

# Klonal Seçim Algoritması ile Kompakt Flüoresan Lambalarda Elektrik ve Manyetik Alan İncelenmesi

İlhan KOŞALAY<sup>1\*</sup>  Yeliz TANIŞ<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

## Makale Bilgisi

## ÖZET

**Geliş Tarihi:** 27.02.2024  
**Kabul Tarihi:** 17.04.2024  
**Yayın Tarihi:** 31.08.2024

### Anahtar Kelimeler:

Klonal Seçim Algoritması,  
Kompakt Floresan,  
En Küçük Kareler Yöntemi.

Çalışmada, laboratuvar koşullarında oluşturulan bir deney ortamında dikey y eksenı boyunca 10'ar cm'lik aralıklarla belirli noktalarda kompakt floresan lambaların elektrik alan (EA) ve manyetik alan (MA) ölçümleri yapılmış ve 50-900 MHz frekans aralığında Kompakt flüoresan lambaların (KFL) davranışları incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre, KFL'lerden yayılan radyo frekanslı elektromanyetik alanın insan sağlığına olan etkisi ICNIRP standartlarına göre karşılaştırılmış ve ICNIRP'nin belirlediği maruziyet sınırlarının çok altında olduğu görülmüştür. Deneylerde elde edilen veriler, Yapay Bağışıklık Sistemi'nin bir dalı olan Klonal Seçim Algoritması'nda (KSA) kullanılmış ve ölçüm yapılmayan noktalardaki EA ve MA değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Algoritma sonucu elde edilen tahmini verilerin doğruluğu, En Küçük Kareler Yöntemi'ni baz alan farklı bir hata mekanizması aracılığıyla incelenmiş ve kullanılan yöntemin doğruluğunu ispatlamak için sağlanması yapılmıştır. KSA kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda memnun edici sonuçlara ulaşılmıştır.

## Examination of Electric & Magnetic Field in Compact Fluorescent via Clonal Selection Algorithm

## Article Info

## ABSTRACT

**Received:** 27.02.2024  
**Accepted:** 17.04.2024  
**Published:** 31.08.2024

### Keywords:

Clonal Selection Algorithm,  
Compact Fluorescence,  
Least Squares Method.

In this study, the measurements of electric field (EF) and magnetic field (MF) emitted by compact fluorescent lamps (CFLs) are performed in 11 measurement points with 10 cm intervals through y axis to examine treatment of CFLs for 50-900 MHz in an anechoic chamber. According to the results of the experiments, the effect of radio frequency (RF) electromagnetic field (EMF) emitted by CFLs on human health was compared to ICNIRP (1998) standards and it was observed that the results of experiments are below the exposure limit values determined by ICNIRP. Empirical data are used in the Clonal Selection Algorithm (CSA), a branch of the Artificial Immune System, as input data and the values of EA and MA at the points not measured are estimated. The accuracy of the estimated data obtained as a result of the CSA is verified by a new error mechanism based on the Least Squares Method (LSM) and valid of this method is also checked. The calculation of CSA shows satisfactory results.

### To cite this article:

Koşalay, İ. & Tanış, Y. (2024). Klonal Seçim Algoritması ile Kompakt Flüoresan Lambalarda Elektrik ve Manyetik Alan İncelenmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 237-254. <https://doi.org/10.47112/neufmbd.2024.46>

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İlhan Koşalay, [ikosalay@ankara.edu.tr](mailto:ikosalay@ankara.edu.tr)



## GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapay elektromanyetik alan günlük hayatta kullandığımız elektronik cihazlarla hayatımıza girmiştir. Elektromanyetik alan çevreye ve insan sağlığına etkileri açısından incelendiğinde iyonize olan elektromanyetik alan ve iyonize olmayan elektromanyetik alan olarak ikiye ayrılır. İyonize olmayan elektromanyetik alan ICNIRP (1998) tanımına göre; elektromanyetik yelpaze aralığında maddede iyonlaşma açısından yetersiz enerjili tüm ışımaya ve alanlar olarak gösterilmiştir. İyonlaştırıcı etkisi mevcut olmayan ışımada, foton başına düşen enerji; 12 eV' dan daha aşağıda, dalga boyu 100 nm' den daha yüksek seviyede ve frekansı  $3 \times 10^{15}$  Hz' den daha düşüktür.

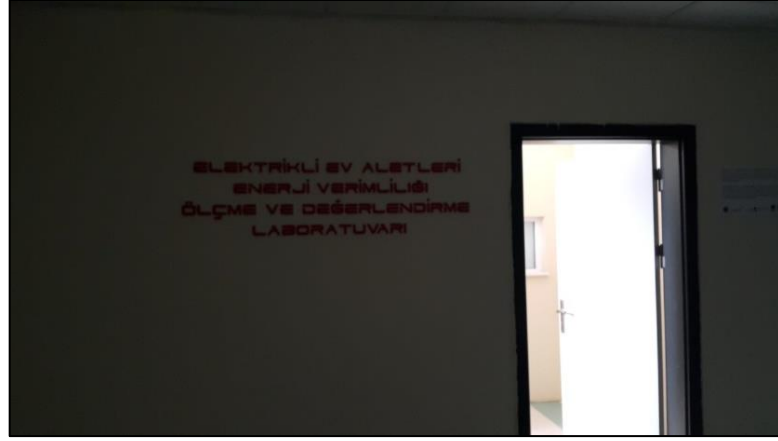
Günlük hayatımızda kullandığımız elektronik cihazlardan biri olan kompakt flüoresan lambalar (KFL)'da iyonize olmayan radyasyon yayan cihazlardandır ve süper düşük frekans (SLF) - çok yüksek frekans (VHF) aralığında elektromanyetik alan yaymaktadır. KFL'lerden yayılan elektrik alan ve manyetik alanla ilgili pek çok deneysel çalışma yapılmış olsa da şimdiye kadar yapılan çalışmalar içerisinde çok yüksek frekans (VHF) - ultra yüksek frekans (UHF) bandı arasında KFL'lerden yayılan elektromanyetik alanla ilgili bir çalışma bulunmamaktadır. Bu kapsamda daha önce yapılan önemli deneysel çalışmalar incelenerek; 50-900 MHz aralığında KFL'lerden yayılan elektrik alan ve manyetik alanın ölçümü yapılarak sonuçlar incelenmiştir. Deneyler dışarıdan sinyal geçirmeyen, anechoic, bir ortamda, 50-300 MHz, 300-600 MHz, 601-900 MHz frekans aralığında, Aaronia firmasının, HF-6060 V4 tipi, 10 MHz- 6 Ghz frekans aralığında ölçüm yapan ölçüm cihazı ile yapılmış, deneyde 8, 15, 30, 50 ve 73 W değerinde KFL'ler kullanılmıştır. Ölçümler düşey ekseninde, lambadan itibaren 10'ar cm aralıklarla 11 noktada yapılmıştır. Makale kapsamında 73 W değerindeki KFL' de yapılan elektrik alan ve manyetik alan ölçümleri göz önünde bulundurulmuştur.

KFL'lerden elde edilen deneysel veriler sezgisel bir optimizasyon yöntemi olan Yapay Bağışıklık Sistemi (YBS) 'nin bir parçası olan Klonal Seçim Algoritması (KSA)'nda kullanılarak, deneyde ölçüm yapılmayan noktalardaki değerler tahmin edilmiştir. Tahminler en küçük kareler yöntemi kullanarak ölçüm değerleri ile karşılaştırılmış ve kayda değer hata miktarları elde edilmiştir. Simülasyonlar, MATLAB ve Simulink ortamında gerçekleştirilmiştir [1].

## MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

### İlk Veri Toplama Aracı

Kompakt flüoresan lambaların elektrik alan ve manyetik alan ölçümleri Ankara Üniversitesi Gölbaşı Kampüsü'nde bulunan Elektrikli Ev Aletleri Ölçme ve Değerlendirme Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan oda, dışarıdan elektromanyetik alan geçirmeyen (anechoic chamber) bir laboratuvardır bu sebeple; deneyde kullanılan kompakt flüoresan lambalardan yayılan ışınım haricinde ölçüm üzerinde söz sahibi herhangi ışımaya kaynağı bulunmamaktadır. Şekil 1'de deneylerin yapıldığı laboratuvarın girişi görülmektedir. Deneyde kullanılan kompakt flüoresan lambalar Şekil 2'de gösterilmiştir. Düzenlenen deneyin nihai düzeneği ise Şekil 3'teki gibidir.



**Şekil 1**  
Deneyin Yapıldığı Yer



Güç Değeri	8W	15W	30W	50W	73W
Marka	Zenit	CVS	Star	Philips	Philips

**Şekil 2**  
Deneyde Kullanılan Kompakt Flüoresan Lambalar

İncelenen çalışmalarda, deneyler 100 MHz frekans düzeyine kadar elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamındaki deneyler ise 50 MHz' den başlatılmıştır. Deneyde farklı markaların farklı tip ve güç değerlerindeki kompakt flüoresan lambalarının, 50-300 MHz, 301-600 MHz ve 601-900 MHz frekans aralıklarında, lambanın bulunduğu yükseklikten itibaren 10 santimetre aralıklarla 11 noktada elektrik alan ve manyetik alan ölçümü yapılmıştır. Ölçümü yapılan kompakt flüoresan lambalar 8, 15, 30, 50 ve 73 W güç değerindedir ve manyetik alan düzeyini ifade etmek için mA/m, elektrik alan değişim düzeyi için ise V/m birimleri kullanılmıştır. Ölçümlerin doğruluğunun kontrolü için her ölçüm 5 kere tekrarlanmıştır.

50-900 MHz frekans aralığında yapılan deneylerde, kaynaktan uzaklaşılmasına rağmen, ölçümü yapılan değerler incelendiğinde, aralarında belirgin büyük bir fark görülmemiştir ve kaynağa olan uzaklık arttıkça, ölçülen değerlerde önem arz eden, belirli bir azalma olmamıştır. Üç farklı frekans aralığında yapılan ölçümler incelendiğinde, beklenildiği gibi frekans arttıkça elektrik alan ve manyetik alan değerleri net bir şekilde azalıp artmamakta, değişkenlik göstermektedir. Ancak, değişen değerler arasında belirgin farklar bulunmamaktadır.



**Şekil 2**  
*Deney Düzeneği*

Deneyde ölçüm aleti olarak Aaronia firmasının HF 6060 V4 olarak tanınan elektromanyetik ölçüm aleti kullanılmıştır. Bu ölçüm aleti, 10 Mhz ile 6 Ghz frekans aralığında ölçüm yapmaktadır. Cihaz şekil 4’te verilmiş olup cihazların bazı özelliklerini Tablo 1’de gösterilmektedir. 73 W kompakt flüoresan lamba için 50-300, 301-600 ve 601-900 MHz frekans aralıkları için yapılan ölçümler Tablo 2 ve Tablo 3’te verilmiştir.



**Şekil 4**  
*Deneyde Kullanılan Elektriksel Ölçüm Cihazı*

**Tablo 1**  
*Cihazların Bazı Önemli Teknik Özellikleri*

Özellikleri	HF-6060
Frekans aralığı	10 MHz- 6 Ghz
Elektrik alan ölçüm birimleri	V/m
Manyetik alan ölçüm birimleri	A/m
Ayarlanabilir frekans aralığı	var
RBW (çözünürlük bant genişliği)	10 kHz- 50 MHz
Dedektör	RMS/ en düşük, en yüksek
Elektrik alan ölçüm birimleri	V/m

**Tablo 2**  
*73 W Kompakt Flüoresan Lambanın Elektrik Alanı*

Ölçüm aralıkları (y)	50-300 MHz	301-600 MHz	601-900 MHz
	Ölçülen değer (V/m) ve ölçüm frekansları	Ölçülen değer (V/m) ve ölçüm frekansları	Ölçülen değer(V/m) ve ölçüm frekansları
0 cm	0,118 (60-100-140 MHz)	0,159 (340-380-420 MHz)	0,160 (800-860-900 MHz)
10 cm	0,115 (60-86-140 MHz)	0,152 (340-380-420MHz)	0,161 (800-860-900MHz)
20 cm	0,121 (50,8-86-200 MHz)	0,152 (340-380-420 MHz)	0,168 (800-860-900 MHz)
30 cm	0,111 (56,5-100,1-200MHz)	0,156 (340-380-420 MHz)	0,167 (800-860-900 MHz)
40 cm	0,109 (51,8-80-200 MHz)	0,158 (340-380-420 MHz)	0,168 (800-860-900 MHz)
50 cm	0,113 (56,9-100-200 MHz)	0,155 (340-380-420 MHz)	0,171 (800-860-900 MHz)
60 cm	0,118 (57,2-100-200 MHz)	0,161 (340-380-420 MHz)	0,168 (800-860-900 MHz)
70 cm	0,103 (50,4-80-200 MHz)	0,159 (340-380-420 MHz)	0,168 (800-860-900 MHz)
80 cm	0,107 (55,1100,1-300 MHz)	0,154 (340-380-420 MHz)	0,155 (800-860-900 MHz)
90 cm	0,096 (60-100,1-300 MHz)	0,151 (340-380-420 MHz)	0,150 (800-860-900 MHz)
100 cm	0,104 (60-100-300 MHz)	0,152 (340-380-420 MHz)	0,156 (800-860-900 MHz)

**Tablo 3**

73 W Kompakt Flüoresan Lambanın Manyetik Alanı

Ölçüm aralıkları (y)	50-300 MHz	301-600 MHz	601-900 MHz
	Ölçülen değer (mA/m) ve ölçüm frekansları	Ölçülen değer (mA/m) ve ölçüm frekansları	Ölçülen değer (mA/m) ve ölçüm frekansları
0 cm	0,470 (56,1-100-300 MHz))	0,491 (380-420-460MHz)	0,334 (800-860-900MHz)
10 cm	0,412 (58,5-100-200 MHz)	0,372 (340-380-460MHz)	0,339 (800-860-900MHz)
20 cm	0,395 (55-80- 100 MHz)	0,413 (340-380-460 MHz)	0,334 (800-860-900 MHz)
30 cm	0,379 (57,4-100-200 MHz)	0,398 (340-380-460 MHz)	0,318 (800-860-900 MHz)
40 cm	0,256 (60-100- 140 MHz)	0,396 (340-380-460 MHz)	0,313 (800-860-900 MHz)
50 cm	0,240 (60-86- 300 MHz)	0,382 (340-380-460 MHz)	0,334 (800-860-900 MHz)
60 cm	0,210 ( 60-100- 300 MHz)	0,419 (380-420-460 MHz)	0,332 (800-860-900 MHz)
70 cm	0,205 (54,2-80- 140 MHz)	0,409 (380-420-460 MHz)	0,330 (800-860-900 MHz)
80 cm	0,20 (60-86,7- 300 MHz)	0,352 (340-380-460 MHz)	0,323 (800-860-900 MHz)
90 cm	0,187 (57,8-100-200 MHz))	0,390 (380-420-460 MHz)	0,321 (800-860-900 MHz)
100 cm	0,183 (60-200- 280 MHz)	0,382 (380-420-460 MHz)	0,314 (800-860-900 MHz)

KFL'lerin radyo frekanslı elektromanyetik alanlarının insan sağlığına etkisi açısından değerlendirildiğinde, ICNIRP (1998) 'nin raporunda göre mesleki ve genel kamu maruziyeti sınırları ile karşılaştırıldığında 10-2000 MHz frekans aralığında verilen sınırlamalar elektrik alan maruziyeti sırasıyla, 61-137 V/m ve 28-61 V/m olarak belirlenirken, manyetik alan için 0.16-0.36 A/m ve 0.037-0.16 A/m olarak belirtilmiştir. Tablo 2 ve Tablo 3'de görüldüğü gibi elektrik alan ve manyetik alan değerleri, maruziyet sınırlarının oldukça altındadır.

### Yapay Bağışıklık Sistemi

Tabiatta var olan sistemlerden ve olaylardan esinlenilerek oluşturulan optimizasyon yöntemlerine sezgisel yöntem adı verilmektedir. Yapay bağışıklık sistemi (YBS) de insan bağışıklık sisteminden esinlenilerek oluşturulmuş bir sezgisel yöntemdir ve içeriğinde birden çok algoritma barındırmaktadır [2]. Bağışıklık algoritmaları, farklı farklı algoritmalarından oluşmaktadır. Yapay bağışıklık sistemi; negatif seçim algoritması, klonal seçim algoritması, bağışık ağılar algoritmaları ve dendritik hücre algoritması gibi farklı algoritmaları içermektedir [3,4,5]. Çalışma kapsamında, optimizasyon konusunda sıklıkla kullanılan ve güncelliğini koruyan Klonal Seçim Algoritması kullanılmıştır.

### ***Klonal Seçim Algoritması***

Klon Seçim algoritması, antijenik bir uyarı olduğunda, bu uyarıya karşılık olarak gelişen bağışıklık tepkisinin temel özelliklerini tanımlamaktadır. Bağışıklık sisteminde antijeni tanımayan hücreler yok edilirken (herhangi bir yabancı molekülü veya kendi molekülünü tanıyan), antijeni tanıyan hücreler çoğalır ve bağışıklık sistemine dâhil edilir [3,4,5].

Bir antijen tespit edildiğinde, antijenle uyumu en iyi olan B-hücreleri uyarılır. B-hücreleri uyarılıp klonlanarak çoğalır ve antikor salgılayan plazma hücrelerine dönüşür. B-hücreleri mitoz bölünme ile klonlanarak çoğalır ve kopya hücreler oluşur. Antijeni çok tanıyan hücreler, az tanıyan hücrelerden daha fazla çoğalırlar. Klonlanan hücreler somatik hipermutasyonla değişime uğrar. Hipermutasyon işlemi ile oluşan yeni hücreler antijene daha çok uyum sağlar. B-hücreleri çoğalma ve/veya plazma hücrelerine dönüşmeleri dışında bağışıklık sisteminde uzun süre kalabilen hafıza hücrelerine de dönüşürler. Uyarılmamış veya antijeni az tanıyan B-hücreleri ölür ve yerlerine yeni hücreler gelir. Sonuçta bağışıklık sistemi antijeni en iyi tanıyıp, antijeni yok eden hücreleri geliştirmiş olur. Klonlama ve mutasyon işlemlerine klonal seçme prensibi adı verilir [3,4,5].

Klonal seçim algoritması, ağırlıklı olarak şekil tanıma ve optimizasyon konularında kullanılmaktadır. Çalışma klonal seçim algoritması kullanarak deneysel verilerden, ölçüm yapılmayan noktalardaki değerlerin tahminini amaçlayan bir optimizasyon probleminin çözümünü amaçlamıştır. Çalışmada, literatürde oluşturulan algoritma baz alınmış ve yeni algoritma adımları oluşturulmuştur [6,7]. Klonal seçim algoritması kullanılarak yapılan önemli birkaç çalışmadan faydalanılmıştır [8-11]. Ayrıca, algoritma sonucu elde edilen radyasyonların değerlendirilmesi amacıyla bazı rehber çalışmalar incelenmiş [12,13], devamında kompakt flüoresan ve yapay bağışıklık algoritmaları özelinde bazı yayınlardan faydalanılmıştır [14-21]. Bu çalışmanın ilerleyen zamanlarda, 2 boyutlu verilerden 3 boyutlu ölçüleri elde edebilen yöntemlerle [22], daha da ileri bir düzeye taşınması mümkün olabilir. Farklı optimizasyon algoritmaları kullanılarak, konu kümeleme problemine uygulanabilir ve bu yolla edilen sonuçlar geleneksel kümeleme yöntemleri ile karşılaştırılabilir [23]. Bu çalışmanın verileri ile, son yıllarda kullanımı artan derin öğrenme teknikleri [24] sayesinde sağlıklı tahminler yapılmasının olası olduğu değerlendirilmektedir. Son yıllarda lambaların yaydığı elektromanyetik alanlar ve bununla ilişkili konularda öne çıkan farklı bazı çalışmalar da gözlenmektedir; KFL'ler için elektromanyetik uyumluluk değerlendirmeleri [25, 26], lambaların elektromanyetik gürültü üzerindeki etkisi [27], kampuşlerde LED aydınlatma ve iç aydınlatmada lambalar [28, 29], oluşan manyetik alana bağlı aydınlatmada optimizasyon yapılması [30], KFL dahil lambaların radyasyon karakteristikleri [31] ve lambaların enerji verimliliği üzerindeki [32] gibi çalışmalar bunlara örnek olarak verilebilir.

Çalışmada kullanılan algoritma Şekil 5 'de gösterilmiştir.

“Şekil 5 üzerinde;

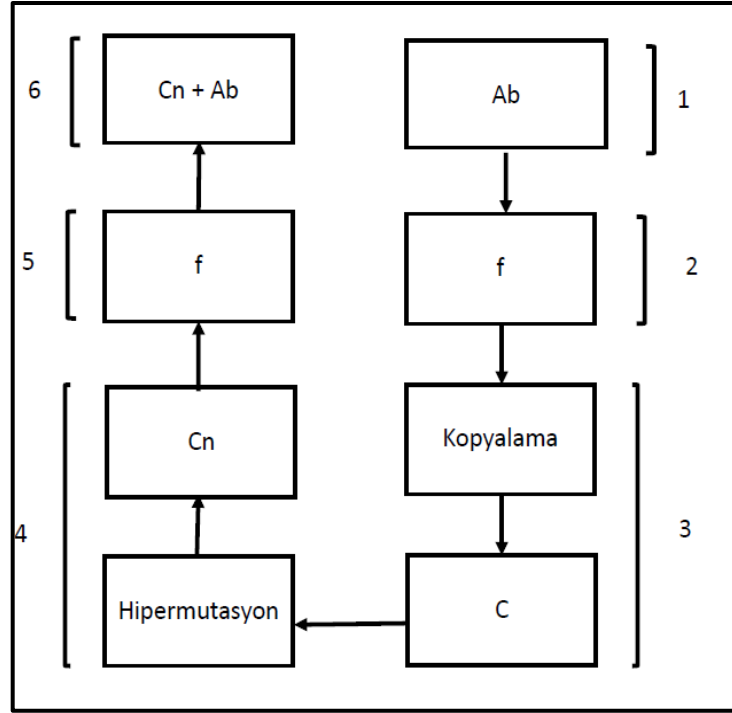
Ab: giriş verilerinden oluşan antikor kümesini

F: optimize edilecek bir amaç fonksiyonu

C: Elde edilen yavru hücrelerden (klonlardan) oluşan C klon kümesi

Cn: olgunlaşmış klonların oluşturulduğu, mutasyona uğramış klonlar kümesi

Cn + Ab: en yüksek benzerlik oranına sahip antikorun, ilk antikor kümesine eklenmesiyle oluşan yeni veri kümesini belirtmektedir.”



**Şekil 5**  
Klonal Seçim Algoritması [9]

### BULGULAR (RESULTS)

Yapılan n adet ölçümle, elde edilen sonuçların tamamını kapsayan birden çok eğri çizilebilir. Bu eğrilerin tespitinde en küçük kareler yöntemi (EKKY) uygulanmıştır. Böylece tahmini eğri ile ölçüm değerleri ile oluşturulan eğriler arasındaki fark en aza indirilir. Burada amaç, ölçüm sonuçlarına en yakın eğriyi, en az hata ile çizebilmektir.

$$OKH = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \hat{y} - y_k^2 \quad (1)$$

$$KOKH = \sqrt{OKH} \quad (2)$$

$y_k$  : ölçüm değeri

$\hat{y}$  : hesaplanan değer

N : antikor sayısı

OKH : ortalama karesel hata

KOKH : ortalama karesel hatanın kökü

Yukarıdaki eşitlik 1 ve 2 genel olarak verilmiş olup; probleme özgü işlem basamakları aşağıdaki gibidir:

Daha öncede tanımlandığı gibi;



$Ab(x, y)$  : elektrik alan/ manyetik alan ve ölçüm noktalarından oluşan ikili antikor kümesini oluşturmaktadır.

Hata analizini detaylı anlatmak için;

$Ab(x)$  : ölçülen elektrik veya manyetik alan

$Ab(y)$  : ölçüm noktasının ışık kaynağından uzaklığı

$Ab_i^{'j}(x, y)$  : algoritma sonucu elde edilen yeni ikili antikor kümesi

$Ab_i^{'j}(x)$  : algoritma sonucu elde edilen elektrik veya manyetik alan

$Ab_i^{'j}(y)$  : algoritma sonucu elde edilen y değeri

$\hat{x}$  : EKKY ile hesaplanan elektrik veya manyetik alan

$\hat{y}$  : EKKY ile hesaplanan y değerini ifade etmektedir.

Hata analizini aşağıdaki gibi adım adım anlatılmıştır:

1-Deneysel veriler,  $Ab(x, y)$ , kullanılarak EKKY ile katsayılar belirlenmiştir.

2-Katsayılar  $Ab_i^{'j}(y)$  ile birlikte kullanılarak uydurulan eğride, eğri bize  $\hat{x}$  değerlerini vermektedir.

3-  $\hat{x}$  değerlerinden  $Ab_i^{'j}(x)$  değerleri çıkartılarak, EKKY ile hesaplanan ve algoritmada tahmin edilen değerlerin farkı bulunmuştur.

4- Bu işleme hata analizi yapılan veri setlerinin bütün elemanları dâhil edilmiştir, toplam farkların ortalamasının (eğer 11 elemanlı veri seti alınmışsa 11 elemanda dahil) karekökü bize hata miktarını vermektedir.

En küçük kareler yöntemi kullanılarak tahmini değerlerin; ağırlıkları gerçek veriler ile oluşturulmuş bir eğriyle göre kıyaslaması hata miktarını vermektedir. Hata miktarının az oluşu tahmini verilerin uydurulan eğriye olan yakınlığını, hata miktarının fazla oluşu; tahmini verilerin, uydurulan eğriden farklılığını göstermektedir.

Hata mekanizmasının doğru çalıştığını ispatlamak için 11 ve 8 elemanlı veri setlerinde aynı yöntem uygulanarak sağlanması yapılmıştır. Sağlama aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmiştir.

1-Tahmini veriler  $Ab_i^{'j}(x, y)$  kullanılarak EKKY ile katsayılar belirlenmiştir.

2-Katsayılar  $Ab(y)$  ile birlikte kullanılarak eğri uydurulmuş, eğri ile  $\hat{x}$  değerleri elde edilmiştir.

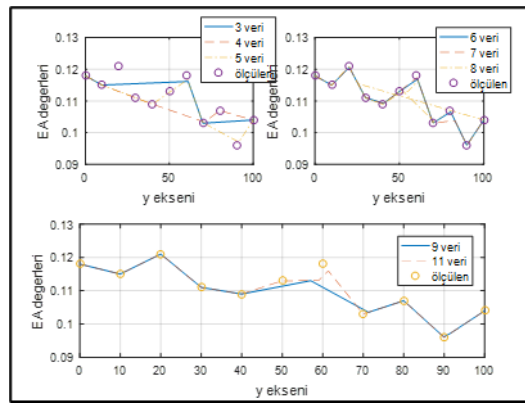
3-  $\hat{x}$  değerlerinden  $Ab(x)$  değerleri çıkartılarak, EKKY ile hesaplanan ve deneyde elde edilen değerlerin farkı alınmıştır.

4- Bu işlemde 11 ve 8 elemanlı veri setlerinde hata analizi yapılmış, toplam farkların ortalamasının

(11 elemanlı veri setindeki 11 elemanda dahildir) karekökü bize hata miktarını vermiştir.

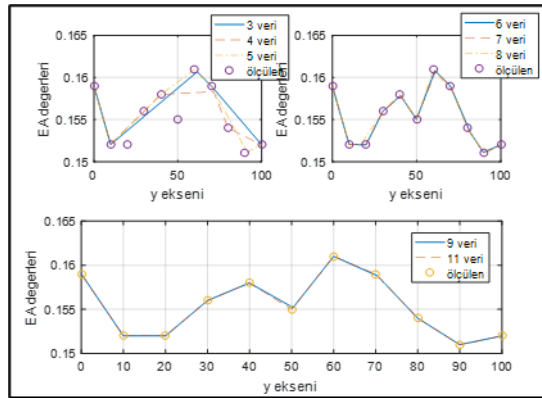
Sağlama yapılmasının nedeni algoritmada tahmin edilen değerlerden deneysel verilere ulaşmaya çalışıldığında; hata miktarının az olmasının, tahmini verilerin deneysel verilere yakınlığı hakkında bize bilgi vermesidir. Ağırlıkları tahmini sonuçlar ile oluşturulmuş bir eğrinin gerçek değerlere yakınlığı ölçülmektedir.

Hata oranının veri sayısına bağlı olduğu gözlemlenmiş ve deneysel veriler arttıkça hata miktarının azaldığını göstermek için 3,4,5,6,7,8,9 ve 11 elemanlı veri setleri oluşturulmuştur. Her veri seti için hesaplanan tahmini değerler excel dosyası olarak saklanmıştır. Tahmini değerlere ait grafikler Şekil 6-11 arasında, veri sayısının hata miktarına olan etkisini gösteren grafikler Şekil 12-17 arasında gösterilmektedir.



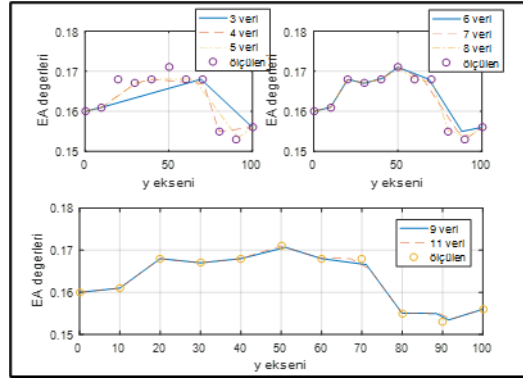
**Şekil 6**

73 W KFL için 50-300 MHz Frekans Aralığındaki Elektrik Alan Tahmini Sonuçları

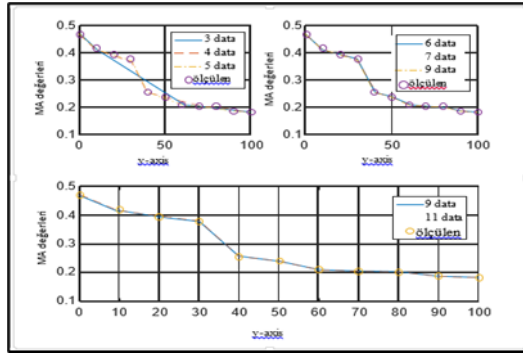


**Şekil 7**

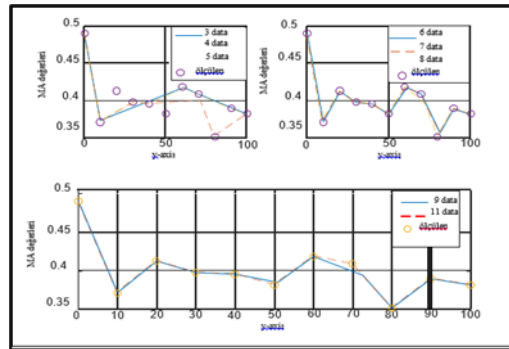
73 W KFL için 301-600 MHz Frekans Aralığındaki Elektrik Alan Tahmini Sonuçları



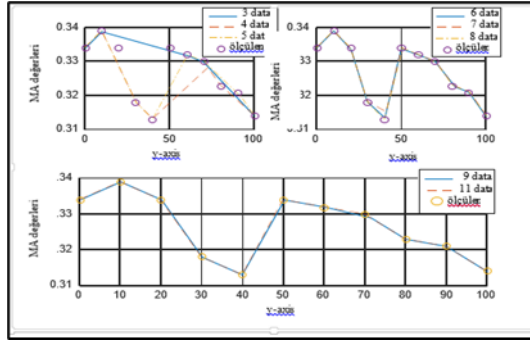
Şekil 8  
73 W KFL için 601-900 MHz Frekans Aralığındaki Elektrik Alan Tahmini Sonuçları



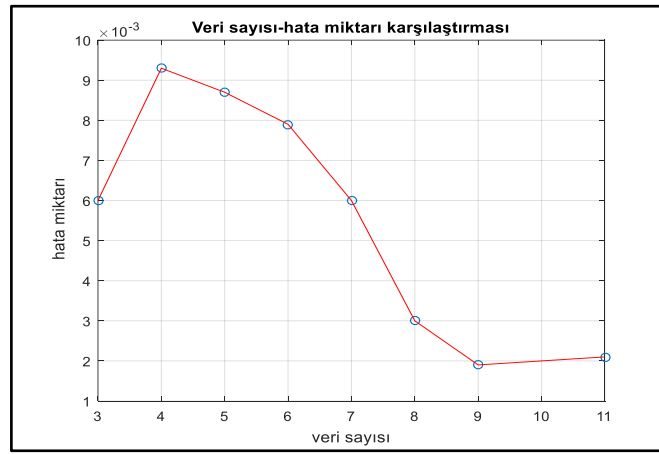
Şekil 9  
73 W KFL için 50-300 MHz Frekans Aralığındaki Manyetik Alan Tahmini Sonuçları



Şekil 10  
73 W KFL için 301-600 MHz Frekans Aralığındaki Manyetik Alan Tahmini Sonuçları



**Şekil 11**  
73 W KFL için 601-900 MHz Frekans Aralığındaki Manyetik Alan Tahmini



**Şekil 12**  
73 W KFL için 50-300 MHz Frekans Aralığındaki Elektrik Alan Veri Sayısı-Hata Miktarı Karşılaştırılması



**Şekil 13**  
73 W KFL için 301-600 MHz Frekans Aralığındaki Elektrik Alan Veri Sayısı-Hata Miktarı Karşılaştırılması



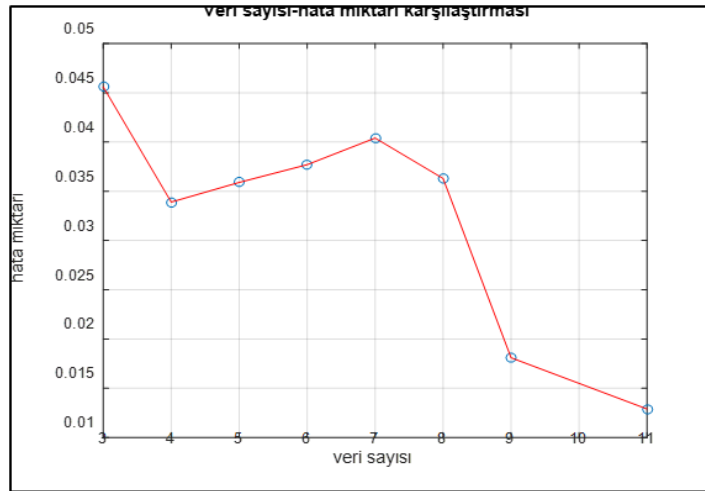
**Şekil 14**

73 W KFL için 601-900 MHz Frekans Aralığındaki Elektrik Alan Veri Sayısı-Hata Miktarı Karşılaştırılması



**Şekil 15**

73 W KFL için 50-300 MHz Frekans Aralığındaki Manyetik Alan Veri Sayısı-Hata Miktarı Karşılaştırılması



**Şekil 16**

73 W KFL için 301-600 MHz Frekans Aralığındaki Manyetik Alan Veri Sayısı-Hata Miktarı Karşılaştırılması

**Şekil 17**

73 W KFL için 601-900 MHz frekans aralığındaki manyetik alan veri sayısı-hata miktarı karşılaştırılması

73 W KFL'nin 50-300, 301-600 ve 601-900 MHz frekans aralıklarındaki elektrik alana ait tahmini sonuçların hata miktarları incelendiğinde; 3 veri ile yapılan hata hesaplamalarında hata miktarları frekans aralığı sırasına göre, 0.0060, 0.0040, 0.0050 çıkarken; 11 veri ile yapılan hesaplamalarda hata miktarları frekans aralığı sırasına göre, 0.0021, 0.0011, 0.0014 hesaplanmıştır. 73 W KFL'nin manyetik alana ait tahmini sonuçları incelendiğinde; 3 veri ile yapılan hata hesaplamalarında hata miktarları frekans aralığı sırasına göre; 0.1302, 0.0456, 0.0081; 11 veri ile yapılan hesaplamalarda frekans aralığı sırasına göre; 0.1160, 0.0129, 0.0055 olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan yöntemin doğruluğunu ispatlamak için 11 ve 8 elemanlı veri setlerinin sağlaması yapılmıştır. Hata mekanizmasının doğru çalıştığını gösteren çizelgeler; Tablo 4 ve 5'de gösterilmektedir.

**Tablo 4**

73 W KFL lambanın 50-300 MHz Frekans Aralığında Elektrik Alanı için 8 ve 11 Elemanlı Veri Setinin Sağlaması

y değeri	Deney sonucu elde edilen veriler	8 elemanlı veri seti ile elde edilen tahmini değerler	11 elemanlı veri seti ile elde edilen tahmini değerler
0	0.1180	0.1176	0.1198
10	0.1150	0.1164	0.1168
20	0.1210		0.1179
30	0.1110	0.1129	0.1134
40	0.1090		0.1098
50	0.1130	0.1090	0.1100
60	0.1180		0.1108
70	0.1030	0.1056	0.1077
80	0.1070	0.1039	0.1015
90	0.0960	0.1020	0.0992
100	0.1040	0.0998	0.1023

**Tablo 5**

73 W KFL lambanın 50-300 MHz Frekans Aralığında Manyetik Alanı için 8 ve 11 Elemanlı Veri Setinin Sağlaması

y değeri	Deney sonucunda elde edilen veriler	8 elemanlı veri seti ile elde edilen tahmini değerler	11 elemanlı veri seti ile elde edilen tahmini değerler
0	0.4700	0.4457	0.4522
10	0.4200	0.4135	0.4177
20	0.3950		0.3832
30	0.3790	0.3493	0.3487
40	0.2560		0.3141
50	0.2400	0.2850	0.2796
60	0.2100		0.2451
70	0.2050	0.2208	0.2106
80	0.2030	0.1886	0.1761
90	0.1870	0.1565	0.1415
100	0.1830	0.1244	0.1070

11 elemanlı kümede, sağlamada elektrik alan değerleri 0.0037 hata miktarı ile bulunmuştur. 8 elemanlı kümede yapılan sağlamada elektrik alan değerleri 0.0039 hata miktarı ile bulunmuştur.

11 elemanlı kümede, sağlamada manyetik alan değerleri 0.0323 hata miktarı ile bulunmuştur. 8 elemanlı kümede yapılan sağlamada manyetik alan değerleri 0.0383 hata miktarı ile bulunmuştur. Grafikleri fazlalığından dolayı sadece 50-300 MHz frekans aralığındaki ölçümlerin tabloları verilmiştir.

### TARTIŞMA VE SONUÇLAR (DISCUSSION AND CONCLUSIONS)

Çalışmada, belirtilen deney koşulları altında elektrik alan ve manyetik alan değerlerinin VHF – UHF bandı aralığındaki davranışları incelenmiştir. SLF-VHF aralığında ışık kaynağı ile ölçüm noktası arasındaki mesafe arttıkça EA ve MA değerlerinin azalırken, VHF – UHF bandı aralığında mesafeden bağımsız olarak frekans artsa da elektrik alan ve manyetik alan değerlerinin azalmadığı, frekansın artmasına rağmen alan değerlerin de artış olduğu gözlemlenmiştir. EA ve MA değerleri, belirgin bir şekilde mesafeye bağlı kalmaksızın azalıp artar ancak, değişimi tahmin edilemeyen bu değerler arasında belirgin farklar olmamaktadır.

Deney sonucu elde edilen verilerden yola çıkarak ölçümü yapılmayan noktaların tahmini değerleri Klonal Seçim Algoritması ile hesaplanmıştır. Klonal Seçim Algoritmasında işlem yapılan üç temel operatör; seçim, klonlama ve hipermutasyon operatörü, afinite değeri yüksek olan (benzerliği fazla) antikörlerin üretilmesini, hafıza hücresi olarak seçilmesini ve yeni mutasyonlar geliştirmede başarılı olmasını sağlamaktadır. Hafıza hücreleri sayesinde, araştırma uzayı daha detaylı incelenmektedir. Algoritmada kullanılan hipermutasyon operatörü; alt ve üst sınır olarak seçilen antikörleri işleme sokarak yeni antikörlerin üretilmesini ve popülasyonun çeşitliliğini sağlamıştır.

Elde edilen tahmini veriler, hesaplama yöntemi önceki bölümde anlatılmış olan en küçük kareler yöntemi ile incelenmiş ve tahmini verilerin gerçek verilere göre değerlendirilmiştir. Buna kapsamda başlangıç popülasyonundaki veri sayısı arttıkça hata miktarlarının azaldığı görülmektedir.

73 W KFL'nin 50-300, 301-600 ve 601-900 MHz frekans aralıklarındaki elektrik alanına ait tahmini sonuçların hata miktarları incelendiğinde; 3 veri ile yapılan hata hesaplamalarında hata miktarları frekans aralığı sırasına göre, 0.0060, 0.0040, 0.0050 çıkarken; 11 veri ile yapılan hesaplamalarda hata miktarları frekans aralığı sırasına göre, 0.0021, 0.0011, 0.0014 hesaplanmıştır. 73 W KFL'nin manyetik

alana ait tahmini sonuçları incelendiğinde; 3 veri ile yapılan hata hesaplamalarında hata miktarları frekans aralığı sırasına göre; 0.1302, 0.0456, 0.0081; 11 veri ile yapılan hesaplamalarda frekans aralığı sırasına göre; 0.1160. 0.0129, 0.0055 olarak hesaplanmıştır.

Grafikler ve hata hesaplamaları incelendiğinde, Klonal Seçim Algoritması kullanılarak başarılı bir yöntem izlenmiş, her noktada ölçüm yapmak yerine sadece belirli noktalarda ölçüm yaparak daha kısa sürede, fazla miktarda tahmini veri sağlanmıştır.

### **Etik Beyan (Ethical Declaration)**

Bu çalışma Prof. Dr. İlhan KOŞALAY danışmanlığında 13.06.2019 tarihinde tamamladığımız “Yapay Bağışıklık Sistemi Algoritması Kullanılarak Kompakt Flüoresan Lambaların Radyo Frekanslı Elektromanyetik Alanlarının İncelenmesi” başlıklı yüksek lisans tezi esas alınarak hazırlanmıştır (Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2019).

### **Yazar Katkıları (Authors Credits)**

Araştırma - Veri Analizi - Doğrulama (CRediT 3-4-6-11) İlhan KOŞALAY (%50) - Yeliz TANIŞ (%50)

Makalenin Yazımını (CRediT 12-13) İlhan KOŞALAY (%40) - Yeliz TANIŞ (%60)

Metnin Tashihi ve Geliştirilmesi (CRediT 14) İlhan KOŞALAY (%50) - Yeliz TANIŞ (%50)

### **Finansman (Funding)**

Çalışma herhangi bir kurum tarafından finanse edilmemiştir.

### **Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)**

Herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

### **Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG)**

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 8 İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme



## **KAYNAKÇA (REFERENCES)**

- [1] U. Arifoğlu, Matlab 7.14 Simulink ve Mühendislik Uygulamaları, *Alfa Basım Yayın Dağıtım San. Ve Tic. Ltd. Şti.* (2012).
- [2] B. Babayiğit, K. Güney, Klonal seçme algoritması kullanarak genlik ve faz kontrolü ile doğrusal anten dizi diyagramında sıfırların üretilmesi, *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Türkiye. (2006).
- [3] Bakos J, Nagy N, Juhász P, Thuróczy G, Spot measurements of intermediate frequency electric fields in the vicinity of compact fluorescent lamps, *Radiation protection dosimetry*. 142 no. 2-4 (2010), 354-357.
- [4] Costea, M., Băran, I., and Leonida, T, Different methods used to assess the radiated fields of economic lamps regarding human exposure, *9th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE) IEEE*. (2015), 331-336.
- [5] Van Den Bossche, M., Verloock, L., Aerts, S., Joseph, W., and Martens, L, In situ exposure assessment of intermediate frequency fields of diverse devices, *Radiation Protection Dosimetry*. 164(3) (2015), 252-264.
- [6] Coca, E., Popa, V., and Buta, G, Compact fluorescent lamps electromagnetic compatibility measurements and performance evaluation, *IEEE EUROCON-International Conference on Computer as a Tool*. (2011), 1-4.
- [7] M. Çunkaş, *Genetik Algoritmalar ve Uygulamaları Ders Notları*. Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Konya. (2006).
- [8] Dasgupta, D, Advances in artificial immune systems, *IEEE computational intelligence magazine*. 1(4) (2006), 40-49.
- [9] De Castro, L. N., and Von Zuben, F. J, The clonal selection algorithm with engineering applications, *In Proceedings of GECCO*. (2000), 36-39.
- [10] De Castro, L. N., and Von Zuben, F. J. Learning and optimization using the clonal selection principle, *IEEE transactions on evolutionary computation*. 6(3) (2002), 239-251.
- [11] Y. He and C. Jian, Clonal Selection Algorithm with Adaptive Mutation and Roulette Wheel Selection, *International Conference on Computational Intelligence and Security Workshops*. (2007), 93-96.
- [12] A. Iagar, G.N. Popa, and C.M. Dinis, Study of electromagnetic radiation produced by household equipment, *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. (2017).
- [13] McRobbie, D, Concerning guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (1 hz–100 khz), *Health physics*. 100(4) (2002), 442.
- [14] Greensmith, J., Whitbrook, A. and Aickelin, U, Artificial immune systems, *Handbook of Metaheuristics*. (2010), 421-448.
- [15] Karaboğa, D. Yapay Zekâ Optimizasyon Algoritmaları, *Nobelakademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.* (2014), 135-136.
- [16] Z. Kvasznicza and G. Elmer, Radio Frequency Emissions of Public Lighting Devices, *12th International Power Electronics and Motion Control Conference, Portoroz, Slovenia*. (2006), 340-1344.
- [17] T. Letertre, A. Azoulay, A. Destrez, and F. Gaudaire, Characterization of compact fluorescent lights RF emissions in the perspective of human exposure, *The International Symposium on Electromagnetic Compability*. (2009).
- [18] J. Nadakuduti, M. Douglas, M. Capstick, S. Kühn, and N. Kuster, Application of an induced field sensor for assessment of electromagnetic exposure from compact fluorescent lamps, *Bioelectromagnetics*. 33(2) (2012), 166-175.

- [19] O. Engin, A. Döyen, Artificial Immune Systems And Applications In Industrial Problems, Gazi University Journal of Science. 17(1) (2010), 71–84.
- [20] W. Zhang, J. Lin, H. Jing, and Q. Zhang, A Novel Hybrid Clonal Selection Algorithm with Combinatorial Recombination and Modified Hypermutation Operators for Global Optimization. *Comput Intell Neurosci.* (2016).
- [21] Manual Spectran V4. <https://www.aaronia.com/downloads>, ( erişim 21 Mart 2019).
- [22] N. G. Sengöz, F. Zeybek, Sharp Silhouettes for Obtaining 3D Body Measurements from 2D Images, *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering.* 5 (2) (2022), 8–25.
- [23] A. Pektaş, O. İnan, Ağaç Tohum Algoritmasının Kümeleme Problemlerine Uygulanması, *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering.* 4 (1) (2022), 1–10.
- [24] F. Özen, R. Ortaç Kabaoğlu, T. V. Mumcu, Deep Learning Based Temperature and Humidity Prediction, *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering.* 5 (2) 2023, 219–229.
- [25] F. Pop, C. Munteanu, A. Răcășan and S. Pruşu, The assessment of human exposure to radiated fields from different types of lighting, *International Conference on Modern Power Systems, Romania.* (2017), 1-6.
- [26] A. Acakpovi, A. Ogunsola, S. Fakhry, N. Y. Asabere, H. Mohammed and K. Arthur, Evaluation of Electromagnetic Compatibility of Compact Fluorescent Lamp (CFL), *International Conference on Communications, Signal Processing and Networks (ICCSNP), Ghana.* (2019), 1-8.
- [27] Róbert I, Influence of Modern Lamps Number on Electromagnetic Noise Emission, *International IEEE Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering.* (2019), 217-220.
- [28] E. Pajardo, A. Kinyua and D. H. Kang, A Sustainable Development Goal for a Campus: LED Vertical Illumination for a Classroom, *IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC), USA.* (2023), 26-32.
- [29] G. Iulian and G. Căralin-Daniel, Interior Lighting, a Challenge for Yesterday's and Today's Engineering, *International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), Romania.* (2023), 1-7.
- [30] T. Koerniawan, S. Yudho, G. Alviningsih, S. Ronaa, M. N. Qosim and D. Rusjdi, Optimization of Lighting Plan Based on Light Intensity and Magnetic Field Exposure for Residential Houses, *International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic), Indonesia.* (2023), 281-285.
- [31] S. Kumar and M. R. Kumar, Radiated Emission Characterization of LED, CFL & Incandescent Bulbs, *Joint Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility and International Conference on ElectroMagnetic Interference & Compatibility (APEMC/INCEMIC), India.* (2023), 1-3.
- [32] S. Manoharan, B. Mahalakshmi, N. Preetha and A. K, A Study on Various Types of Lamps used in Domestic Sector and their Impact on Energy Efficiency, *Second International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS), India.* (2023), 222-226.