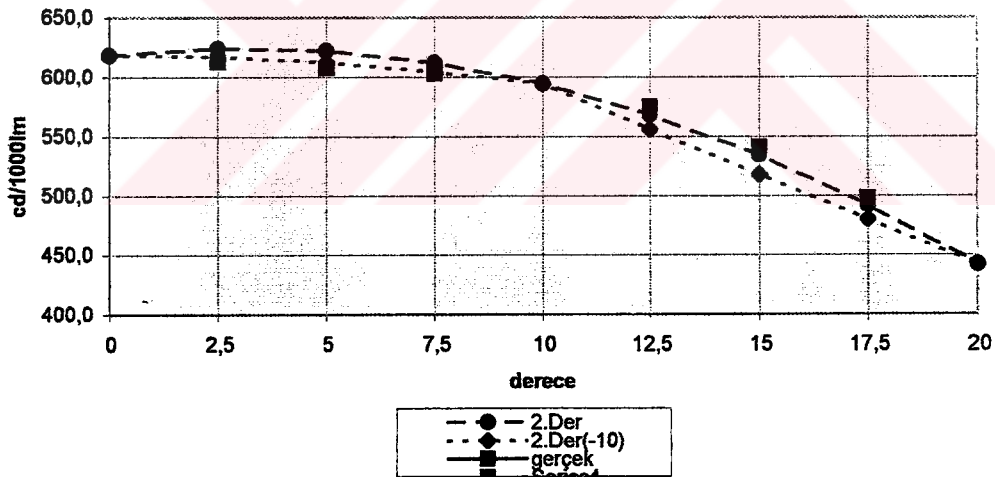
Şekil 6.2. 10^0 'lik armatür ara değerleri ve 2. dereceden 0^0 'den başlayan ve -10^0 'den başlayan tahmin eğrileri

Şekil 6.2 ve Şekil 6.3 beraber incelendiğinde, her ikisinde de gerçek değerlerin iki 2. dereceden denklemin tahminlerinin arasında veya iki eğriden birinin yakınında kaldığı görülmektedir. Armatürlerin hepsine ait 2. dereceden eğri uydurmaları incelendiğinde genel olarak gerçek değerlerin iki 2. dereceden denklemin tahminlerinin arasında veya eğrilerden birine çok yakın kaldığı söylenebilir. Bu nedenle her iki 2. dereceden denklemin ortalamasını almak uygun bir yöntem olabilir. Bu şekilde bulunan tahminler iki önceki ve iki sonraki açıdaki ışık şiddeti

değerlerinin ortalama etkisi altında kalacaklardır. 2.Der(ort) a ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.3de 1.Der, 2.Der ve 2.Der(-10) ile beraber verilmiştir.

Tablo 6.3 1.Der ve 2.Der, 2.Der(-10) ve 2.Der(ort) standart hata ve korelasyon katsayıları tablosu

Armatür Tipi		1.Der	2.Der	2.Der(-10)	2.Der(ort)
10 derecelik	Std.Hata	781,400	461,555	1954,152	1088,522
	r	0,98401	0,994451	0,94953	0,968732
19 derecelik	Std.Hata	57,090	61,491	46,463	24,177
	r	0,996359	0,995775	0,99759	0,999348
28 derecelik	Std.Hata	36,618	35,962	11,215	19,605
	r	0,996928	0,997082	0,999712	0,999121
36 derecelik	Std.Hata	12,891	10,889	3,396	5,554
	r	0,998905	0,999219	0,999924	0,999797
42 derecelik	Std.Hata	20,420	9,305	11,613	6,948
	r	0,999291	0,999853	0,999771	0,999918
57 derecelik	Std.Hata	6,585	4,640	6,595	5,063
	r	0,999557	0,999780	0,999556	0,999738



Şekil 6.3 54 derecelik armatür ara değerleri ve 2. dereceden 0^0 den başlayan ve -10^0 den başlayan tahmin eğrileri

Tablo 6.3 de tüm yöntemlerle bulunan sonuçlar incelendiğinde 10^0 lik armatür hariç 2.Der(ort) un en iyi birinci veya iyi ikinci tahmini yaptığı görülmektedir. Ancak regülerliğin bozulması sorunu yine devam etmektedir. 2.Der, 2.Der(-10) ve 2.Der(ort)lara ait tahminler 10^0 , 19^0 , 28^0 , 36^0 , 42^0 ve 57^0 lik armatürlerin hepsi için

incelendiğinde 19⁰lık ve 42⁰lık armatür hariç 2.Der(ort)'un regülerliğinin bozulmasına 2.dereceden denklemlerden birinin sebep olduğu görülür. O halde ortalamalar alınarak yapılan tahminde regülerliğin bozuk olduğu bölümler için regülerliği düzgün olan 2.dereceden denklem uygulayabiliriz. Eğer heriki 2.dereceden denklemin de regüler olduğu durumlarda denklemlerden herhangi birini kullanırız. Bu şekilde bulunan tahmin standart hataları ve korelasyon katsayıları Tablo 6.4 de 2.Der(kar) sütunu altında tüm diğer yöntemlerle beraber gösterilmiştir.

Tablo 6.4 1.Der ve 2.Der, 2.Der(-10), 2.Der(ort) ve 2.Der(kar) standart hata ve korelasyon katsayıları tablosu

Armatür Tipi		1.Der	2.Der	2.Der(-10)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
10 derecelik	Std.Hata	781,400	461,555	1954,152	1088,522	1091,366
	r	0,98401	0,994451	0,94953	0,968732	0,968566
19 derecelik	Std.Hata	57,090	61,491	46,463	24,177	24,323
	r	0,996359	0,995775	0,99759	0,999348	0,99934
28 derecelik	Std.Hata	36,618	35,962	11,215	19,605	19,605
	r	0,996928	0,997082	0,999712	0,999121	0,999121
36 derecelik	Std.Hata	12,891	10,889	3,396	5,554	5,554
	r	0,998905	0,999219	0,999924	0,999797	0,999797
42 derecelik	Std.Hata	20,420	9,305	11,613	6,948	9,937
	r	0,999291	0,999853	0,999771	0,999918	0,999832
57 derecelik	Std.Hata	6,585	4,640	6,595	5,063	4,642
	r	0,999557	0,999780	0,999556	0,999738	0,999780

2.Der(kar), 2.Der(ort) sonuçlarıyla çelişmeyen ve 2.Der(ort)'a çok yakın regüler tahminler verebilmektedir.

Uygulanan tüm metodlara ait tahminler ve 2.Der(kar) kullanılarak yapılan tahminlere ve gerçek değerlere ait ışık dağılım eğrileri Ek A'da verilmiştir.

6.1.2 5⁰ Aralıklarla İrdeleme

Armatürlerin 0.0⁰, 5.0⁰, 10.0⁰, 15.0⁰.... lerindeki ışık şiddeti değerlerinin bilindiği varsayılarak arada kalan 2.5⁰, 7.5⁰, 12.5⁰, 17.5⁰.... değerleri hesaplanmıştır.

1.Dereceden Denklem Uydurulması (1.Der) : 0.0⁰-5.0⁰, 5.0⁰-10.0⁰, 10.0⁰-15.0⁰.... gruplarından geçen 1. dereceden denklemler ayrı ayrı bulunarak 2.5⁰, 7.5⁰, 12.5⁰, 17.5⁰.... noktaları için aradeğer tahmini yapılır.

2.Dereceden Denklem Uydurulması :

2.Der : $0.0^0-5.0^0-10.0^0$, $10.0^0-15.0^0-20.0^0$ gruplarından geçen 2. dereceden denklemler ayrı ayrı bulunarak 2.5^0 , 7.5^0 , 12.5^0 , 17.5^0 noktaları için aradeğer tahmini yapılır.

2.Der(-5) : $-5.0^0-0.0^0-5.0^0$, $5.0^0-10.0^0-15.0^0$ gruplarından geçen 2. dereceden denklemler ayrı ayrı bulunarak 2.5^0 , 7.5^0 , 12.5^0 , 17.5^0 noktaları için aradeğer tahmini yapılır.

2.Der (ort) : 2.Der ve 2.Der(ort) un ortalamasıdır.

2.Der (kar) : 2.Der(ort) da regülerliğin bozuk olduğu bölümler için regülerliğin düzgün olduğu 2.Der veya 2.Der(-5) tahminleriyle değiştirilmiş şeklidir.

5^0 aralıklarla irdeleme için 1.Der, 2.Der, 2.Der(-5), 2.Der(ort) ve 2.Der(kar)'a ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 5.5 de verilmiştir.

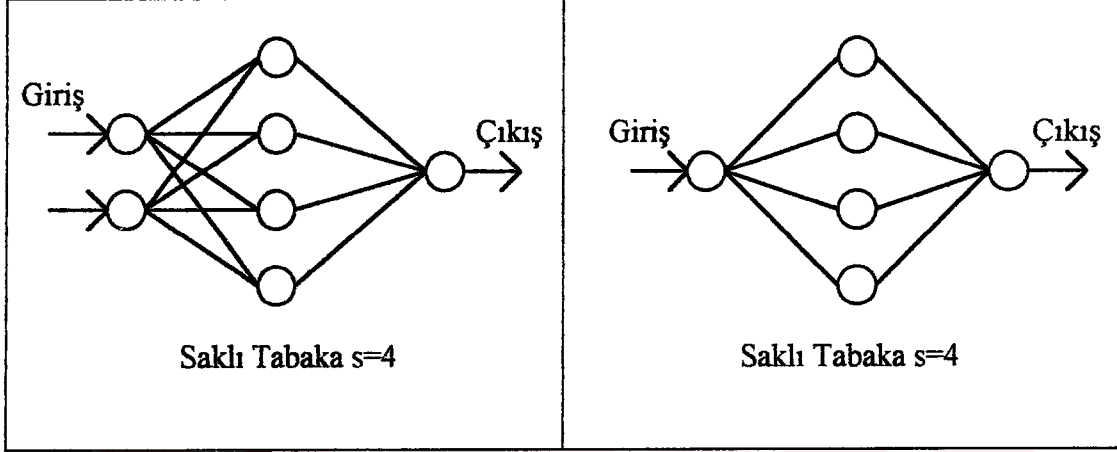
Tablo 6.5 1.Der ve 2.Der, 2.Der(-10), 2.Der(ort) ve 2.Der(kar) standart hata ve korelasyon katsayıları tablosu

Armatür Tipi		1.Der	2.Der	2.Der(-5)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
10 derecelik	Std.Hata	253,969	312,378	411,798	75,720	75,720
	r	0,998323	0,997462	0,995585	0,999838	0,999838
19 derecelik	Std.Hata	20,388	15,726	5,733	7,207	7,207
	r	0,999536	0,999724	0,999963	0,999942	0,999942
28 derecelik	Std.Hata	9,621	2,903	6,435	3,574	3,574
	r	0,999788	0,999980	0,999905	0,999971	0,999971
36 derecelik	Std.Hata	3,200	1,895	1,651	1,35	1,35
	r	0,999932	0,999976	0,999982	0,999988	0,999988
42 derecelik	Std.Hata	5,664	2,909	1,935	1,817	1,817
	r	0,999945	0,999985	0,999993	0,999994	0,999994
57 derecelik	Std.Hata	1,841	0,719	1,596	0,903	0,903
	r	0,999965	0,999994	0,999974	0,999991	0,999991

Uygulanan tüm metodlara ait tahminler ve 2.Der(kar) kullanılarak yapılan tahminlere ve gerçek değerlere ait ışık dağılım eğrileri Ek B'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde eğrilerin birbirlerinden ayırt edilemeyecek kadar yakın oldukları görülmektedir.

6.2 Nöral Programla Aradeğer Tahmini

10^0 , 19^0 , 28^0 , 36^0 , 42^0 ve 57^0 lik armatürlerin 2.5^0 arayla bilinen ışıık şiddeti değeri 10^0 ve 5^0 arayla geriye yayılım algoritması ile öğretilmeye çalışılarak 2.5^0 arayla ışıık şiddeti değeri istenmiştir. Nöral devre olarak ara tabaka düğüm sayıları 4, çıkış düğüm sayıları 1 olan, 1 ve 2 giriş düğüm sayılı iki ayrı nöral devre test edilmiştir.



Şekil 6.4 2 giriş, 1 çıkış ve ara tabaka nöron sayısı s=4

Şekil 6.5 1 giriş, 1 çıkış ve ara tabaka nöron sayısı s=4

Nöral devreye ait program yazılırken öğrenme oranı $lr=0.9$, moment terimi $m=0.5$ ve hatalimiti $ee=0.0001$ olarak alınmıştır. Yapılan uygulamalarda her iki tek ve çift girişli devrelerin 100.000 ve 300.000 çevrim sonundaki çıkışları alınmıştır.

6.2.1 10^0 Aralıklarla İrdeleme

Armatürlerin 0.0^0 , 10.0^0 , 20.0^0 , 30.0^0 lerindeki ışıık şiddeti değeri bilindiği varsayılarak bu değeri programa öğretilcek ve sonra programdan arada kalan 2.5^0 , 5.0^0 , 7.5^0 , 12.5^0 değeri istenmiştir.

Tek girişli nöral devre : Öğrenme sırasında nöral devrenin girişine 0.0^0 , 10.0^0 , 20.0^0 , 30.0^0 değeri verilerek çıkışından bu değeri karşı düşen gerçek ışıık şiddeti alınmaya çalışılmış, geri çağırma sırasında girişe aç değeri verilerek ilgili tahminler istenmiştir. 100.000 çevrim sonunda herbir armatüre için alınan tahmin değeri ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.6 da $lg(100.000)$ sütunu altında, 300.000 çevrim sonunda alınan tahmin değeri ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.6 da $lg(300.000)$ sütunu altında verilmiştir.

Çift girişli nöral devre : Öğrenme sırasında nöral devrenin girişine armatür tipi açısı ve 0.0° , 10.0° , 20.0° , 30.0° değerleri verilerek çıkışından bu değerlere karşı düşen gerçek ışık şiddetleri alınmaya çalışılmıştır. 100.000 çevrim sonunda herbir armatüre ait alınan tahmin değerlerine ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.6 da $2g(100.000)$ sütunu altında, 300.000 çevrim sonunda alınan tahmin değerlerine ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.6 da $2g(300.000)$ sütunu altında verilmiştir.

10° lik armatür için çift girişli nöral devrenin, 19° lik armatür için hem çift hemde tek girişli nöral devrelerin çevrim sayısı arttıkça tahmin edilen ve öğrenilen değerlerin standart hataları ve regresyon katsayısı başarıları düşüyor. Bu durumda 10° lik armatür için çift girişli nöral devrenin, 19° lik armatür için hem çift hemde tek girişli nöral devrelerin çevrim sayısı arttıkça ıraksadığını söyleyebiliriz.

Tablo 6.6 Tek ve çift girişli nöral devrelere ait 100.000 ve 300.000 çevrim standart hata ve korelasyon katsayıları

Armatür Tipi		1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
10 derecelik	Std.Hata	1974,85	1611,708	1777,559	1889,121
	r	0,877325	0,9201136	0,901896	0,888404
19 derecelik	Std.Hata	50,811	53,496	58,753	61,868
	r	0,997062	0,9967427	0,99607	0,995641
28 derecelik	Std.Hata	10,307	9,558	13,593	11,993
	r	0,999747	0,9997825	0,99956	0,999657
36 derecelik	Std.Hata	4,094	3,262	4,307	3,639
	r	0,999891	0,9999295	0,999877	0,999912
42 derecelik	Std.Hata	13,993	6,198	9,744	5,568
	r	0,999659	0,999933	0,999834	0,999946
57 derecelik	Std.Hata	3,295	3,227	3,351	3,312
	r	0,99989	0,999895	0,999886	0,999889

Diğer üç armatür tipi için 300.000 çevrim analizleri 100.000 çevrim analizlerine göre daha başarılı olmuştur. 28° , 36° ve 57° lik armatürünlerde en başarılı sonuçları tek girişli nöral ağ verirken, 42° lik armatür için az bir fazlala çift girişli ağ daha başarılı olmuştur.

Uygulanan tüm metodlara ait tahminler ve ve 300.000 çevrim sonunda tek girişli nöral devreye ait tahminlere ve gerçek değerlere ait ışık dağılım eğrileri Ek C'de verilmiştir.

6.2.2 5⁰ Aralıklarla İrdeleme

Armatürlerin 0.0⁰, 5.0⁰, 10.0⁰, 15.0⁰.... lerindeki ışık şiddeti değerlerinin bilindiği varsayılarak bu değerler prgrama öğretilmiş ve sonra programdan arada kalan 2.5⁰, 7.5⁰, 12.5⁰, 17.5⁰..... değerleri istenmiştir.

Tek girişli nöral devre : Öğrenme sırasında nöral devrenin girişine 0.0⁰, 5.0⁰, 10.0⁰, 15.0⁰.... değerleri verilerek çıkışından bu değerlere karşı düşen gerçek ışık şiddetleri alınmaya çalışılmış, geri çağırma sırasında girişe açı değerleri verilerek ilgili tahminler istenmiştir. 100.000 çevrim sonunda herbir armatüre için alınan tahmin değerlerine ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.7 de 1g(100.000) sütunu altında, 300.000 çevrim sonunda alınan tahmin değerlerine ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.7 de 1g(300.000) sütunu altında verilmiştir

Çift girişli nöral devre : Öğrenme sırasında nöral devrenin girişine armatür tipi açısı ve 0.0⁰, 5.0⁰, 10.0⁰, 15.0⁰.... değerleri verilerek çıkışından bu değerlere karşı düşen gerçek ışık şiddetleri alınmaya çalışılmıştır. 100.000 çevrim sonunda herbir armatüre ait alınan tahmin değerlerine ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.7 de 2g(100.000) sütunu altında, 300.000 çevrim sonunda alınan tahmin değerlerine ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.7 de 2g(300.000) sütunu altında verilmiştir.

Tablo 6.7 incelendiğinde 10⁰lik armatür dışında tüm armatürlerde çevrim sayısı arttıkça standart hatanın ve korelasyon katsayısının iyileştiği görülmektedir. 10⁰lik armatür hariç en iyi cevabı bir girişli nöral devre 300.000 çevrimde vermiştir.

Uygulanan tüm metodlara ait tahminler ve ve 300.000 çevrim sonunda tek girişli nöral devreye ait tahmini ve gerçek değerlere ait ışık dağılım eğrileri Ek D'de verilmiştir.

Tablo 6.7 Tek ve çift girişli nöral devrelere ait 100.000 ve 300.000 çevrim standart hata ve korelasyon katsayıları

Armatür Tipi		1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
10 derecelik	Std.Hata	252,227	332,204	276,337	317,105
	r	0,998273	0,997002	0,997926	0,997268
19 derecelik	Std.Hata	23,324	17,388	26,796	24,349
	r	0,999382	0,999656	0,999184	0,999326
28 derecelik	Std.Hata	7,812	6,045	9,139	7,121
	r	0,999858	0,999915	0,999806	0,999882
36 derecelik	Std.Hata	3,110	2,450	3,447	3,046
	r	0,999936	0,99996	0,999922	0,999939
42 derecelik	Std.Hata	5,846	4,573	5,100	4,594
	r	0,999941	0,999964	0,999955	0,999964
57 derecelik	Std.Hata	2,992	2,676	3,132	2,916
	r	0,999909	0,999927	0,9999	0,999913

7. SONUÇ

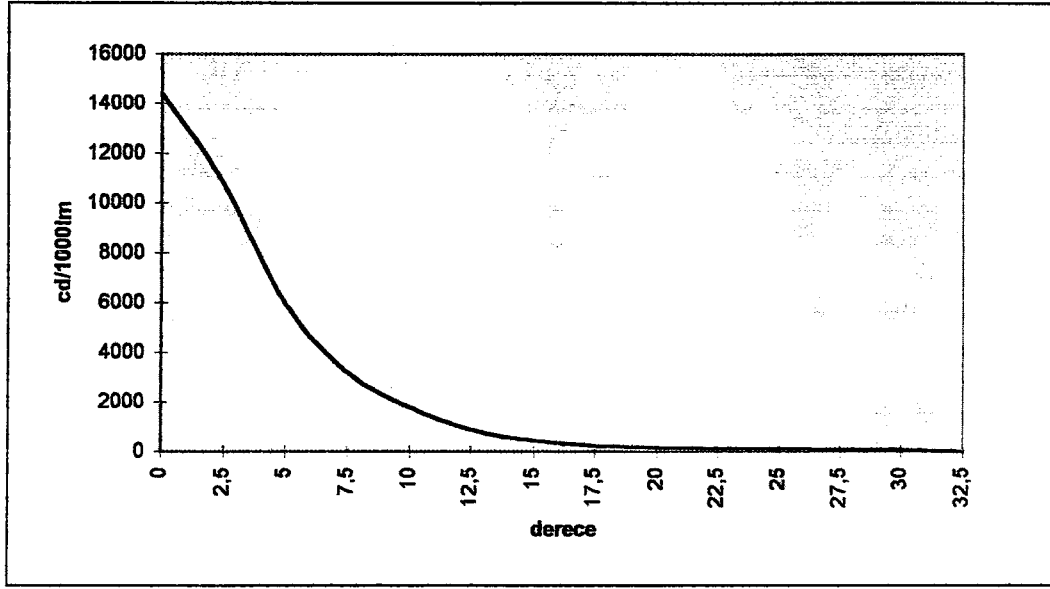
10⁰ aralıklı irdeleme için yapılan tahminlere ait standart hata ve korelasyon katsayıları Bölüm 6da Tablo 6.4de incelendiğinde 57⁰lik armatürdeki ufak fark gözardı edilirse, 10⁰lik armatür dışında tüm armatür tiplerinde 2. dereceden denklem uydurularak yapılan tahminler 1. dereceden denklem uydurularak yapılan tahminlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. 5⁰ aralıklı irdeleme için yapılan tahminlere ait standart hata ve korelasyon katsayıları Tablo 6.5de incelendiğinde yine aynı şekilde 10⁰lik armatür dışında tüm armatür tiplerinde 2. dereceden denklem uydurularak yapılan tahminler 1. Dereceden denklem uydurularak yapılan tahminlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Yapılan çalışmalarda tüm armatür tipleri içinde 10⁰lik armatür diğerlerine oranla çok daha yüksek standart hatalar vermiştir. Şekil 7.1 ve Şekil 7.2de sırasıyla en dar açılı armatür olan 10⁰lik armatür ile en geniş açılı armatür olan 57⁰lik armatürün gerçek ışık şiddeti eğrileri verilmiştir. Şekiller incelendiğinde 10⁰lik ve 57⁰lik armatürlerin ışık dağılım eğrilerinin genel olarak birbirine benzediğini görülmektedir.

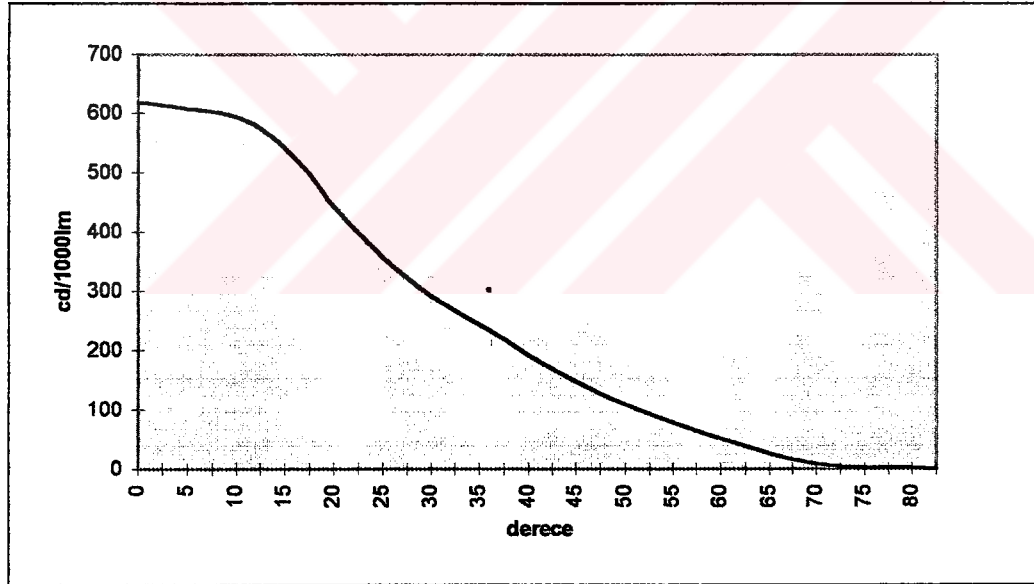
Armatürün ışık şiddeti düşüş hızını

$$V_{isd} = \frac{I_{0^0}}{\alpha_{armatür\ tipi}}$$

maksimum ışık şiddetinin armatür tipi açısına oranı şeklinde tanımlarsak, armatürlere ait ışık şiddeti düşüş hızları 10⁰lik armatürün için 1440.56 cd/1000lm⁰, 19⁰lik armatürün için 127.34cd/1000lm⁰, 28⁰lik armatürün için 49.74cd/1000lm⁰, 36⁰lik armatürün için 23.72cd/1000lm⁰, 42⁰lik armatürün için 34.26cd/1000lm⁰ ve 57⁰lik armatürün için de 10.85cd/1000lm⁰ şeklinde hesaplanmaktadır.



Şekil 7.1 10°lik armatür ışık şiddeti eğrisi



Şekil 7.2 57°lik armatür ışık şiddeti eğrisi

Maksimum ışık şiddeti değerleri ve maksimum ışık şiddeti değerlerinin sıfıra düştüğü açı değerleri farklılıkları göz önüne alındığında Şekil 7.1 ve Şekil 7.2 de gösterilen eğrilerin birbirine benzedikleri söylenebilir. 10°lik armatürün ışık şiddetinin düşme hızının çok yüksek olmasından dolayı eğri 0.0°-10.0° aralığını çok dik bir eğimle geçmek zorunda kalmaktadır. Bu nedenle 10° aralıklı tahminde

2.Der(-10) tahmin eğrisi çok fazla yükselmektedir ve 2.5⁰deki 2.Der(ort) tahmini oldukça yüksek çıkmaktadır. Aynı nedenden dolayı 10.0⁰-20.0⁰ aralığında 2.Der(-10) tahminini dengeleyen 2.Der gerçekde olmayan eksi ışık şiddeti değerlerine düşmüştür.

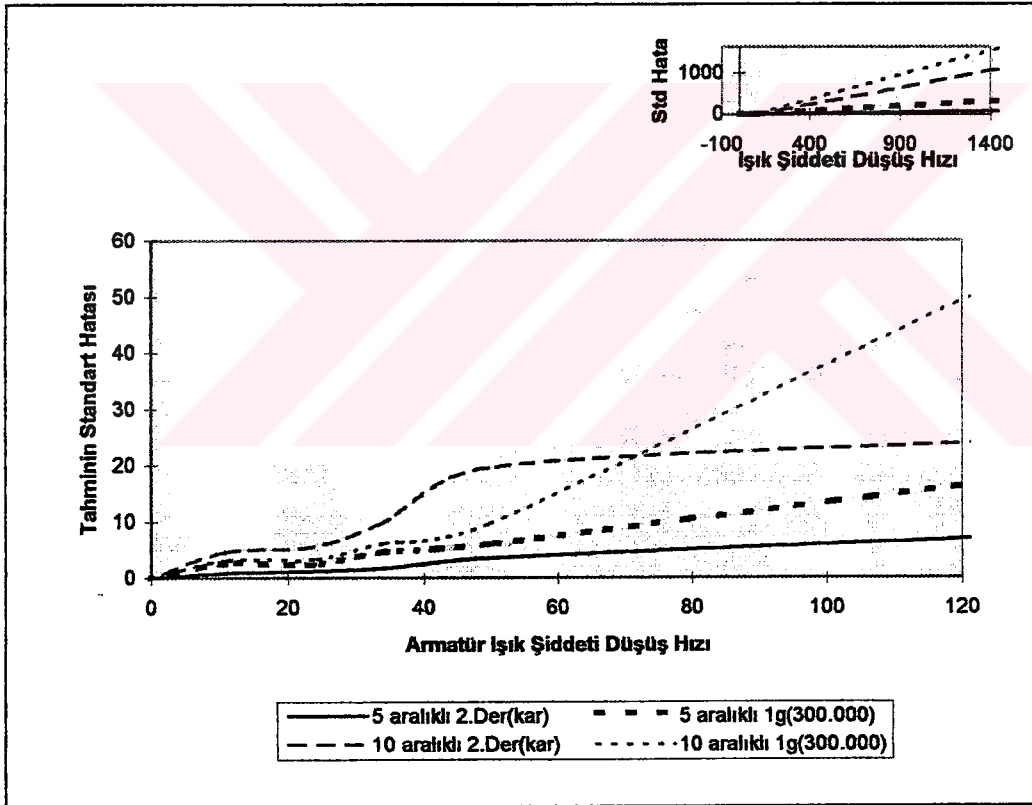
Bölüm 6da çeşitli tahmin yöntemleri ile elde edilen ışık dağılım eğrilerine ait standart hatalar ve korelasyon katsayıları Tablo 7.1de verilmiştir. Bu yöntemler karşılaştırıldığında 5⁰ aralıklı tahmine ait 1g(300.000) sütunundaki 36⁰lik ve 57⁰lik armatürün birbirine çok yakın olan standart hataları dışında diğer tüm sütunlarda en iyi tahminler sırasıyla 57⁰lik, 36⁰lik, 42⁰lik, 28⁰lik, 19⁰lik ve 10⁰lik armatürlerde yapılmıştır. Armatürlerin ışık şiddeti düşüş hızlarını sıraladığımızda da aynı sırayla karşılaşılmaktadır.

Tablo 7.1 Bölüm 6da ışık dağılım eğrileri çizilen tahmin yöntemlerine ait standart hatalar ve korelasyon katsayıları

		5 ⁰ aralıklı tahmin		10 ⁰ aralıklı tahmin	
Armatür Tipi		2.Der(krş)	1g(300.000)	2.Der(kar)	1g(300.000)
10 derecelik	Std.Hata	75,720	332,204	1091,366	1611,708
	r	0,999838	0,997002	0,968566	0,9201136
19 derecelik	Std.Hata	7,207	17,388	24,323	53,496
	r	0,999942	0,999656	0,99934	0,9967427
28 derecelik	Std.Hata	3,574	6,045	19,605	9,558
	r	0,999971	0,999915	0,999121	0,9997825
36 derecelik	Std.Hata	1,35	2,450	5,554	3,262
	r	0,999988	0,99996	0,999797	0,9999295
42 derecelik	Std.Hata	1,817	4,573	9,937	6,198
	r	0,999994	0,999964	0,999832	0,999933
57 derecelik	Std.Hata	0,903	2,676	4,642	3,227
	r	0,999991	0,999927	0,999780	0,999895

Şekil 7.3de Tablo 7.1de verilen tahmin yöntemlerine ait standart hatalar ile ilgili armatür tiplerinin ışık şiddeti düşüş hızı değişimleri verilmiştir. Büyük resimde 10⁰lik armatürün ışık şiddeti düşüş hızı göz önüne alınmamıştır. Bunun nedeni 10⁰lik armatür ile 19⁰lik armatürün ışık şiddeti düşüş hızlarının farkının çok yüksek olmasından dolayı şeklin aradaki değişimi tam olarak yansıtamıyacağıdır. Ancak küçük resimde 10⁰lik armatürün ışık şiddeti düşüş hızı da çizilmiştir.

Küçük resim göz önüne alındığında 5^0 aralıklı tahminler 10^0 aralıklı tahminlere göre daha iyidir ve regresyon yöntemleri nöral programa göre hep daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu, genel olarak Tablo 7.1de varılan sonuçlara benzemektedir. Büyük resim incelendiğinde eğriler birbirlerine benzer dalgalanmalar göstermektedirler. $70 \text{ cd}/1000\text{lm}^0$ civarına kadar 10^0 aralıklı tahmin için nöral program regresyon analizine göre daha iyi sonuçlar verirken bu noktadan sonra durum tersine dönmüştür. Bu 19^0 lik armatür için yapılan nöral tahminde çevrim sayısı arttıkça standart hatanın yükselmesinden kaynaklanmaktadır. Çevrim sayısı arttıkça standart hatanın yükselmesi nöral programın armatürün ışık şiddeti değişimini öğrenemesinde bir sorun olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda yapılacak en iyi tavsiye yeni bir program yazmaktır.



Şekil 7.3 Tablo 7.1de verilen tahmin metodlarına ait standart hatalar ile ilgili armatür tiplerinin ışık şiddeti düşüş hızı değişimleri (küçük resim 10^0 lik armatür dahil)

Genel olarak nöral program ile regresyon analizi karşılaştırıldığında nöral program, öğrenme sürecinin başarılı olduğu durumlarda 10^0 aralıklı tahminler için regresyon analizinden daha başarılıdır. Yapılan çalışmada 5^0 aralıklı tahminler için ise regresyon analizi daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni regresyon

analizinin, ışık şiddeti değerlerinin bilindiği varsayılan noktalarda hiç hata yapmazken nöral programın bu noktaları önce öğrenerek yakınsamaya çalışmasından dolayı standart hatalarının yükselmesidir.



KAYNAKLAR

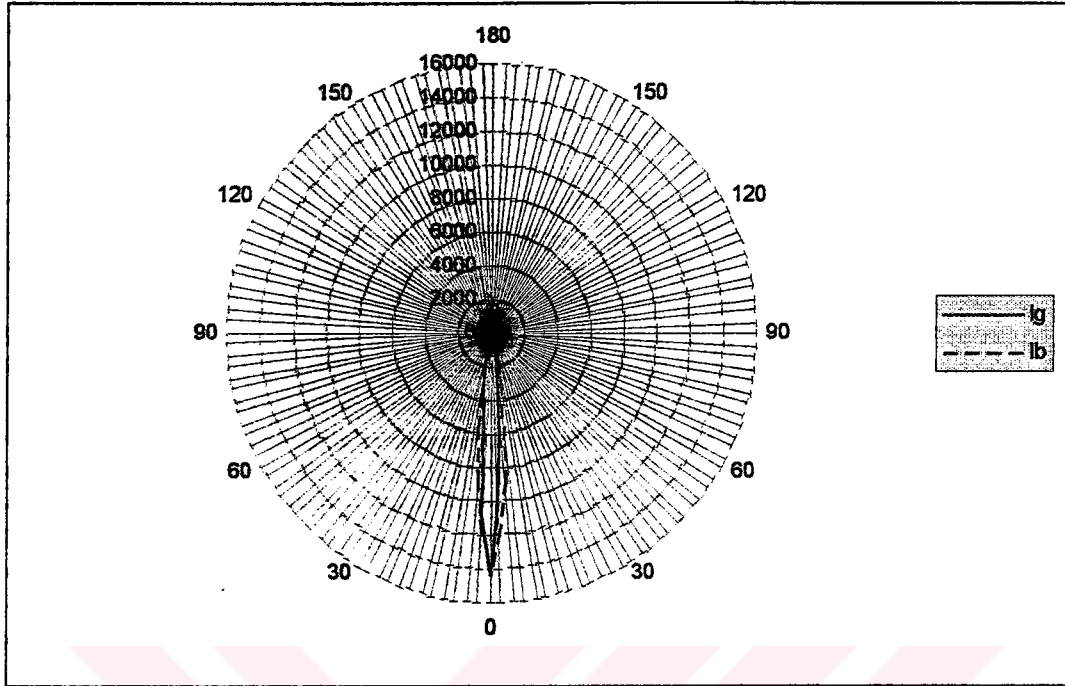
- [1] Özkaya, M., 1994. Aydınlatma Tekniđi, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [2] Sirel, Ş, 1974. Aydınlatma Terimleri, İnkılap ve Aka Basımevi.
- [3] Keitz, H.A.E., 1971. Light Calculations and Measurement, Macmillan and Co.Ltd.
- [4] Köksal, B.A, 1985. İstatistik Analiz Metodları, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- [5] Şeker, S., 1995. Güç Sistemi Gözetiminde Yapay Nöral Devre ile Stokastik İşaret İşleme, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EKLER

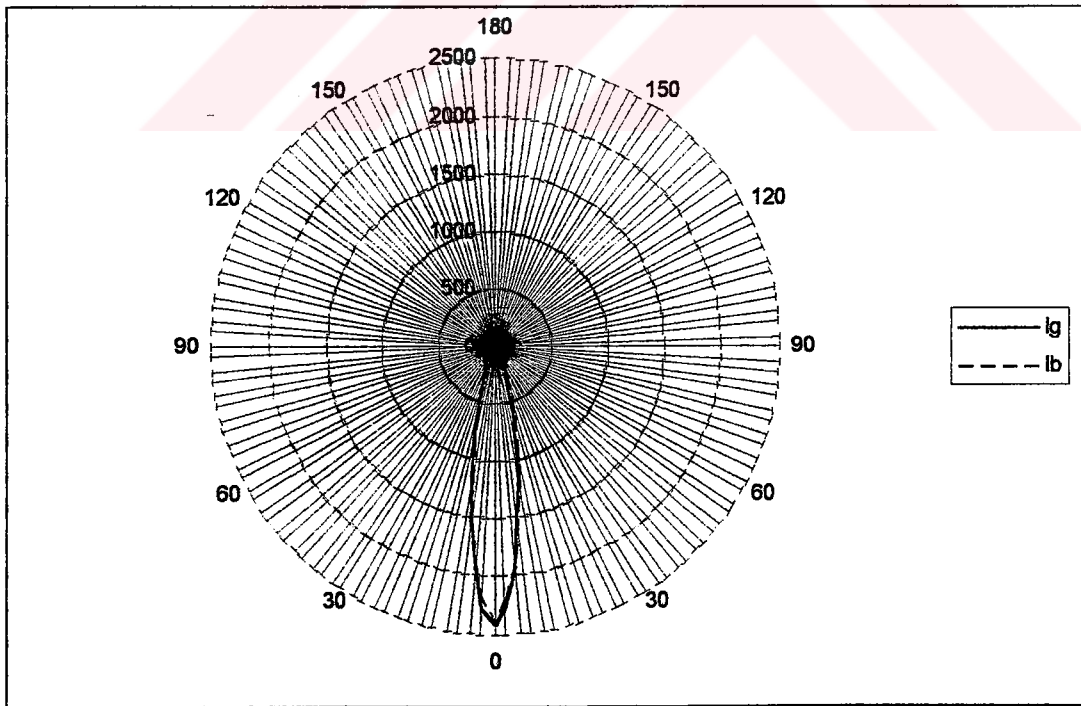
6. bölümde anlatılan yöntemlere ait tahminler, gerçek değerler, tahminlerin standart hataları ve korelasyon katsayıları ekler kısmında tüm armatürler için ayrı ayrı tablolarda verilmiştir. Eklerde verilen ışık dağılım eğrisi şekilleri 6. bölümde anlatılan ve genel olarak tüm armatürler için ortalama olarak en iyi standart hatayı verdiği düşünülen yöntemler için çizilmiştir.

Regresyon analizi ve nöral program için 10^0 ve 5^0 aralıklı analizlere ait tahminleri, standart hataları ve korelasyon katsayılarını gösteren tablolar ve şekiller Ek A, Ek B, Ek C ve Ek D içinde gösterilmiştir. Yöntem isimleri 6. bölümde bahsi geçen isimlerle aynı anlamı taşımaktadırlar.

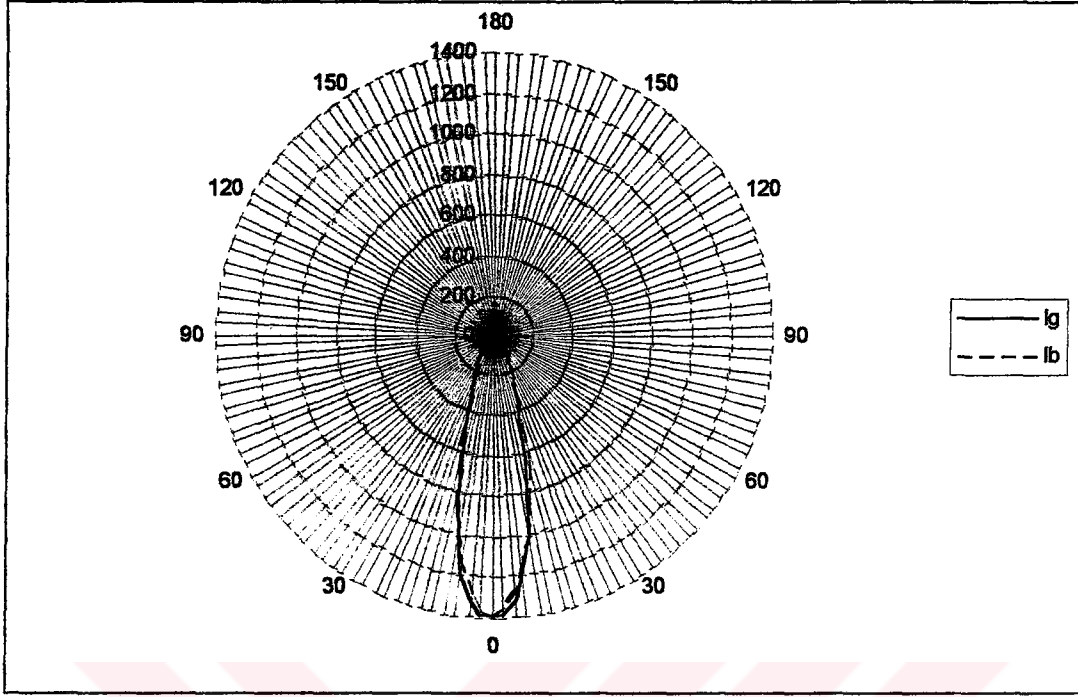
EKA



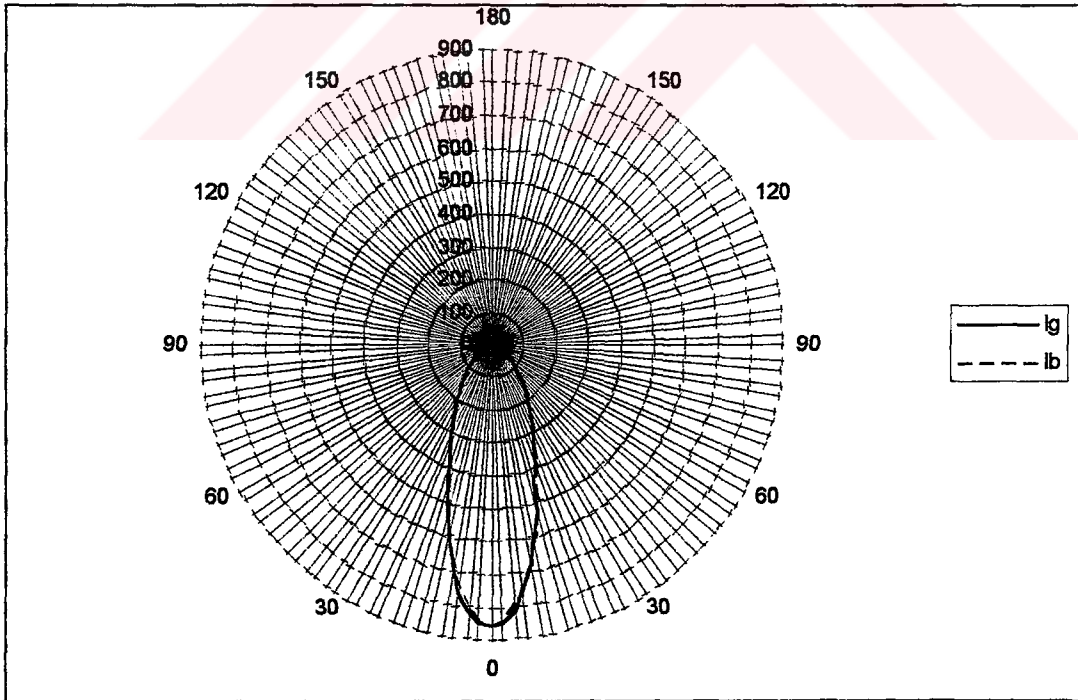
Şekil A.1 10⁰lık armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



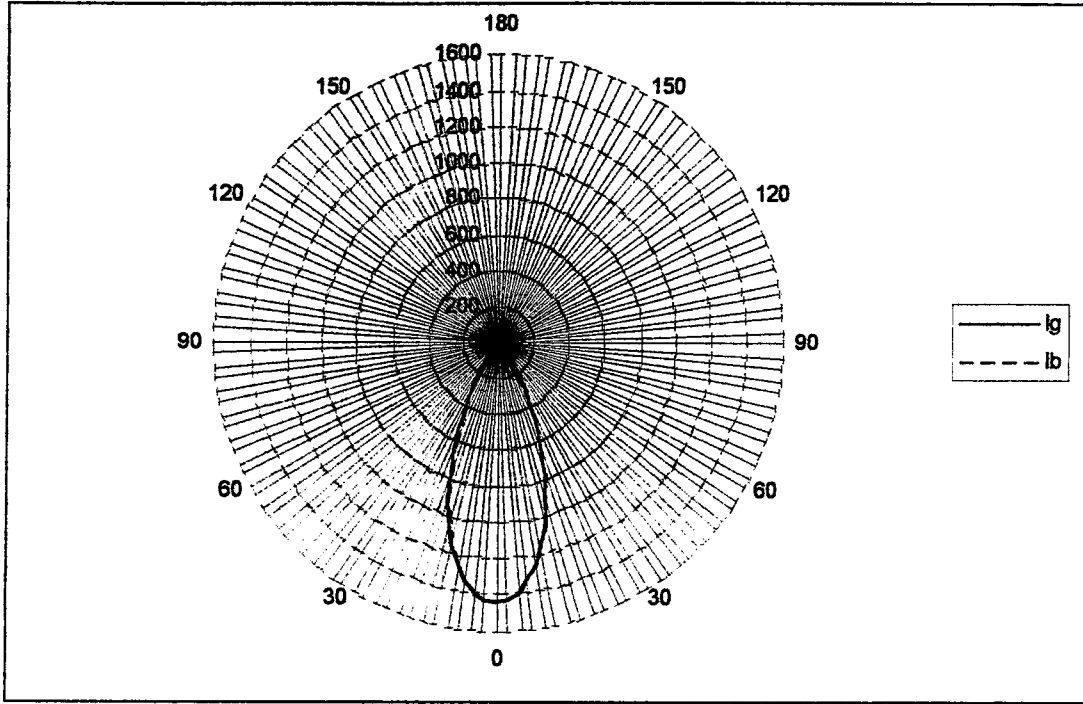
Şekil A.2 19⁰lık armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



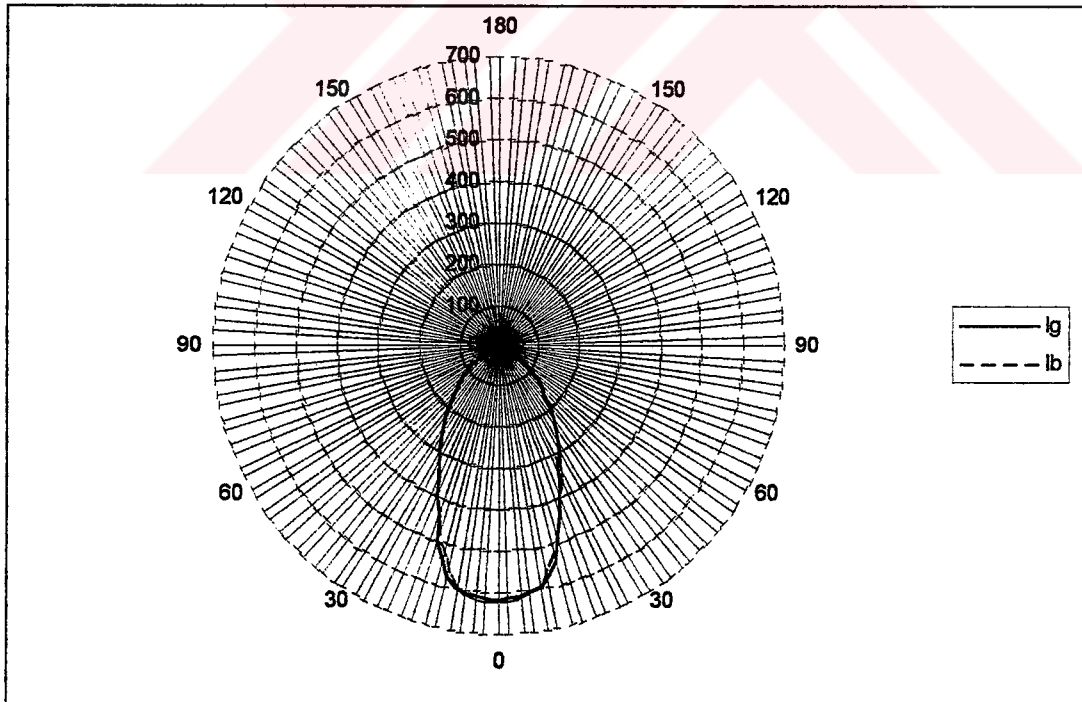
Şekil A.3 28⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



Şekil A.4 36⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



Şekil A.5 42⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



Şekil A.6 57⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=2.Der(kar) tahmin eğrisi)

Tablo A.1 10⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

10 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-10)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	14405,6	14405,6	14405,6	14405,6	14405,6	14405,6
2,5	10792,3	11251,7	10223,0	13617,1	11920,1	11920,1
5	5946,1	8097,8	6726,1	11251,7	8988,9	8988,9
7,5	3184,1	4943,8	3915,1	7309,3	5612,2	5612,2
10	1789,9	1789,9	1789,9	1789,9	1789,9	1789,9
12,5	896,8	1379,2	350,5	1231,3	790,9	1231,3
15	451,0	968,5	-403,1	771,3	184,1	771,3
17,5	226,8	557,8	-470,9	409,9	-30,5	409,9
20	147,1	147,1	147,1	147,1	147,1	147,1
22,5	114,3	130,8	132,3	-17,1	57,6	132,3
25	96,8	114,4	116,4	-82,8	16,8	116,4
27,5	86,6	98,1	99,6	-49,8	24,9	99,6
30	81,7	81,7	81,7	81,7	81,7	81,7
32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata		781,400	461,555	1954,152	1088,522	1091,366
Korelasyon Kats.		0,984011	0,994451	0,949530	0,968732	0,968566

Tablo A.2 19⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

19 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-10)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	2419,5	2419,5	2419,5	2419,5	2419,5	2419,5
2,5	2280,8	2101,5	2062,6	2340,0	2201,3	2201,3
5	1952,8	1783,5	1731,6	2101,5	1916,6	1916,6
7,5	1522,2	1465,4	1426,6	1703,9	1565,3	1565,3
10	1147,4	1147,4	1147,4	1147,4	1147,4	1147,4
12,5	824,8	933,0	894,1	866,9	880,5	880,5
15	592,6	718,6	666,8	630,4	648,6	648,6
17,5	404,4	504,2	465,3	438,1	451,7	451,7
20	289,8	289,8	289,8	289,8	289,8	289,8
22,5	223,4	251,8	240,2	185,6	212,9	212,9
25	178,2	213,7	198,3	125,5	161,9	161,9
27,5	151,9	175,7	164,1	109,5	136,8	164,1
30	137,6	137,6	137,6	137,6	137,6	137,6
32,5	128,0	130,5	118,9	129,2	124,1	129,2
35	119,9	123,3	107,9	121,6	114,8	114,8
37,5	113,9	116,2	104,6	114,9	109,8	109,8
40	109,0	109,0	109,0	109,0	109,0	109,0
42,5	104,4	105,2	105,5	103,9	104,7	104,7
45	101,1	101,4	101,7	99,7	100,7	100,7
47,5	97,2	97,6	97,9	96,3	97,1	97,1
50	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8
52,5	90,0	89,3	89,6	93,4	91,5	93,4
55	85,5	84,9	85,2	90,3	78,8	90,3
57,5	81,5	80,4	80,6	84,4	82,5	84,4
60	75,9	75,9	75,9	75,9	75,9	75,9
62,5	65,3	60,6	56,2	64,7	60,5	60,5
65	46,9	45,3	39,5	50,7	45,1	45,1
67,5	28,2	30,0	25,6	34,1	29,9	29,9
70	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
72,5	7,1	11,0	6,7	9,6	8,2	8,2
75	3,5	7,3	1,5	5,5	3,5	3,5
77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata						
		57,090	61,491	46,463	24,177	24,323
Korelasyon Kats.						
		0,996359	0,995775	0,997590	0,999348	0,999340

Tablo A.3 28^olık armatür için 10^o aralıklı regresyon analizi tahminleri

28 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-10)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	1392,8	1392,8	1392,8	1392,8	1392,8	1392,8
2,5	1378,2	1298,6	1326,4	1369,2	1347,8	1347,8
5	1310,8	1204,3	1241,4	1298,6	1270,0	1270,0
7,5	1186,7	1110,1	1137,9	1180,7	1159,3	1159,3
10	1015,8	1015,8	1015,8	1015,8	1015,8	1015,8
12,5	803,5	847,4	875,2	801,3	838,3	838,3
15	617,3	679,0	716,1	617,5	666,8	666,8
17,5	450,3	510,6	538,4	464,5	501,5	501,5
20	342,2	342,2	342,2	342,2	342,2	342,2
22,5	275,1	296,9	285,1	250,7	267,9	267,9
25	224,4	251,5	235,9	190,0	213,0	213,0
27,5	186,5	206,2	194,4	160,0	177,2	177,2
30	160,8	160,8	160,8	160,8	160,8	160,8
32,5	140,3	146,7	134,9	148,2	141,6	141,6
35	122,9	132,5	116,9	134,5	125,7	125,7
37,5	111,7	118,4	106,6	119,9	113,3	113,3
40	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2
42,5	89,8	86,0	82,0	87,5	84,8	84,8
45	71,7	67,9	62,5	69,9	66,2	66,2
47,5	51,1	49,7	45,7	51,2	48,5	48,5
50	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
52,5	17,8	24,0	20,0	21,4	20,7	20,7
55	8,2	16,6	11,2	13,0	12,1	12,1
57,5	3,6	9,1	5,1	6,4	5,8	5,8
60	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
62,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata						
		36,618	35,962	11,215	19,605	19,605
Korelasyon Kats.						
		0,996928	0,997082	0,999712	0,999121	0,999121

Tablo A.4 36⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

36 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-10)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	854,0	854,0	854,0	854,0	854,0	854,0
2,5	844,8	810,3	821,8	843,1	832,5	832,5
5	815,7	766,6	782,0	810,3	796,2	796,2
7,5	755,9	722,9	734,4	755,7	745,1	745,1
10	679,2	679,2	679,2	679,2	679,2	679,2
12,5	599,5	604,8	616,3	591,2	603,8	603,8
15	521,9	530,4	545,7	512,2	529,0	529,0
17,5	440,3	455,9	467,4	442,3	454,9	454,9
20	381,5	381,5	381,5	381,5	381,5	381,5
22,5	335,0	343,3	337,6	329,7	333,7	333,7
25	295,0	305,1	297,5	286,9	292,2	292,2
27,5	259,1	266,8	261,2	253,2	257,2	257,2
30	228,6	228,6	228,6	228,6	228,6	228,6
32,5	203,3	205,4	199,8	202,3	201,1	201,1
35	179,5	182,2	174,7	178,1	176,4	176,4
37,5	156,1	159,0	153,4	155,9	154,7	154,7
40	135,8	135,8	135,8	135,8	135,8	135,8
42,5	119,1	120,8	119,4	117,7	118,6	118,6
45	105,9	105,8	103,9	101,7	102,8	102,8
47,5	91,1	90,7	89,3	87,7	88,5	88,5
50	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7
52,5	63,5	64,4	63,0	62,3	62,7	62,7
55	50,1	53,1	51,2	50,3	50,8	50,8
57,5	39,3	41,7	40,3	39,7	40,0	40,0
60	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4
62,5	23,1	24,6	23,1	22,5	22,8	22,8
65	16,4	18,8	16,7	16,0	16,4	16,4
67,5	10,6	12,9	11,4	10,9	11,2	11,2
70	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
72,5	5,5	5,3	3,8	4,7	4,3	4,3
75	4,8	3,6	1,5	2,7	2,1	2,1
77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata						
		12,891	10,889	3,396	5,554	5,554
Korelasyon Kats.						
		0,998905	0,999219	0,999924	0,999797	0,999797

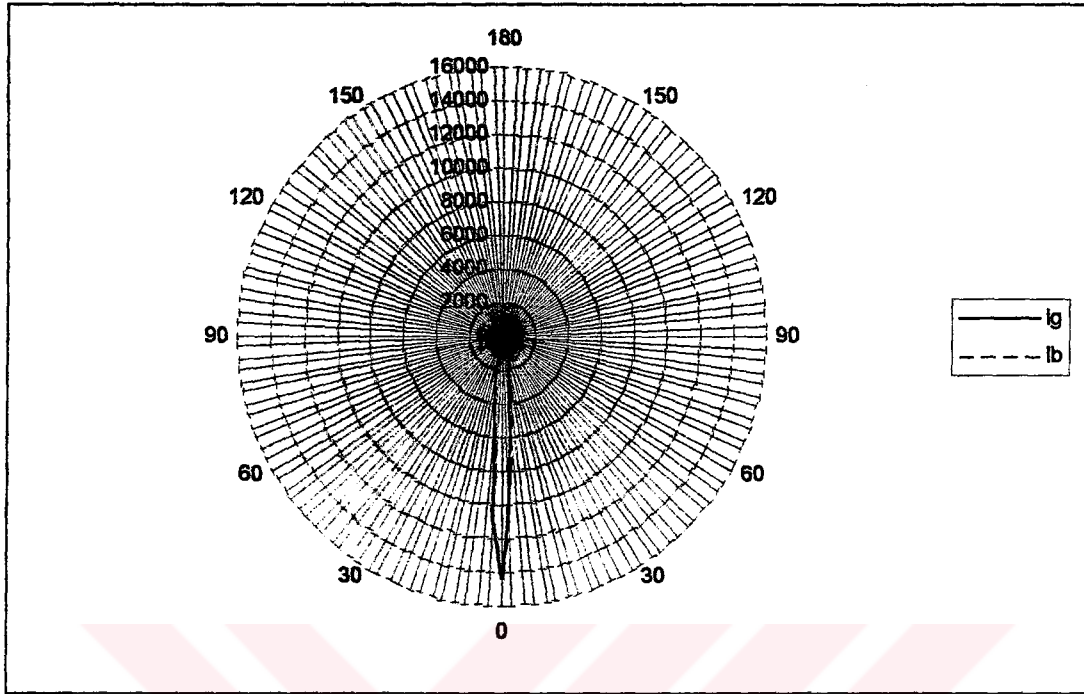
Tablo A.5 42⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

42 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-10)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	1438,9	1438,9	1438,9	1438,9	1438,9	1438,9
2,5	1429,7	1392,2	1419,8	1427,2	1423,5	1423,5
5	1387,1	1345,4	1382,2	1392,2	1387,2	1387,2
7,5	1331,5	1298,7	1326,3	1333,7	1330,0	1330,0
10	1251,9	1251,9	1251,9	1251,9	1251,9	1251,9
12,5	1153,7	1131,5	1159,1	1132,9	1146,0	1146,0
15	1046,3	1011,2	1048,0	1013,0	1030,5	1030,5
17,5	907,5	890,8	918,4	892,2	905,3	905,3
20	770,4	770,4	770,4	770,4	770,4	770,4
22,5	642,6	646,3	621,3	647,7	634,5	621,3
25	518,5	522,3	488,9	524,1	506,5	488,9
27,5	388,9	398,2	373,2	399,6	386,4	373,2
30	274,1	274,1	274,1	274,1	274,1	274,1
32,5	179,1	216,7	191,7	198,6	195,2	195,2
35	114,8	159,3	125,9	135,2	130,6	130,6
37,5	70,7	101,8	76,8	83,8	80,3	80,3
40	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4
42,5	28,0	35,2	32,1	17,1	24,6	32,1
45	18,3	25,9	21,8	1,8	11,8	21,8
47,5	11,3	16,7	13,6	-1,4	6,1	13,6
50	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
52,5	5,4	6,3	3,2	6,2	4,7	6,2
55	4,3	5,2	1,1	5,0	3,1	5,0
57,5	3,5	4,1	1,0	4,0	2,5	4,0
60	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
62,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata						
		20,420	9,305	11,613	6,948	9,937
Korelasyon Kats.						
		0,999291	0,999853	0,999771	0,999918	0,999832

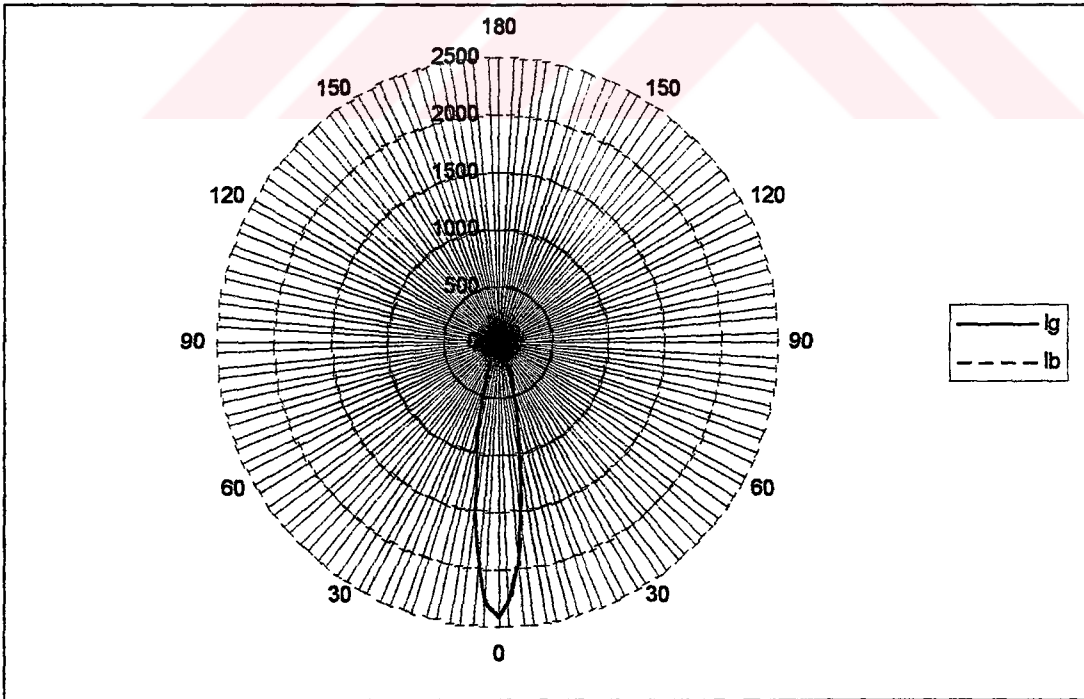
Tablo A.6 57⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

57 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-10)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	618,5	618,5	618,5	618,5	618,5	618,5
2,5	613,2	612,5	624,4	617,0	620,7	617,0
5	607,3	606,4	622,3	612,5	617,4	612,5
7,5	602,9	600,4	612,3	604,9	608,6	604,9
10	594,3	594,3	594,3	594,3	594,3	594,3
12,5	575,0	556,4	568,3	556,3	562,3	562,3
15	541,1	518,5	534,4	518,3	526,4	526,4
17,5	497,8	480,6	492,5	480,5	486,5	486,5
20	442,7	442,7	442,7	442,7	442,7	442,7
22,5	398,6	405,2	400,4	405,0	402,7	402,7
25	356,8	367,6	361,3	367,4	364,4	364,4
27,5	322,1	330,1	325,3	329,9	327,6	327,6
30	292,5	292,5	292,5	292,5	292,5	292,5
32,5	266,8	267,5	262,8	265,9	264,4	264,4
35	243,8	242,6	236,3	240,4	238,4	238,4
37,5	220,1	217,6	212,9	216,0	214,5	214,5
40	192,6	192,6	192,6	192,6	192,6	192,6
42,5	169,9	171,9	169,6	170,3	170,0	170,0
45	148,2	151,3	148,2	149,1	148,7	148,7
47,5	128,2	130,6	128,3	129,0	128,7	128,7
50	109,9	109,9	109,9	109,9	109,9	109,9
52,5	92,2	95,4	93,1	93,9	93,5	93,5
55	78,3	80,8	77,7	78,9	78,3	78,3
57,5	64,6	66,2	64,0	64,8	64,4	64,4
60	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
62,5	38,7	40,9	37,4	39,5	38,5	38,5
65	26,2	30,1	25,4	28,2	26,8	26,8
67,5	15,8	19,3	15,8	17,9	16,9	16,9
70	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
72,5	4,8	7,0	3,5	6,7	5,1	6,7
75	3,4	5,6	0,9	5,1	3,0	5,1
77,5	3,0	4,1	0,6	3,8	2,2	3,8
80	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
82,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata	6,585	4,640	6,595	5,063	4,642	
Korelasyon Kats.	0,999557	0,999780	0,999556	0,999738	0,999780	

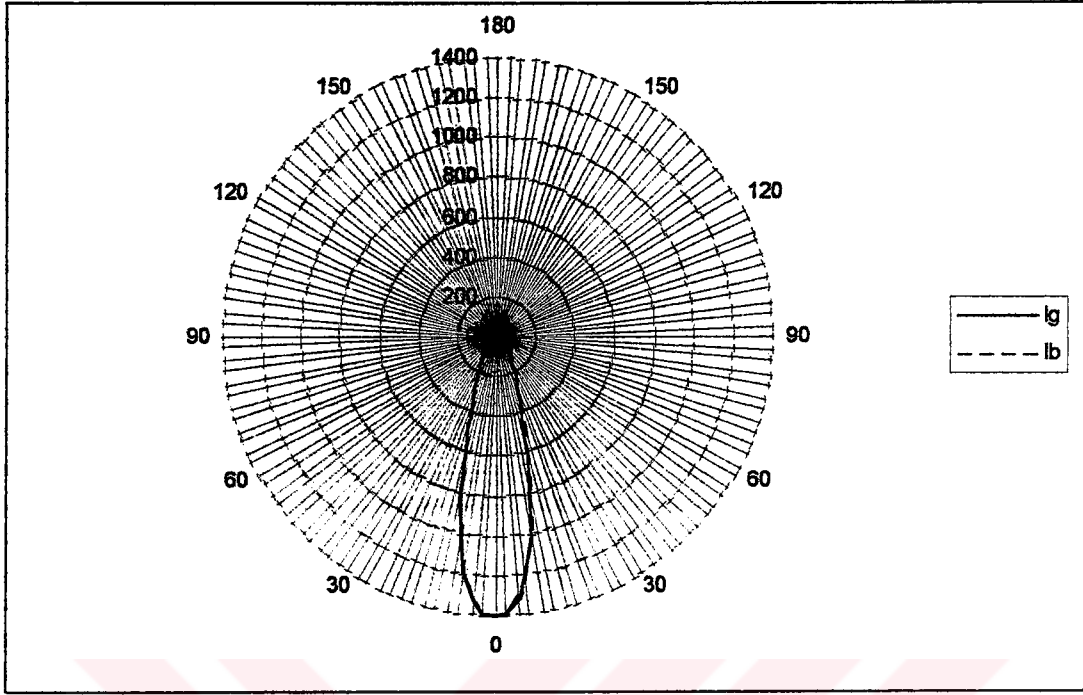
EK B



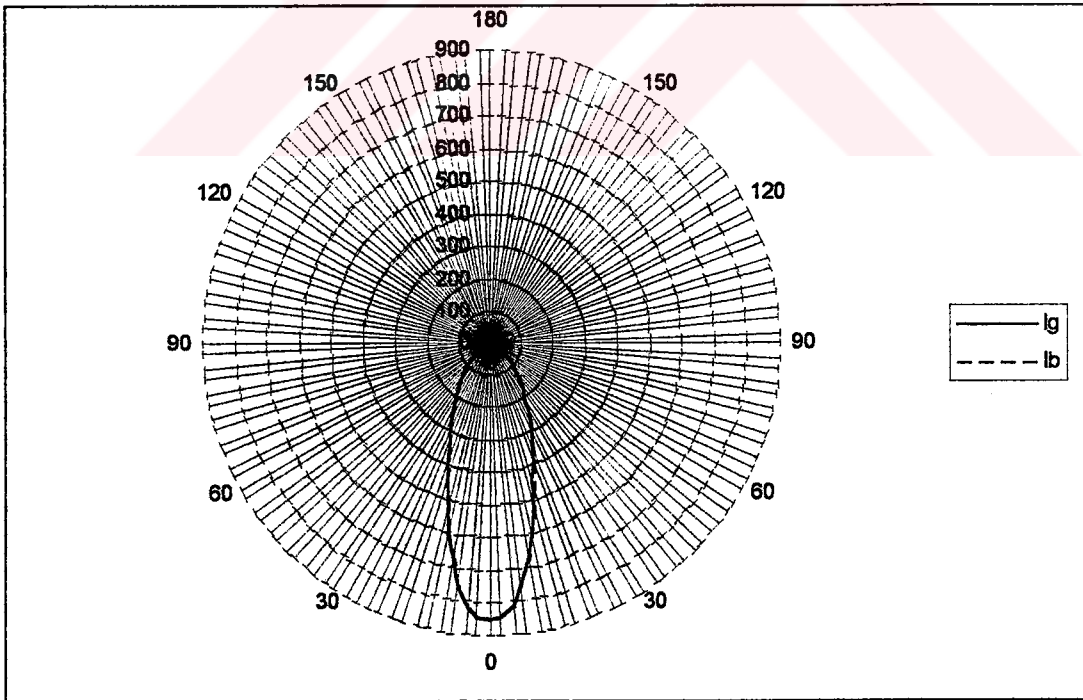
Şekil B.1 10°'lik armatür için 5° aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(Ig=gerçek eğri; Ib=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



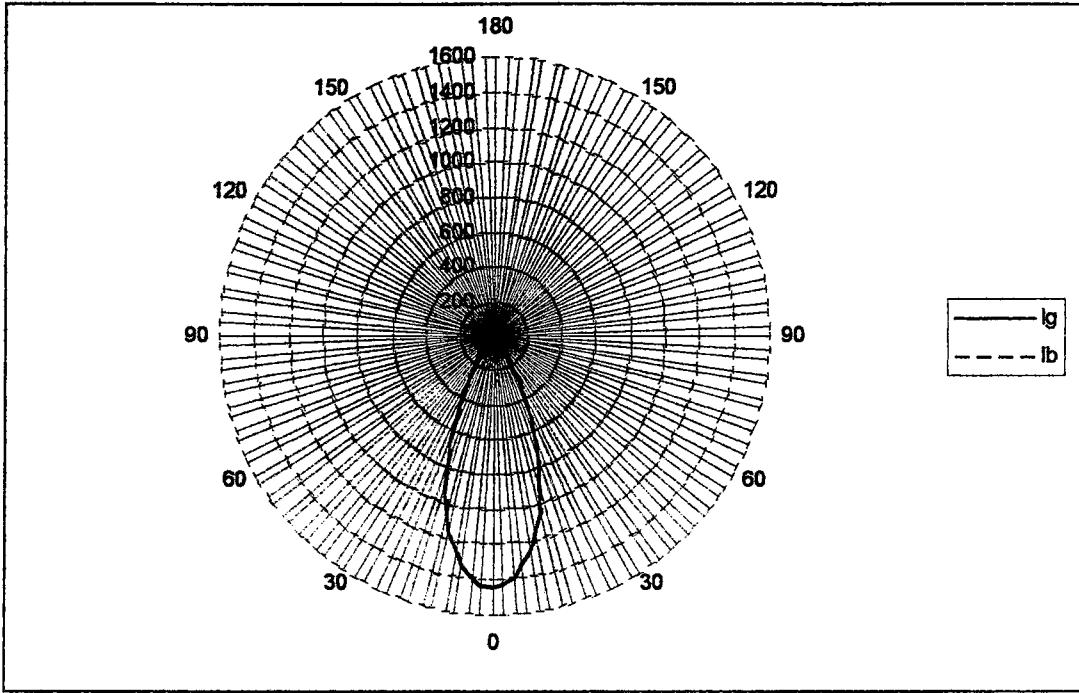
Şekil B.2 19°'lik armatür için 5° aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(Ig=gerçek eğri; Ib=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



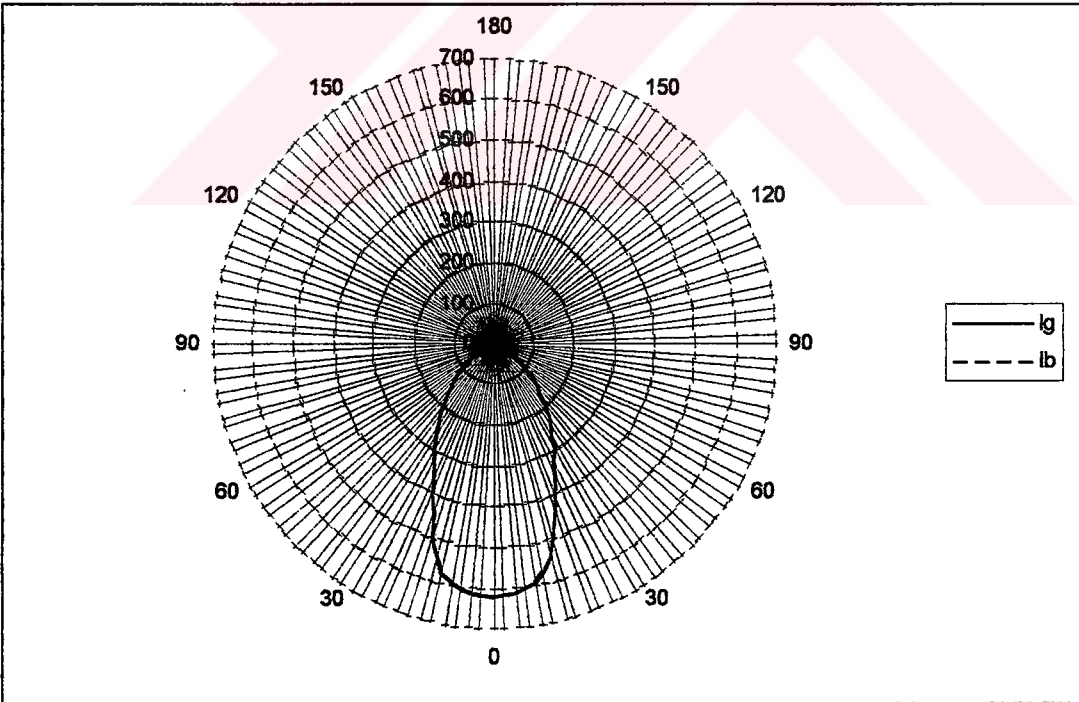
Şekil B.3 28⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



Şekil B.4 36⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



Şekil B.5 42⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(Ig=gerçek eğri; Ib=2.Der(kar) tahmin eğrisi)



Şekil B.6 57⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(Ig=gerçek eğri; Ib=2.Der(kar) tahmin eğrisi)

Tablo B.1 10⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

10 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-5)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	14405,6	14405,6	14405,6	14405,6	14405,6	14405,6
2,5	10792,3	10175,9	9637,9	12290,7	10964,3	10964,3
5	5946,1	5946,1	5946,1	5946,1	5946,1	5946,1
7,5	3184,1	3868,0	3330,1	3515,8	3423,0	3423,0
10	1789,9	1789,9	1789,9	1789,9	1789,9	1789,9
12,5	896,8	1120,5	991,1	768,3	879,7	879,7
15	451,0	451,0	451,0	451,0	451,0	451,0
17,5	226,8	299,1	169,7	267,3	218,5	218,5
20	147,1	147,1	147,1	147,1	147,1	147,1
22,5	114,3	122,0	117,5	90,1	103,8	103,8
25	96,8	96,8	96,8	96,8	96,8	96,8
27,5	86,6	89,3	84,8	97,6	91,2	91,2
30	81,7	81,7	81,7	81,7	81,7	81,7
32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata		253,969	312,378	411,798	75,720	75,720
Korelasyon Kats.		0,998323	0,997462	0,995585	0,999838	0,999838

Tablo B.2 19⁰lık armatür için 5⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

19 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-5)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	2419,5	2419,5	2419,5	2419,5	2419,5	2419,5
2,5	2280,8	2186,2	2228,5	2302,8	2265,7	2265,7
5	1952,8	1952,8	1952,8	1952,8	1952,8	1952,8
7,5	1522,2	1550,1	1592,4	1518,8	1555,6	1555,6
10	1147,4	1147,4	1147,4	1147,4	1147,4	1147,4
12,5	824,8	870,0	838,5	838,7	838,6	838,6
15	592,6	592,6	592,6	592,6	592,6	592,6
17,5	404,4	441,2	409,7	417,3	413,5	413,5
20	289,8	289,8	289,8	289,8	289,8	289,8
22,5	223,4	234,0	225,1	210,1	217,6	217,6
25	178,2	178,2	178,2	178,2	178,2	178,2
27,5	151,9	157,9	149,0	155,0	152,0	152,0
30	137,6	137,6	137,6	137,6	137,6	137,6
32,5	128,0	128,8	127,9	125,9	126,9	126,9
35	119,9	119,9	119,9	119,9	119,9	119,9
37,5	113,9	114,5	113,6	114,1	113,9	113,9
40	109,0	109,0	109,0	109,0	109,0	109,0
42,5	104,4	105,1	105,0	104,7	104,9	104,9
45	101,1	101,1	101,1	101,1	101,1	101,1
47,5	97,2	97,5	97,4	97,6	97,5	97,5
50	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8	93,8
52,5	90,0	89,7	89,8	89,8	89,8	89,8
55	85,5	85,5	85,5	85,5	85,5	85,5
57,5	81,5	80,7	80,9	83,1	82,0	82,0
60	75,9	75,9	75,9	75,9	75,9	75,9
62,5	65,3	61,4	61,8	63,8	62,8	62,8
65	46,9	46,9	46,9	46,9	46,9	46,9
67,5	28,2	30,8	31,2	28,2	29,7	29,7
70	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
72,5	7,1	9,1	8,1	6,5	7,3	7,3
75	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata						
		20,388	15,726	5,733	7,207	7,207
Korelasyon Kats.						
		0,999536	0,999724	0,999963	0,999942	0,999942

Tablo B.3 28⁰lık armatür için 5⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

28 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-5)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	1392,8	1392,8	1392,8	1392,8	1392,8	1392,8
2,5	1378,2	1351,8	1378,4	1372,3	1375,4	1375,4
5	1310,8	1310,8	1310,8	1310,8	1310,8	1310,8
7,5	1186,7	1163,3	1189,9	1176,2	1183,1	1183,1
10	1015,8	1015,8	1015,8	1015,8	1015,8	1015,8
12,5	803,5	816,6	801,1	829,5	815,3	815,3
15	617,3	617,3	617,3	617,3	617,3	617,3
17,5	450,3	479,8	464,3	460,1	462,2	462,2
20	342,2	342,2	342,2	342,2	342,2	342,2
22,5	275,1	283,3	276,5	263,6	270,1	270,1
25	224,4	224,4	224,4	224,4	224,4	224,4
27,5	186,5	192,6	185,8	189,4	187,6	187,6
30	160,8	160,8	160,8	160,8	160,8	160,8
32,5	140,3	141,9	139,5	138,6	139,1	139,1
35	122,9	122,9	122,9	122,9	122,9	122,9
37,5	111,7	113,6	111,2	115,3	113,3	113,3
40	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2
42,5	89,8	88,0	88,9	89,7	89,3	89,3
45	71,7	71,7	71,7	71,7	71,7	71,7
47,5	51,1	51,6	52,6	49,5	51,1	51,1
50	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
52,5	17,8	19,9	17,8	17,7	17,8	17,8
55	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
57,5	3,6	4,9	2,8	4,3	3,6	3,6
60	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
62,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata						
		9,621	2,903	6,435	3,574	3,574
Korelasyon Kats.						
		0,999788	0,999980	0,999905	0,999971	0,999971

Tablo B.4 36⁰lık armatür için 5⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

36 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-5)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	854,0	854,0	854,0	854,0	854,0	854,0
2,5	844,8	834,9	847,1	844,4	845,8	845,8
5	815,7	815,7	815,7	815,7	815,7	815,7
7,5	755,9	747,5	759,7	750,0	754,9	754,9
10	679,2	679,2	679,2	679,2	679,2	679,2
12,5	599,5	600,6	598,4	603,1	600,8	600,8
15	521,9	521,9	521,9	521,9	521,9	521,9
17,5	440,3	451,7	449,6	445,0	447,3	447,3
20	381,5	381,5	381,5	381,5	381,5	381,5
22,5	335,0	338,3	335,7	331,5	333,6	333,6
25	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0
27,5	259,1	261,8	259,3	259,6	259,5	259,5
30	228,6	228,6	228,6	228,6	228,6	228,6
32,5	203,3	204,1	203,4	201,9	202,7	202,7
35	179,5	179,5	179,5	179,5	179,5	179,5
37,5	156,1	157,7	157,0	155,9	156,5	156,5
40	135,8	135,8	135,8	135,8	135,8	135,8
42,5	119,1	120,9	120,9	119,1	120,0	120,0
45	105,9	105,9	105,9	105,9	105,9	105,9
47,5	91,1	90,8	90,8	90,2	90,5	90,5
50	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7
52,5	63,5	62,9	62,2	62,3	62,3	62,3
55	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1
57,5	39,3	40,3	39,5	39,5	39,5	39,5
60	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4
62,5	23,1	23,4	22,8	22,7	22,8	22,8
65	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
67,5	10,6	11,8	11,2	10,9	11,1	11,1
70	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
72,5	5,5	6,0	6,3	5,1	5,7	5,7
75	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata						
		3,200	1,895	1,651	1,35	1,35
Korelasyon Kats.						
		0,999932	0,999976	0,999982	0,999988	0,999988

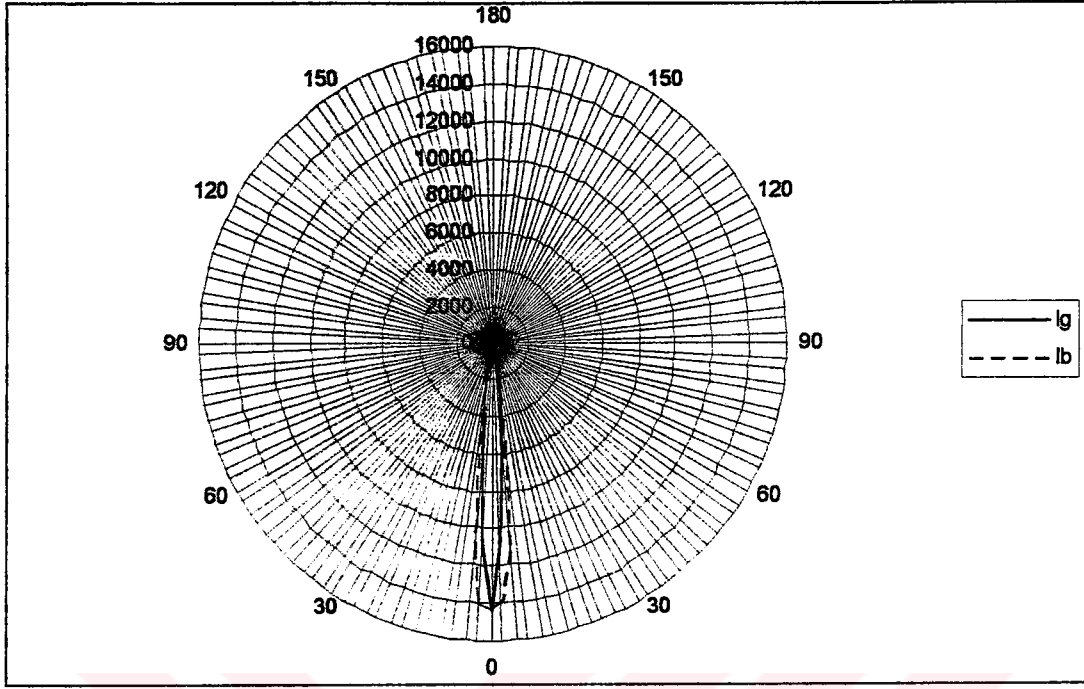
Tablo B.5 42^olık armatür için 5^o aralıklı regresyon analizi tahminleri

42 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-5)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	1438,9	1438,9	1438,9	1438,9	1438,9	1438,9
2,5	1429,7	1413,0	1423,4	1426,0	1424,7	1424,7
5	1387,1	1387,1	1387,1	1387,1	1387,1	1387,1
7,5	1331,5	1319,5	1329,9	1328,3	1329,1	1329,1
10	1251,9	1251,9	1251,9	1251,9	1251,9	1251,9
12,5	1153,7	1149,1	1157,9	1157,9	1157,9	1157,9
15	1046,3	1046,3	1046,3	1046,3	1046,3	1046,3
17,5	907,5	908,4	917,1	905,3	911,2	911,2
20	770,4	770,4	770,4	770,4	770,4	770,4
22,5	642,6	644,5	643,5	641,4	642,5	642,5
25	518,5	518,5	518,5	518,5	518,5	518,5
27,5	388,9	396,3	395,4	385,7	390,6	390,6
30	274,1	274,1	274,1	274,1	274,1	274,1
32,5	179,1	194,5	183,3	183,8	183,6	183,6
35	114,8	114,8	114,8	114,8	114,8	114,8
37,5	70,7	79,6	68,5	74,1	71,3	71,3
40	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4
42,5	28,0	31,4	29,5	25,8	27,7	27,7
45	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3
47,5	11,3	12,9	11,0	11,9	11,5	11,5
50	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
52,5	5,4	5,9	5,6	4,9	5,3	5,3
55	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
57,5	3,5	3,7	3,4	3,9	3,7	3,7
60	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
62,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata						
		5,664	2,909	1,935	1,817	1,817
Korelasyon Kats.						
		0,999945	0,999985	0,999993	0,999994	0,999994

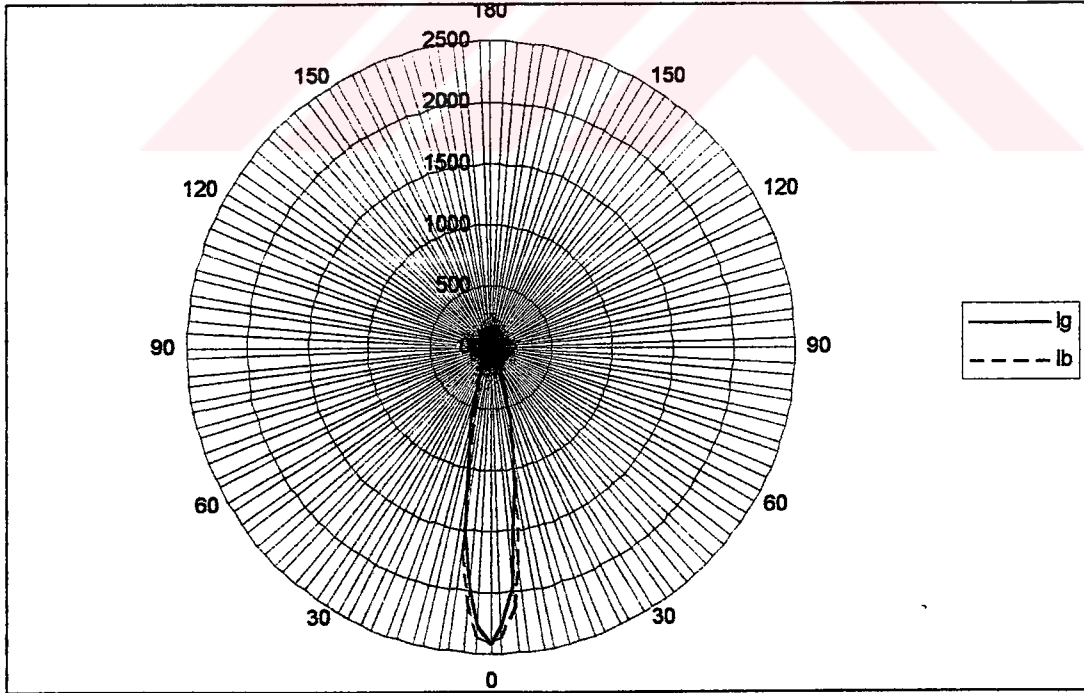
Tablo B.6 57⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı regresyon analizi tahminleri

57 Derecelik Armatür						
Açı	Gerçek	1.Der	2.Der	2.Der(-5)	2.Der(ort)	2.Der(kar)
0	618,5	618,5	618,5	618,5	618,5	618,5
2,5	613,2	612,9	613,1	615,7	614,4	614,4
5	607,3	607,3	607,3	607,3	607,3	607,3
7,5	602,9	600,8	601,0	605,8	603,4	603,4
10	594,3	594,3	594,3	594,3	594,3	594,3
12,5	575,0	567,7	573,4	572,7	573,1	573,1
15	541,1	541,1	541,1	541,1	541,1	541,1
17,5	497,8	491,9	497,6	490,3	494,0	494,0
20	442,7	442,7	442,7	442,7	442,7	442,7
22,5	398,6	399,8	397,0	398,2	397,6	397,6
25	356,8	356,8	356,8	356,8	356,8	356,8
27,5	322,1	324,7	321,9	322,7	322,3	322,3
30	292,5	292,5	292,5	292,5	292,5	292,5
32,5	266,8	268,2	268,5	266,2	267,4	267,4
35	243,8	243,8	243,8	243,8	243,8	243,8
37,5	220,1	218,2	218,5	217,3	217,9	217,9
40	192,6	192,6	192,6	192,6	192,6	192,6
42,5	169,9	170,4	169,6	169,5	169,6	169,6
45	148,2	148,2	148,2	148,2	148,2	148,2
47,5	128,2	129,1	128,3	128,2	128,3	128,3
50	109,9	109,9	109,9	109,9	109,9	109,9
52,5	92,2	94,1	93,5	93,3	93,4	93,4
55	78,3	78,3	78,3	78,3	78,3	78,3
57,5	64,6	65,0	64,4	64,9	64,7	64,7
60	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
62,5	38,7	39,0	38,0	38,8	38,4	38,4
65	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2
67,5	15,8	17,4	16,4	15,8	16,1	16,1
70	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
72,5	4,8	6,0	5,4	4,4	4,9	4,9
75	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
77,5	3,0	3,0	2,5	3,2	2,9	2,9
80	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
82,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata						
		1,841	0,719	1,596	0,903	0,903
Korelasyon Kats.						
		0,999965	0,999994	0,999974	0,999991	0,999991

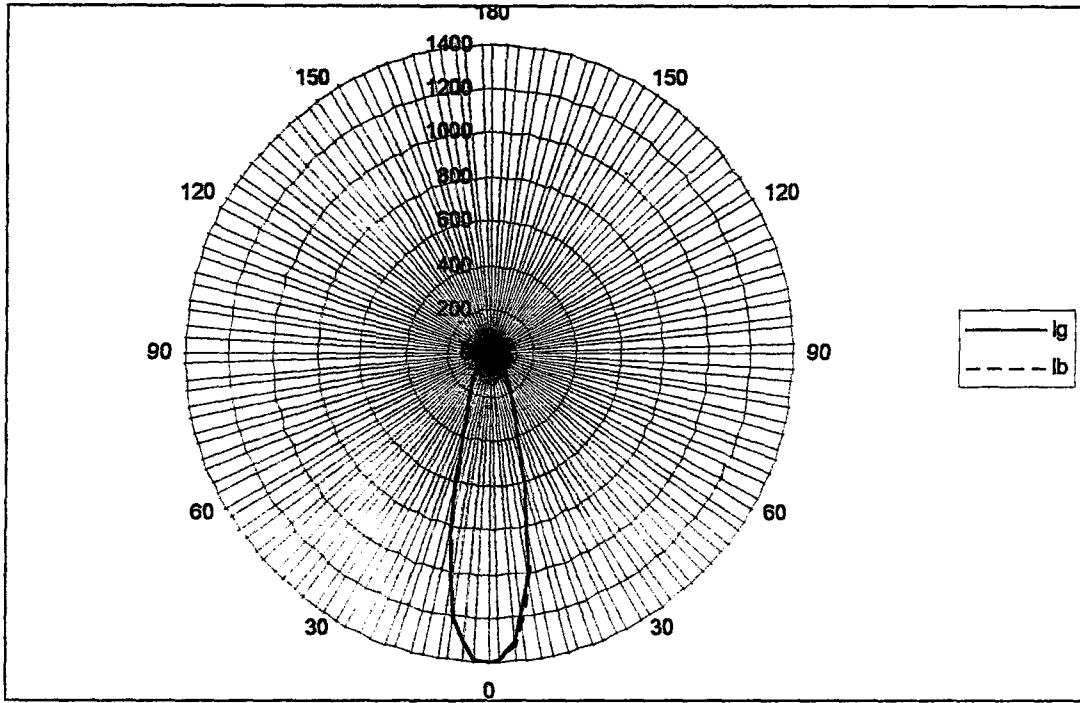
EK C



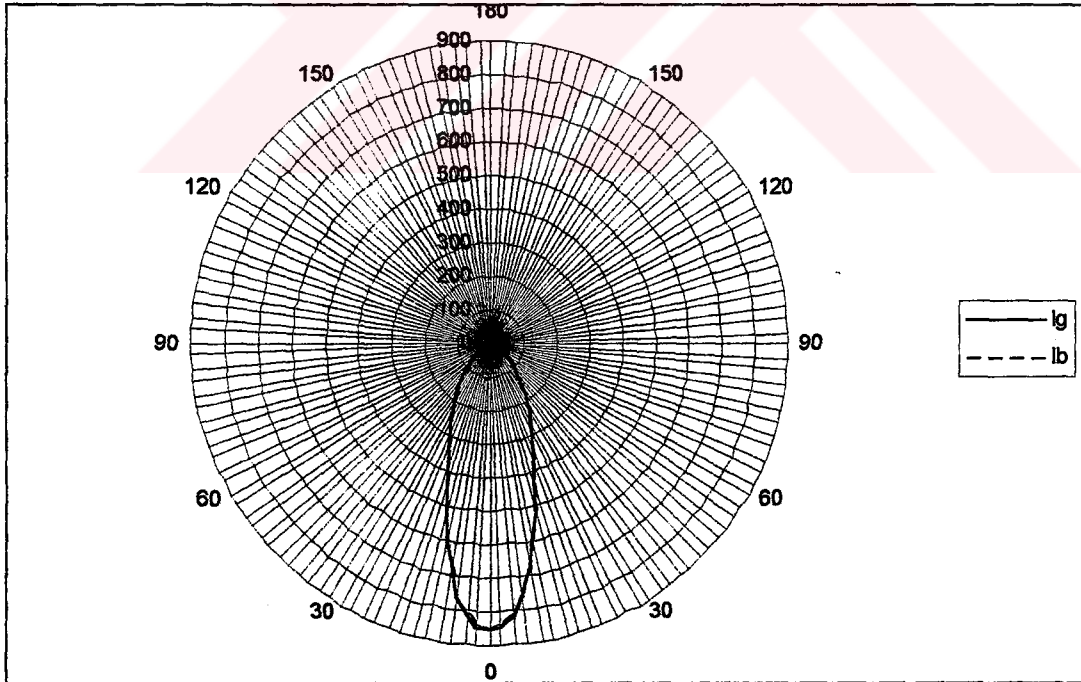
Şekil C.1 10°'lik armatür için 10° aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=lg(300.000) tahmin eğrisi)



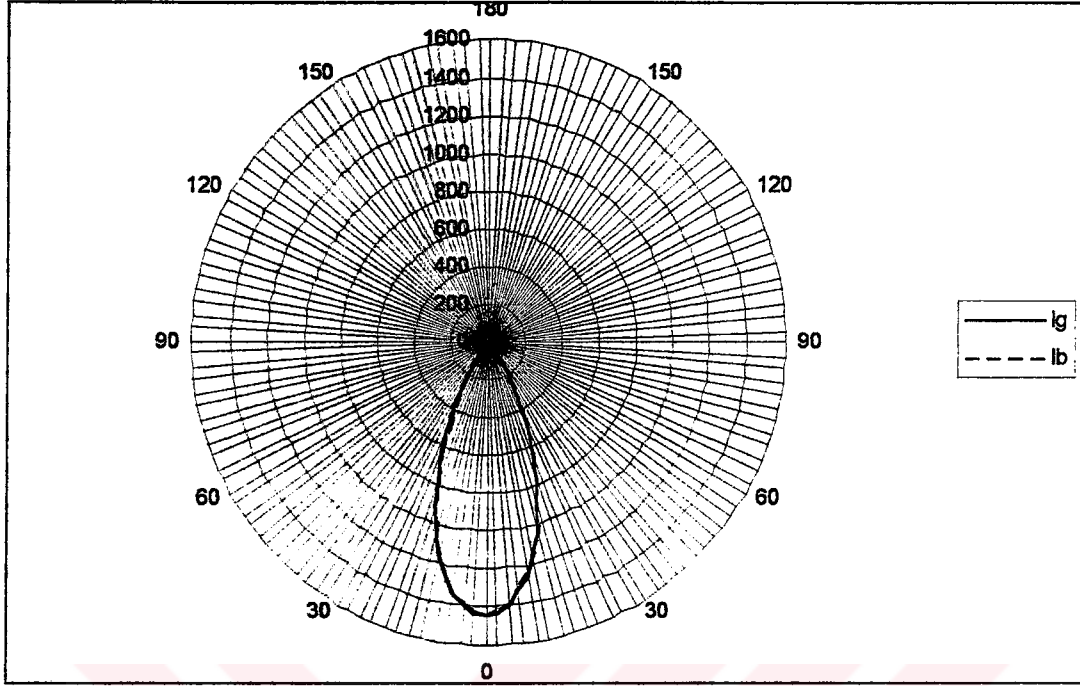
Şekil C.2 19°'lik armatür için 10° aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=lg(300.000) tahmin eğrisi)



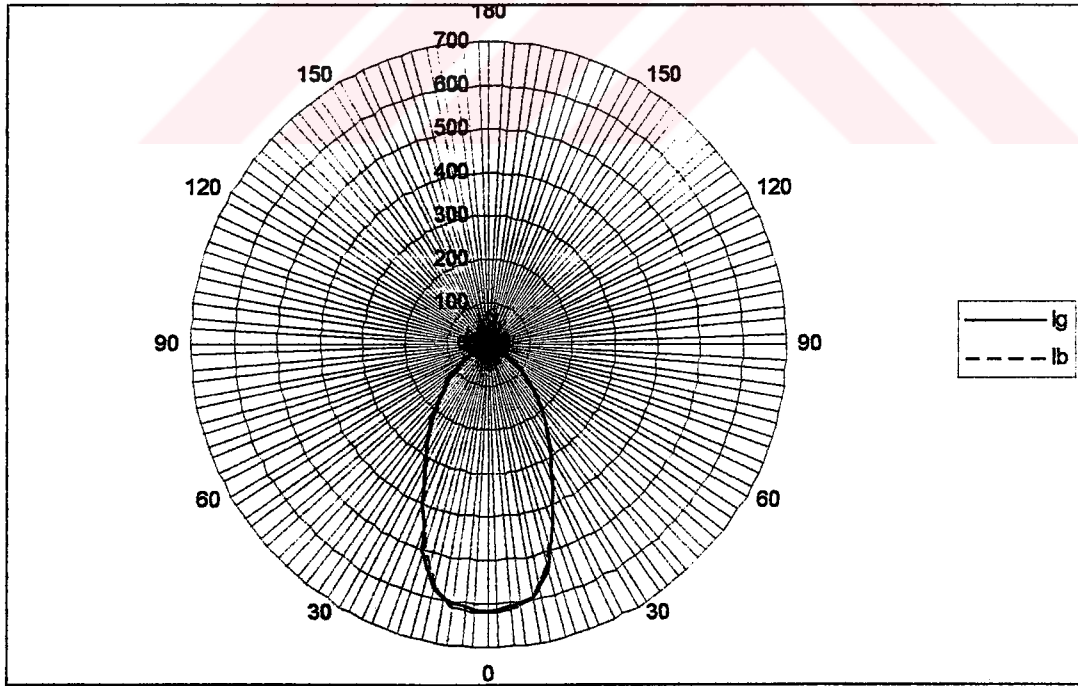
Şekil C.3 28⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(I_g=gerçek eğri; I_b=lg(300.00) tahmin eğrisi)



Şekil C.4 36⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(I_g=gerçek eğri; I_b=lg(300.000) tahmin eğrisi)



Şekil C.5 42⁰lık armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(I_g=gerçek eğri; I_b=I_g(300.000) tahmin eğrisi)



Şekil C.6 57⁰lık armatür için 10⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(I_g=gerçek eğri; I_b=I_g(300.000) tahmin eğrisi)

Tablo C.1 10⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı nöral program tahminleri

10 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	14405,6	14357,0	14342,0	14348,0	14374,0
2,5	10792,3	14097,0	13899,0	14056,0	14176,0
5	5946,1	12437,0	11324,0	11960,0	12367,0
7,5	3184,1	6761,0	5517,0	5794,0	5997,0
10	1789,9	1792,0	1795,0	1793,0	1791,0
12,5	896,8	400,0	616,0	659,0	660,0
15	451	107,0	262,0	324,0	332,0
17,5	226,8	37,0	138,0	197,0	206,0
20	147,1	16,0	86,0	136,0	144,0
22,5	114,3	8,0	61,0	102,0	109,0
25	96,8	5,0	48,0	80,0	86,0
27,5	86,6	4,0	40,0	65,0	70,0
30	81,7	3,0	36,0	55,0	59,0
32,5	0	2,0	33,0	47,0	50,0
35	0	2,0	31,0	41,0	43,0
37,5	0	2,0	29,0	36,0	37,0
40	0	2,0	28,0	32,0	33,0
Standart Hata		1974,85	1611,708	1777,559	1889,121
Korelasyon Kats.		0,87732548	0,9201136	0,90189578	0,88840362

Tablo C.2 19⁰lık armatür için 10⁰ aralıklı nöral program tahminleri

19 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	2419,5	2402,2	2408,5	2402,8	2406,3
2,5	2280,8	2341,0	2355,5	2349,5	2357,8
5	1952,8	2131,3	2149,4	2157,7	2171,3
7,5	1522,2	1683,5	1691,9	1711,6	1721,5
10	1147,4	1148,7	1148,4	1148,9	1148,8
12,5	824,8	747,0	744,9	728,9	724,4
15	592,6	505,9	503,3	487,1	482,6
17,5	404,4	367,5	364,5	354,7	351,4
20	289,8	285,2	282,2	278,9	276,8
22,5	223,4	233,1	230,6	232,1	231,1
25	178,2	197,8	196,3	200,7	200,7
27,5	151,9	172,4	172,3	177,8	178,7
30	137,6	153,1	154,5	159,9	161,5
32,5	128	137,6	140,7	145,1	147,2
35	119,9	124,8	129,3	132,2	134,7
37,5	113,9	113,8	119,6	120,7	123,5
40	109	104,1	111,0	110,3	113,1
42,5	104,4	95,5	103,1	100,6	103,4
45	101,1	87,7	95,6	91,8	94,4
47,5	97,2	80,6	88,3	83,5	85,8
50	93,8	74,2	81,3	75,9	77,9
52,5	90	68,2	74,5	68,9	70,4
55	85,5	62,7	67,7	62,4	63,5
57,5	81,5	57,7	61,2	56,5	57,0
60	75,9	53,0	54,8	51,1	51,0
62,5	65,3	48,7	48,7	46,1	45,6
65	46,9	44,8	42,9	41,6	40,6
67,5	28,2	41,1	37,5	37,5	36,0
70	14,7	37,8	32,5	33,8	31,9
72,5	7,1	34,8	27,9	30,4	28,1
75	3,5	32,0	23,8	27,4	24,8
77,5	0	29,4	20,1	24,7	21,8
80	0	27,1	16,9	22,3	19,1
Standart Hata		50,811	53,496	58,753	61,868
Korelasyon Kats.		0,9970617	0,9967427	0,99606978	0,995641

Tablo C.3 28⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı nöral program tahminleri

28 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	1392,8	1386,3	1387,6	1385,1	1385,0
2,5	1378,2	1370,0	1372,4	1370,2	1369,4
5	1310,8	1321,5	1324,5	1325,7	1323,5
7,5	1186,7	1207,9	1210,0	1214,8	1212,2
10	1015,8	1016,0	1016,4	1016,6	1016,8
12,5	803,5	788,8	788,8	779,2	782,5
15	617,3	588,8	587,6	576,3	579,6
17,5	450,3	441,8	440,2	433,5	434,8
20	342,2	341,8	340,0	339,3	338,7
22,5	275,1	274,3	272,6	276,2	274,6
25	224,4	227,4	226,3	231,7	230,0
27,5	186,5	193,0	193,1	198,0	196,9
30	160,8	166,4	167,7	170,7	170,7
32,5	140,3	144,4	147,0	147,2	148,4
35	122,9	125,1	128,9	126,3	128,5
37,5	111,7	107,6	112,0	107,3	110,1
40	104,2	91,3	95,6	89,9	92,8
42,5	89,8	76,1	79,5	74,0	76,5
45	71,7	62,0	63,7	59,9	61,4
47,5	51,1	49,4	48,9	47,5	47,8
50	31,5	38,3	35,7	37,0	35,9
52,5	17,8	29,1	24,8	28,2	26,0
55	8,2	21,6	16,3	21,2	18,2
57,5	3,6	15,8	10,3	15,7	12,2
60	1,6	11,4	6,3	11,5	8,0
62,5	0	8,3	3,8	8,4	5,1
65	0	6,0	2,3	6,1	3,3
67,5	0	4,4	1,4	4,5	2,1
70	0	3,3	0,9	3,3	1,3
Standart Hata					
		10,307	9,558	13,593	11,993
Korelasyon Kats.					
		0,999747	0,9997825	0,9995599	0,9996574

Tablo C.4 36⁰lık armatür için 10⁰ aralıklı nöral program tahminleri

36 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	854	846,9	849,1	845,8	848,5
2,5	844,8	834,4	837,9	833,2	837,3
5	815,7	806,2	809,7	805,3	809,7
7,5	755,9	754,6	756,2	754,4	756,9
10	679,2	680,3	679,8	680,7	680,0
12,5	599,5	594,8	593,6	595,1	592,6
15	521,9	512,0	511,3	511,7	509,6
17,5	440,3	439,9	440,1	439,4	438,6
20	381,5	380,4	381,0	379,9	380,4
22,5	335	331,9	332,4	331,7	332,7
25	295	292,0	292,0	292,0	293,0
27,5	259,1	258,3	257,9	258,6	259,2
30	228,6	229,1	228,9	229,5	229,5
32,5	203,3	203,1	202,2	203,6	203,1
35	179,5	179,6	178,8	179,9	179,1
37,5	156,1	157,9	157,5	158,2	157,3
40	135,8	137,9	137,9	138,0	137,3
42,5	119,1	119,2	119,7	119,3	118,9
45	105,9	102,1	102,9	102,0	102,0
47,5	91,1	86,3	87,4	86,2	86,6
50	75,7	72,1	73,2	71,9	72,6
52,5	63,5	59,3	60,3	59,2	60,0
55	50,1	48,1	48,9	48,0	48,9
57,5	39,3	38,6	38,9	38,5	39,1
60	30,4	30,5	30,4	30,4	30,7
62,5	23,1	23,8	23,2	23,7	23,7
65	16,4	18,4	17,5	18,2	17,9
67,5	10,6	14,0	12,9	13,9	13,3
70	7,1	10,6	9,3	10,5	9,7
72,5	5,5	8,0	6,7	7,9	6,9
75	4,8	6,0	4,7	5,9	4,9
77,5	0	4,5	3,3	4,4	3,5
80	0	3,4	2,3	3,3	2,4
Standart Hata					
		4,094	3,262	4,307	3,639
Korelasyon Kats.					
		0,9998915	0,9999295	0,9998775	0,9999125

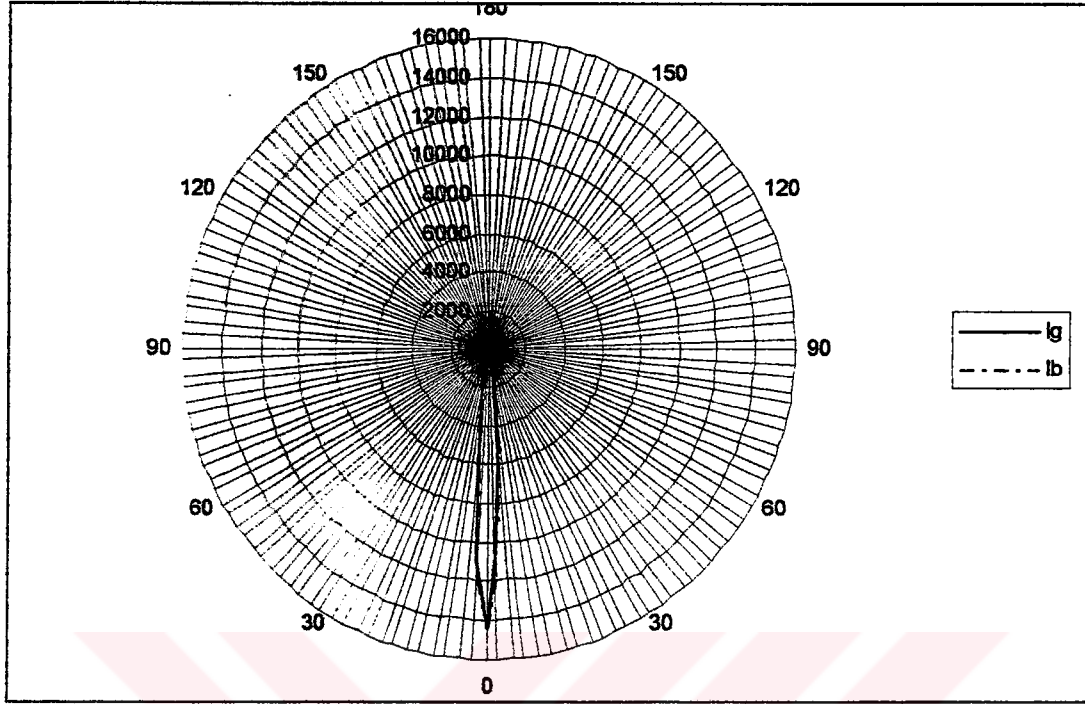
Tablo C.5 42°lik armatür için 10° aralıklı nöral program tahminleri

42 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	1438,9	1415,7	1429,5	1420,0	1430,0
2,5	1429,7	1397,8	1415,1	1403,0	1416,2
5	1387,1	1368,5	1385,0	1374,0	1386,7
7,5	1331,5	1323,2	1332,1	1326,0	1333,5
10	1251,9	1257,3	1253,4	1256,0	1253,2
12,5	1153,7	1167,5	1151,8	1161,5	1149,3
15	1046,3	1053,5	1033,4	1044,8	1029,7
17,5	907,5	919,0	904,4	911,7	901,7
20	770,4	772,3	769,8	770,2	769,8
22,5	642,6	624,2	634,1	628,7	636,9
25	518,5	485,5	502,3	494,7	506,3
27,5	388,9	364,4	380,3	374,2	383,3
30	274,1	265,1	274,1	271,5	274,5
32,5	179,1	187,8	187,7	188,9	185,6
35	114,8	130,3	122,3	126,2	119,2
37,5	70,7	88,9	76,1	81,3	73,6
40	44,4	60,0	45,6	50,9	44,3
42,5	28	40,2	26,5	31,3	26,6
45	18,3	26,8	15,1	19,1	16,1
47,5	11,3	17,9	8,5	11,7	10,0
50	7,4	12,0	4,7	7,3	6,4
52,5	5,4	8,0	2,7	4,6	4,3
55	4,3	5,5	1,5	3,0	3,0
57,5	3,5	3,7	0,9	2,1	2,2
60	3	2,6	0,5	1,5	1,7
62,5	0	1,8	0,3	1,1	1,3
65	0	1,3	0,2	0,8	1,1
67,5	0	1,0	0,1	0,6	0,9
70	0	0,7	0,1	0,5	0,7
Standart Hata					
		13,993	6,198	9,744	5,568
Korelasyon Kats.					
		0,9996589	0,999933	0,9998345	0,999946

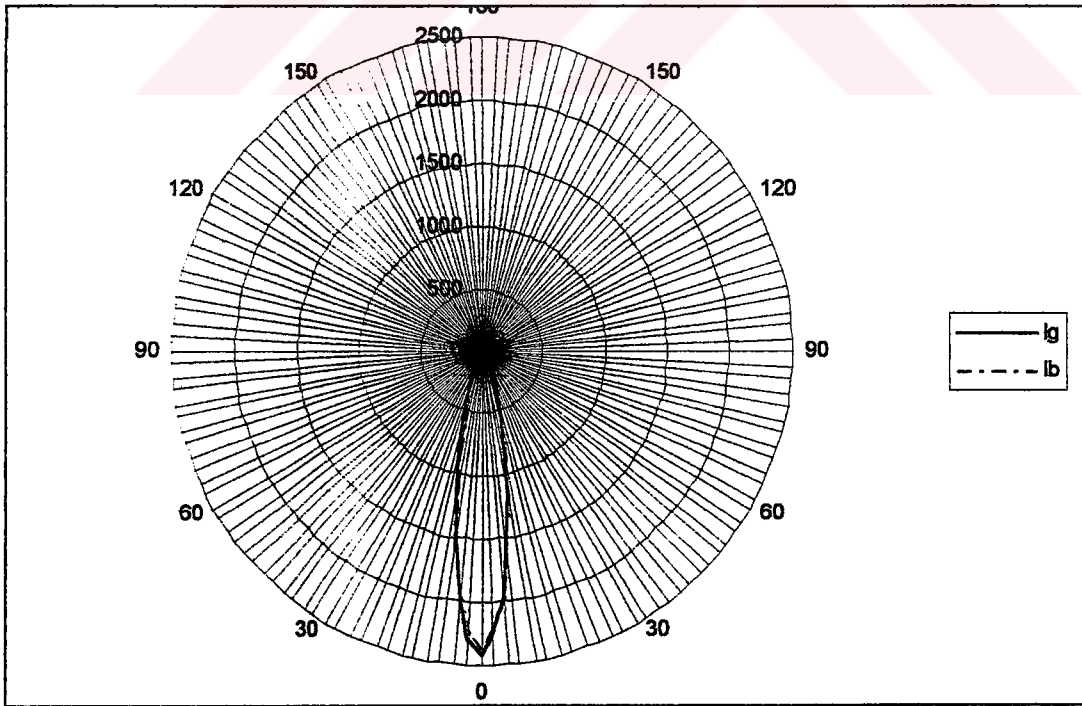
Tablo C.6 57⁰lik armatür için 10⁰ aralıklı nöral program tahminleri

57 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	618,5	617,5	617,7	617,4	617,8
2,5	613,2	616,4	616,6	616,1	616,8
5	607,3	613,6	613,9	613,0	614,1
7,5	602,9	607,2	607,5	606,2	607,6
10	594,3	593,9	594,0	592,7	593,8
12,5	575	570,1	569,9	569,1	569,4
15	541,1	534,7	534,2	534,3	533,6
17,5	497,8	490,4	490,0	490,9	489,6
20	442,7	443,2	443,1	444,1	443,1
22,5	398,6	398,0	398,2	398,7	398,6
25	356,8	357,5	357,9	357,7	358,5
27,5	322,1	322,3	322,7	321,9	323,1
30	292,5	291,6	291,8	290,7	291,9
32,5	266,8	264,2	264,2	263,2	264,0
35	243,8	239,3	239,0	238,4	238,6
37,5	220,1	215,9	215,5	215,3	214,9
40	192,6	193,5	193,1	193,4	192,6
42,5	169,9	171,8	171,5	172,2	171,1
45	148,2	150,8	150,7	151,5	150,5
47,5	128,2	130,4	130,6	131,4	130,7
50	109,9	110,9	111,3	111,9	111,7
52,5	92,2	92,6	93,1	93,4	93,6
55	78,3	75,7	76,3	76,2	76,8
57,5	64,6	60,5	61,1	60,6	61,5
60	51,7	47,3	47,6	47,0	47,9
62,5	38,7	36,1	36,2	35,6	36,2
65	26,2	27,0	26,7	26,3	26,5
67,5	15,8	19,8	19,2	19,0	18,8
70	8,5	14,2	13,4	13,5	13,0
72,5	4,8	10,0	9,1	9,4	8,7
75	3,4	7,0	6,0	6,5	5,7
77,5	3	4,8	4,0	4,5	3,6
80	2,6	3,3	2,5	3,1	2,3
82,5	0	2,3	1,6	2,2	1,5
85	0	1,6	1,0	1,6	0,9
87,5	0	1,1	0,7	1,1	0,6
90	0	0,8	0,4	0,8	0,4
Standart Hata		3,295	3,227	3,351	3,312
Korelasyon Kats.		0,99989	0,999895	0,9998865	0,99988899

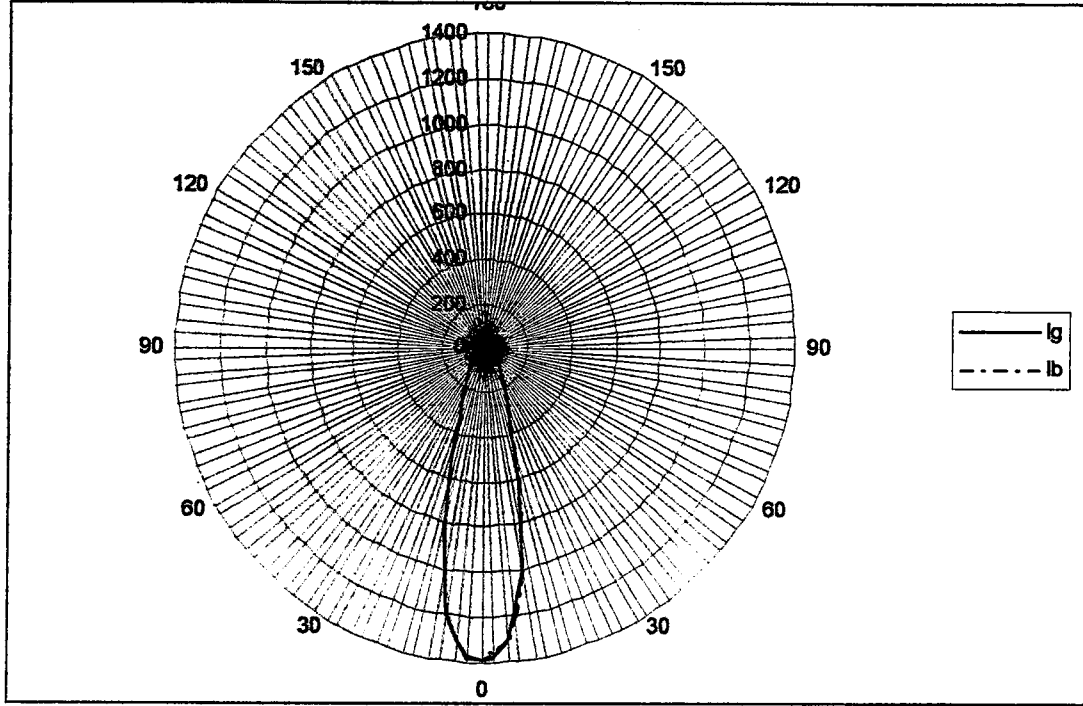
EK D



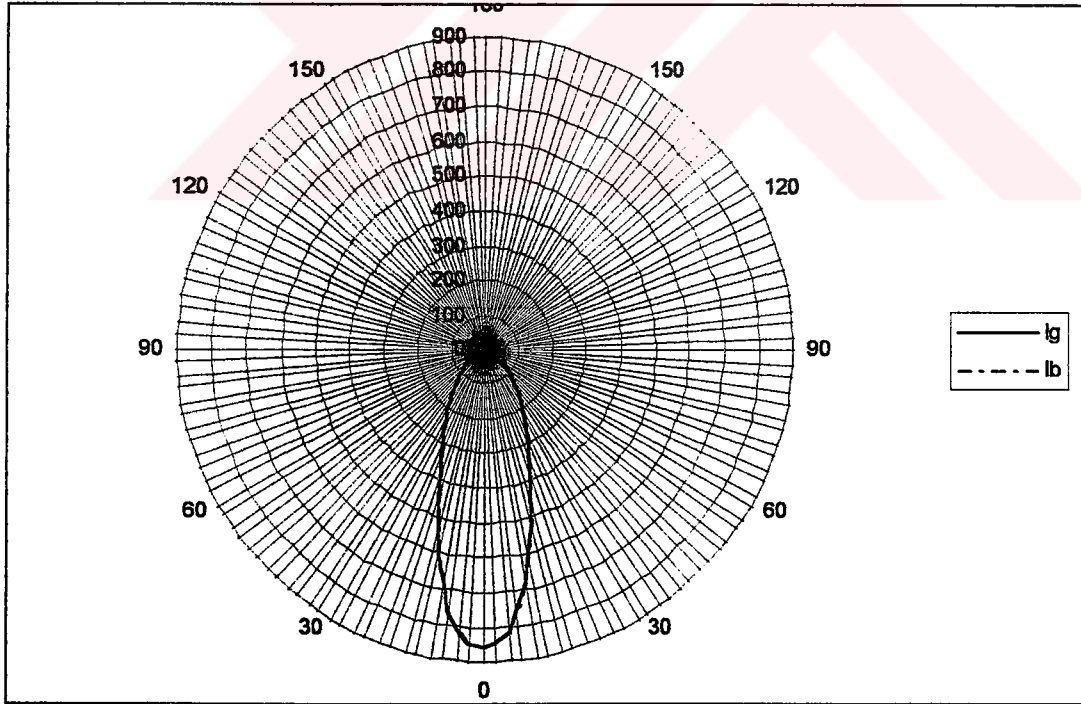
Şekil D.1 10°lik armatür için 5° aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=lg(300.000) tahmin eğrisi)



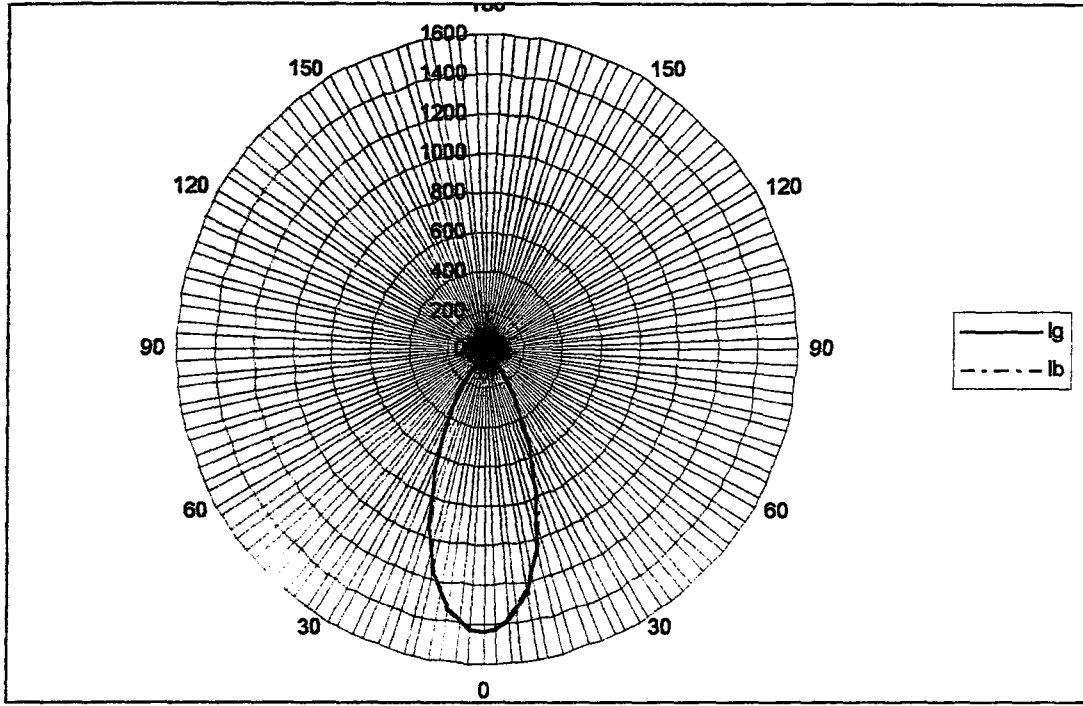
Şekil D.2 19°lik armatür için 5° aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(lg=gerçek eğri; lb=lg(300.000) tahmin eğrisi)



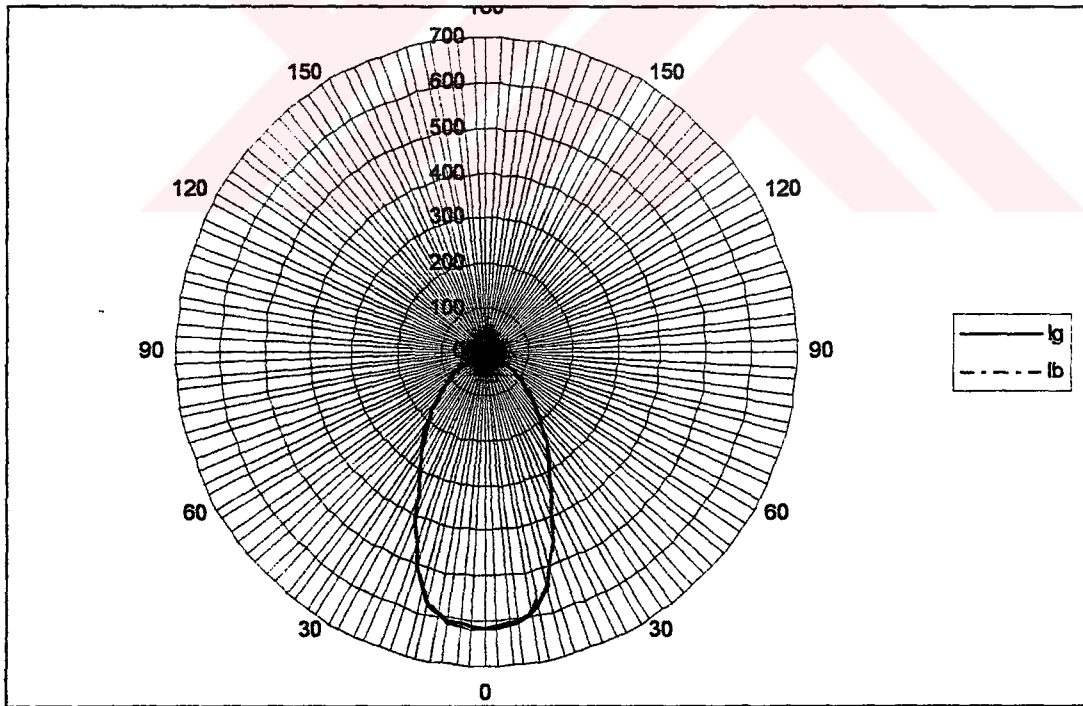
Şekil D.3 28⁰lık armatür için 5⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(Ig=gerçek eğri; Ib=lg(300.000) tahmin eğrisi)



Şekil D.4 36⁰lık armatür için 5⁰ aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(Ig=gerçek eğri; Ib=lg(300.000) tahmin eğrisi)



Şekil D.5 42°'lik armatür için 5° aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(Ig=gerçek eğri; Ib=lg(300.000) tahmin eğrisi)



Şekil D.6 57°'lik armatür için 5° aralıklı tahmin ve gerçek ışık dağılım eğrileri
(Ig=gerçek eğri; Ib=lg(300.000) tahmin eğrisi)

Tablo D.1 10⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı nöral program tahminleri

10 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	14406	14255,0	14338,0	14283,0	14341,0
2,5	10792	11717,0	12063,0	11826,0	12008,0
5	5946,1	5974,0	5952,0	5965,0	5952,0
7,5	3184,1	3003,0	3079,0	3027,0	3105,0
10	1789,9	1703,0	1769,0	1728,0	1765,0
12,5	896,8	989,0	975,0	989,0	966,0
15	451	556,0	495,0	540,0	501,0
17,5	226,8	302,0	238,0	282,0	257,0
20	147,1	161,0	115,0	144,0	137,0
22,5	114,3	88,0	60,0	75,0	77,0
25	96,8	50,0	35,0	40,0	47,0
27,5	86,6	31,0	23,0	23,0	31,0
30	81,7	21,0	16,0	14,0	21,0
32,5	0	15,0	13,0	9,0	15,0
35	0	12,0	11,0	6,0	12,0
37,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata		252,227	332,204	276,337	317,105
Korelasyon kats.		0,998273	0,997002	0,997926	0,997268

Tablo D.2 19⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı nöral program tahminleri

19 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	2419,5	2363,8	2372,1	2353,3	2355,5
2,5	2280,8	2242,0	2246,0	2235,3	2235,6
5	1952,8	1975,2	1968,5	1980,0	1978,2
7,5	1522,2	1570,5	1563,9	1580,1	1579,7
10	1147,4	1143,5	1146,7	1145,5	1147,6
12,5	824,8	800,9	808,7	795,3	797,2
15	592,6	565,3	570,0	558,3	558,0
17,5	404,4	412,5	411,8	407,8	405,6
20	289,8	313,8	309,0	312,4	309,1
22,5	223,4	248,7	241,8	250,1	246,5
25	178,2	204,4	197,3	207,5	204,6
27,5	151,9	173,2	167,0	177,2	175,2
30	137,6	150,5	146,0	154,5	153,9
32,5	128	133,4	130,9	136,9	137,8
35	119,9	120,0	119,8	122,7	125,0
37,5	113,9	109,3	111,3	110,9	114,5
40	109	100,3	104,5	100,9	105,5
42,5	104,4	92,5	98,7	92,1	97,6
45	101,1	85,7	93,6	84,4	90,4
47,5	97,2	79,5	88,6	77,4	83,6
50	93,8	73,8	83,6	71,2	77,3
52,5	90	68,3	78,3	65,5	71,1
55	85,5	63,2	72,6	60,3	65,2
57,5	81,5	58,3	66,4	55,6	59,5
60	75,9	53,5	59,7	51,2	54,0
62,5	65,3	48,9	52,5	47,2	48,6
65	46,9	44,5	45,1	43,5	43,5
67,5	28,2	40,3	37,6	40,2	38,6
70	14,7	36,3	30,4	37,0	34,0
72,5	7,1	32,6	23,7	34,2	29,7
75	3,5	29,0	17,9	31,5	25,7
77,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata					
		23,324	17,388	26,796	24,349
Korelasyon kats.					
		0,999382	0,999656	0,999184	0,999326

Tablo D.3 28⁰lık armatür için 5⁰ aralıklı nöral program tahminleri

28 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	1392,8	1381,6	1382,4	1378,0	1379,2
2,5	1378,2	1361,0	1361,6	1357,4	1358,0
5	1310,8	1309,3	1308,9	1307,5	1306,6
7,5	1186,7	1200,3	1198,9	1201,7	1199,6
10	1015,8	1022,5	1021,7	1024,9	1024,2
12,5	803,5	806,9	808,1	807,1	809,1
15	617,3	607,5	609,4	605,6	608,2
17,5	450,3	454,6	455,4	452,8	453,6
20	342,2	348,1	347,2	347,7	346,1
22,5	275,1	276,0	273,8	276,9	273,8
25	224,4	226,5	223,9	228,2	224,7
27,5	186,5	191,4	189,0	193,1	190,3
30	160,8	164,9	163,5	166,1	164,8
32,5	140,3	143,6	143,7	144,0	144,7
35	122,9	125,3	127,1	124,8	127,6
37,5	111,7	108,7	112,1	107,4	111,9
40	104,2	92,9	97,3	91,2	96,5
42,5	89,8	77,6	82,1	75,9	81,0
45	71,7	63,1	66,3	61,7	65,4
47,5	51,1	49,5	50,5	48,8	50,0
50	31,5	37,3	35,7	37,4	35,7
52,5	17,8	27,1	23,1	27,7	23,7
55	8,2	18,9	13,7	20,0	14,5
57,5	3,6	12,8	7,4	14,0	8,3
60	1,6	8,4	3,8	9,6	4,5
62,5	0	5,5	1,9	6,5	2,4
65	0	3,6	1,0	4,4	1,3
67,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
70	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata					
		7,812	6,045	9,139	7,121
Korelasyon kats.					
		0,999858	0,999915	0,999806	0,999882

Tablo D.4 36⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı nöral program tahminleri

36 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	854	848,6	850,2	847,6	849,3
2,5	844,8	837,5	839,9	836,5	838,7
5	815,7	810,7	812,4	810,3	811,9
7,5	755,9	759,8	759,5	760,5	760,1
10	679,2	685,6	683,9	686,6	684,7
12,5	599,5	599,9	598,7	600,1	598,7
15	521,9	516,6	516,9	515,9	516,2
17,5	440,3	444,0	445,2	442,9	444,6
20	381,5	383,7	385,1	383,0	384,9
22,5	335	334,4	335,2	334,3	335,5
25	295	293,7	293,6	294,2	294,3
27,5	259,1	259,4	258,6	260,2	259,2
30	228,6	229,8	228,5	230,7	229,0
32,5	203,3	203,6	202,3	204,3	202,4
35	179,5	180,1	179,0	180,5	170,8
37,5	156,1	158,5	158,0	158,6	157,5
40	135,8	138,6	138,7	138,3	138,1
42,5	119,1	120,1	120,8	119,7	120,4
45	105,9	103,1	104,3	102,5	104,0
47,5	91,1	87,4	88,8	86,9	88,8
50	75,7	73,1	74,6	72,7	74,8
52,5	63,5	60,3	61,5	60,1	61,9
55	50,1	49,0	49,8	48,9	50,2
57,5	39,3	39,3	39,4	39,3	39,8
60	30,4	30,9	30,5	31,0	30,7
62,5	23,1	24,0	23,1	24,2	23,1
65	16,4	18,4	17,1	18,5	16,8
67,5	10,6	13,9	12,4	14,0	12,0
70	7,1	10,4	8,8	10,5	8,4
72,5	5,5	7,7	6,1	7,8	5,7
75	4,8	5,6	4,2	5,7	3,8
77,5	0	4,1	2,8	4,1	2,6
80	0	3,0	1,9	3,1	1,7
Standart Hata					
		3,110	2,450	3,447	3,046
Korelasyon kats.					
		0,999936	0,999960	0,999922	0,999939

Tablo D.5 42⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı nöral program tahminleri

42 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	1438,9	1426,8	1430,3	1428,0	1429,8
2,5	1429,7	1411,9	1416,6	1413,7	1416,3
5	1387,1	1382,9	1387,4	1385,0	1387,6
7,5	1331,5	1333,1	1335,2	1334,5	1335,9
10	1251,9	1258,3	1256,8	1258,1	1257,5
12,5	1153,7	1159,3	1155,5	1157,5	1155,4
15	1046,3	1041,4	1038,1	1039,4	1037,4
17,5	907,5	911,9	911,3	911,1	910,6
20	770,4	777,2	779,4	778,1	779,3
22,5	642,6	642,0	645,2	643,9	645,8
25	518,5	510,4	512,3	512,0	513,2
27,5	388,9	387,1	386,6	387,2	387,0
30	274,1	277,7	275,3	276,3	274,9
32,5	179,1	187,2	184,7	185,5	183,9
35	114,8	118,7	117,5	117,6	116,9
37,5	70,7	71,2	71,9	71,4	71,7
40	44,4	40,9	43,1	42,3	43,4
42,5	28	23,0	25,8	25,0	26,5
45	18,3	12,9	15,8	15,0	16,6
47,5	11,3	7,4	10,1	9,3	10,8
50	7,4	4,4	6,7	6,0	7,4
52,5	5,4	2,7	4,7	4,1	5,3
55	4,3	1,8	3,5	2,9	4,0
57,5	3,5	1,3	2,7	2,2	3,1
60	3	0,9	2,2	1,7	2,5
62,5	0	0,7	1,9	1,4	2,1
65	0	0,6	1,6	1,1	1,8
67,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
70	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata					
		5,846	4,573	5,100	4,594
Korelasyon kats.					
		0,999941	0,999964	0,999955	0,999964

Tablo D.6 57⁰lik armatür için 5⁰ aralıklı nöral program tahminleri

57 Derecelik Armatür					
Açı	Gerçek	1g(100.000)	1g(300.000)	2g(100.000)	2g(300.000)
0	618,5	617,4	616,7	617,5	617,5
2,5	613,2	616,2	615,4	616,3	616,4
5	607,3	613,5	612,7	613,5	613,9
7,5	602,9	607,5	606,8	607,3	607,9
10	594,3	594,9	594,7	594,5	595,4
12,5	575	572,1	572,5	571,6	572,4
15	541,1	537,3	537,9	537,1	537,3
17,5	497,8	493,1	493,3	493,3	492,8
20	442,7	445,3	445,0	445,7	445,0
22,5	398,6	399,3	398,8	399,7	399,3
25	356,8	358,2	357,9	358,4	358,4
27,5	322,1	322,6	322,6	322,4	322,9
30	292,5	291,7	291,9	291,3	291,9
32,5	266,8	264,3	264,6	263,8	264,4
35	243,8	239,4	239,7	239,0	239,3
37,5	220,1	216,2	216,3	216,0	215,9
40	192,6	194,0	193,9	194,0	193,7
42,5	169,9	172,5	172,3	172,8	172,2
45	148,2	151,5	151,3	152,0	151,3
47,5	128,2	131,2	131,0	131,7	131,2
50	109,9	111,7	111,6	112,0	111,9
52,5	92,2	93,2	93,3	93,4	93,6
55	78,3	76,1	76,4	76,1	76,6
57,5	64,6	60,7	61,0	60,4	61,1
60	51,7	47,1	47,5	46,8	47,5
62,5	38,7	35,6	35,9	35,3	35,8
65	26,2	26,3	26,3	26,0	26,2
67,5	15,8	18,9	18,7	18,7	18,5
70	8,5	13,2	12,8	13,2	12,7
72,5	4,8	9,1	8,5	9,2	8,5
75	3,4	6,2	5,5	6,3	5,5
77,5	3	4,1	3,5	4,3	3,5
80	2,6	2,8	2,2	3,0	2,2
82,5	0	1,9	1,3	2,1	1,4
85	0	1,3	0,8	1,5	0,9
87,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Standart Hata		2,992	2,676	3,132	2,916
Korelasyon kats.		0,999909	0,999927	0,999900	0,999913

ÖZGEÇMİŞ

8 Nisan 1974 yılında İstanbul'da doğdu. Eğitimine Ulugazi İlkokulu'nda başladı. Ortaokul ve liseyi Özel Kocaeli Koleji'nde okudu. 1992 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümüne girdi. 1996 yılında mezun oldu. 1996 yılı Ekim ayında Elektrik Mühendisliği Yüksek Lisans Programına girmiştir.

