



# Baskı Devre Kart Malzemesi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi

Ahmet Cihan<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9110-2368), [ahmetcihan@duzce.edu.tr](mailto:ahmetcihan@duzce.edu.tr)

(2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, March 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1083606)

**ATIF/REFERENCE:** Cihan, A. (2022). Baskı Devre Kart Malzemesi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 623-627.

## Öz

Elektronik bileşenleri bir arada tutan ve olması gereken bağlantıları sağlayan baskı devre kartları, günümüz elektronik sektörünün olmazsa olmaz bileşenlerinden birisidir. Elektronik devre tasarımcıları açısından kullanılacak kartın parametreleri, yüksek frekans devrelerinde devre tasarımını oldukça önemli biçimde etkilemektedir. Bu çalışmada, yapılacak bir baskı devre tasarımı için en uygun kart malzemesinin seçimi problemi ele alınmaktadır. Seçilecek baskı devre kart malzemesine çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan analitik hiyerarşi süreci ile karar verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Baskı Devre Kartı Malzeme Seçimi, Analitik Hiyerarşi Süreci, Çok Kriterli Karar Verme.

## Analytical Hierarchy Process Method in Selection of Printed Circuit Board Material

### Abstract

Printed circuit boards, which hold electronic components together and provide the necessary connections, are one of the indispensable components of today's electronics industry. In terms of electronic circuit designers, the parameters of the card to be used affect the circuit design in high frequency circuits quite significantly. In this study, the problem of choosing the most suitable card material for a printed circuit design is discussed. The printed circuit board material to be selected was decided by the analytical hierarchy process, which is one of the multi-criteria decision making methods.

**Keywords:** Printed Circuit Board Material, Analytical Hierarchy Process, Multi Criteria Decision Making.

\* Sorumlu Yazar: [ahmetcihan@duzce.edu.tr](mailto:ahmetcihan@duzce.edu.tr)

## 1. Giriş

Sanayi sektöründeki birçok sektörle kıyaslandığında elektronik sektörü yeni sayılabilecek bir sektör olmasına rağmen son elli senede ufuk açıcı seviyede bir gelişim göstermiştir. Elektronik sektöründeki gelişim, düşük maliyetli bilgisayarların ortaya çıkışına öncülük etmiş ve yeni bir teknolojik çağın başlamasına yol açmıştır.

Baskı devre kartları oldukça uzun zamandır elektronik sektörde devre elemanlarını bir arada tutmak için kullanılan önemli bileşenlerden birisidir. Yüksek hız gerektiren uygulamalar dolayısı ile bu bileşenlerin gereksinimleri de değişime uğramıştır. Mikroşerit teknolojisinin gelişimi sonucu bazı bileşenler baskı devre kartlarının üzerinde oluşturulmaya başlanmış ve kartlarda bulunan dielektrik malzemeden dolayı oluşan kayıpların etkisinin azaltılması önemli hale gelmiştir.

Yüksek güç devrelerinde oluşan ısının atılması için baskı devre kartı seçimi ve elemanların yerleşim düzeni önem kazanmaya başlamıştır. Paket programlar, yerleşim düzeninin belirlenmesi konusunda tasarımcılara yardımcı olmaktadır. Ancak yerleşim düzenini belirleyen programlar, bazı koşulları ihmal ederek yerleşim düzenini ayarlamaya çalışmaktadır. Isınma problemi de devrenin çalışmasını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir [1].

Baskı devre kartlarında eleman yerleşim düzeni, dielektrik malzemesi seçimi gibi teknik konuların yanı sıra günümüz rekabet ortamında işletmeler açısından en önemli sorunlardan birisi de maliyetin azaltılması konusudur. Ayrıca işletmelerin üretimlerini olabildiğince hızlı biçimde hayata geçirebilmeleri, yeni ürünlerini diğer işletmelerden önce piyasaya sürmeleri pazarda ilk olabileme avantajını elde edebilme açısından önem taşımaktadır.

Birden çok sayıda kriterin olduğu karar verme problemlerinin ele alınmasında kullanılan teknikler, çok kriterli karar verme teknikleri olarak bilinmektedir. Bu tekniklerin bir kısmı; analitik hiyerarşi süreci (AHS), analitik ağ süreci (AAS), ideal çözüme olan benzerlik sırası tekniği (TOPSIS), eleme ve gerçeklik seçim çevirisi (ELECTRE) olarak sayılabilir [9], [12]. Çok kriterli karar verme teknikleri karar vericilere alacakları kararlarda yardımcı olmaktadır. Ancak her karar vericinin değerlendirme kriterleri farklı olabileceğinden karar vericilerin aynı tekniği kullanarak değişik sonuçlara ulaşması mümkündür.

Baskı devre kartı seçimi için belirli bir standart bulunmamaktadır. Ancak baskı devre kartlarının üzerinde gerçekleştirilebilen mikroşerit teknolojisi, hem iletim hattı ve filtre gerçekleştirme uygulamalarında [2], [3] hem de anten uygulamalarında [4], [5], [6] sıklıkla kullanılmaktadır.

Konuk vd. mikroşerit anten tasarımı yaptıkları [7] çalışmalarında iki farklı kart türü kullanmışlar, kullanılan baskı devre kart malzemesinin farklı seçilmesi sonucunda hem tasarım parametrelerinin değişmesi gerektiğini hem de uygulama sonucunda elde edilen çıktı parametrelerinin değiştiğini benzetim tekniği ile göstermişlerdir.

Baskı devre kartlarının radyo frekans uygulamalarının yanı sıra kartların daha hızlı üretimleri için yapılmış olan çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalarda genel olarak delikli baskı devre kartlarında açılması gereken deliklerin gezgin satıcı problemi olarak modellenerek, modelin çözülmesi hedeflenmektedir. Karakoç [8] çalışmasında görüntü işleme tekniklerini kullanarak

delik yerlerini ifade ettiği gezgin satıcı problem modelini oluşturmuş, genetik algoritma kullanarak oluşturduğu modelin çözümünü elde etmeye çalışmıştır.

Çakır vd. [1] çalışmalarında baskı devre kartı tasarımlarında kullanılan netlist dosya formatından kullanılan eleman ve elemanlar arası bağlantı bilgilerini okuyup kart yerleşimini en uygun yapmaya çalışan bir genetik algoritma önermişlerdir. Önerdikleri algoritmada ele aldıkları uygunluk işlevi, en az alan kaplayan kart tasarımını belirlemeye yöneliktir.

Saraloğlu ve Can [9] çalışmalarında çok kriterli karar verme tekniklerinden birisi olan çok öznelikli ideal gerçek karşılaştırmalı analiz (Multi-Attribute Ideal Real Comparative Analysis - MAIRCA) tekniğini, ele aldıkları 18 farklı malzeme seçeneği arasından seçim yapmak için kullanmışlar, seçeneklerin ağırlıklarının ise kriterler arası korelasyon yoluyla kriterlerin önemi (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation – CRITIC) yöntemi ile belirlemişlerdir. Çalışmalarında dielektrik sabiti, kayıp tanjantı ve ısıl genleşme katsayısı değerlerini kriter olarak kullanmışlardır.

Çok kriterli karar verme tekniklerinden en bilinenlerinden birisi olan analitik hiyerarşi süreci yöntemi çok farklı seçim problemlerine uygulanmıştır. Yu vd. [10] çalışmalarında elektrik-elektronik ürünlerin malzeme geri dönüşümü ve bertarafı için bulanık üyelik ve analitik hiyerarşi sürecini içeren genel bir karar yöntemi önermişlerdir. Jayant vd. [11] çalışmalarında ters lojistik servis sağlayıcı seçimi problemini ideal çözüme olan benzerlik sırası tekniği ve analitik hiyerarşi süreci tekniği kullanarak ele almışlar, cep telefonu endüstrisi için bir uygulama yapmışlardır. Ömürbek vd. [12] yaptıkları çalışmada yapı denetim firmalarını değerlendirmek için analitik hiyerarşi süreci tekniği ile kriter ağırlıklarını belirleyerek eleme ve gerçeklik seçim çevirisi yöntemi ile basit katkı ağırlığı (Simple Additive Weighting – SAW) yöntemini karşılaştırmışlardır.

Bu çalışmada yüksek frekans devreleri için kullanılan dört farklı baskı devre kart türü karşılaştırılmaktadır. Kart seçimini etkileyen kriterler belirlenmiş ve belirlenen kriterlere göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Analitik hiyerarşi süreci ile ele alınan kriterler dikkate alınarak hangi kartın seçilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde çalışmada kullanılan analitik hiyerarşi süreci tekniği açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde gerçekleştirilen uygulama detayları ile elde edilen bulgular verilmektedir. Dördüncü bölümde bulgular tartışılmakta ve son bölümde ise çalışma sonucu ortaya koyulan sonuçlar özetlenerek, gelecekte yapılabilecek çalışmalar ifade edilmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada analitik hiyerarşi süreci yöntemi kullanılmıştır. Analitik hiyerarşi süreci, belirlenen kriterler göz önünde bulundurulmuş seçenekler arasından seçim yapmayı sağlayan oldukça önemli bir çok kriterli karar verme yöntemidir. Analitik hiyerarşi süreci temel olarak ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır. Belirlenen kriterler ve varsa alt kriterler birbirleri ile kıyaslanırlar. Bu kıyaslamada sözel ifadeler kullanılır ve sözel ifadelerin göreceli önem dereceleri Saaty tarafından önerilen sayısal değerlere dönüştürülür. Sayısal dönüşümde kullanılan ifadeler Tablo 1 ile verilmektedir [10].

Bu sayısal değerler, eğer kıyaslama sonucu ters yönlü ise çarpma işlemine göre ters biçiminde yazılır. Bir ikili karşılaştırma

dizeyi eşitlik 1 ile verilmektedir. Burada n karşılaştırılan birim sayısı olmakla beraber köşegen değerleri, birimlerin kendileri ile karşılaştırılmasını ifade ettiğinden daima 1 değerini almaktadır.

$$KM = \begin{bmatrix} KM_{11} & \dots & KM_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ KM_{n1} & \dots & KM_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

hesaplanır. Bunun için öncelikle her satırın geometrik ortalaması hesaplanır. Bu hesaplama işlemi eşitlik 2 ile verilmektedir [10].

$$GO_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n KM_{ij}} \quad (2)$$

İkili karşılaştırmaların yapılması ile elde edilen dizeylerin en büyük özdeğerlerine karşılık gelen özyöneyleyi yaklaşık olarak

Tablo 1. Saaty tarafından önerilen görelî önemler dönüşüm tablosu [10]

Görelî Önem	Tanım
1	Eşit önem
3	Düşük seviyede önemli
5	Güçlü seviyede önemli
7	Açıkça daha önemli
9	Kesinlikle daha fazla önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Satırların geometrik ortalamaları elde edildikten sonra özyöneyleyi her bir elemanı hesaplanabilir. Bu hesaplama için eşitlik 3 kullanılmaktadır.

$$\text{ÖY}_j = \frac{GO_j}{\sum_{i=1}^n GO_i} \quad (3)$$

Tüm kriterler için özyöneyleyi hesaplanarak kriterlere ait ağırlıklar belirlenmiş olur. Eğer varsa alt kriterler için de ağırlıklar benzer biçimde belirlendikten sonra genel ağırlıklar, hiyerarşi göz önüne alınarak üst kademelerdeki ağırlıklar ile çarpılarak hesaplanır.

İlgili dizeyler için tutarlılık katsayısı hesaplanmalıdır. Bu hesaplama işlemi eşitlik 4 ve eşitlik 5 kullanılarak yapılmaktadır

Tablo 2. Rassallık endeks değerleri [10]

Dizey boyutu	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41
Dizey boyutu	9	10	11	12	13	14	15	
RI	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59	

ve dizeyin boyutuna bağlıdır. CR değerinin 0.10 değerinden küçük çıkması yapılan karşılaştırmaların kabul edilebilir olacağını ifade etmektedir.

$$CI = \frac{(\lambda_{enb} - n)}{(n - 1)} \quad (4)$$

$$CR = CI / RI \quad (5)$$

Eşitlik 5'te verilen RI değeri, tutarlılık katsayısı hesaplanan dizeyin boyutuna bağlı olan rassallık endeks değeridir ve Tablo 2'den elde edilebilir [10].

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Uygulama için öncelikle kart seçimini etkileyen kriterler belirlenmiştir. Belirlenen kriterler Tablo 3 ile verilmektedir.

Tablo 3. Kart seçiminde göz önünde bulundurulacak kriterler

Kriterler
Maliyet
Baskı devre boyutu
Uygulanabilirlik
Piyasadan temin edilebilirlik
Devrede oluşacak sinyal kaybı

Karar vericinin seçebileceği farklı baskı devre kart seçenekleri ise Tablo 4 ile verilmektedir.

*Tablo 4. Ele alınan baskı devre kart türleri*

<b>Kart Türü (Seçenekler)</b>
FR2
FR4
4350B
CEM3

Baskı devre kart malzemelerine göre karar verici kart seçimi yapılmıştır. Karşılaştırmalarda kartların eşit dielektrik malzeme kalınlığına sahip olduğu varsayılmıştır. Kriterler için yapılan ikili karşılaştırmalar ile gerekli dizeler oluşturulmuştur. Bu karşılaştırmalardan sonra dizelerin özyöneylemleri ve özdeğerleri hesaplanmış, karşılaştırma dizelerinin tutarlılık kontrolleri

yapılmıştır. Kriter karşılaştırma dizelerinin tamamının tutarlı olduğu görülmüştür. Karar dizelerine göre belirlenen ağırlıklar Tablo 5 ile verilmektedir.

*Tablo 5. Ele alınan baskı devre kart türleri için hesaplanan ağırlıklar*

<b>Ağırlıklar</b>	<b>Seçenekler</b>			
	<b>FR2</b>	<b>FR4</b>	<b>4350B</b>	<b>CEM-3</b>
Maliyet	0.22	0.35	0.03	0.44
Baskı devre boyutu	0.17	0.17	0.50	0.17
Uygulanabilirlik	0.05	0.15	0.65	0.15
Piyasadan temin edilebilirlik	0.26	0.56	0.06	0.12
Devrede oluşacak sinyal kaybı	0.05	0.09	0.73	0.13

İkinci aşamada karar vermek için ele alınan kriterler arası önem seviyesinin belirlenmesi amacı ile karar dizeyi oluşturulmuştur. Tutarlılık kontrolü yapılmıştır ve dizeyin tutarlı

olduğu görülmüştür. Elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 6 ile verilmektedir.

*Tablo 6. Kriter karşılaştırmaları ile elde edilen kriter ağırlıkları*

<b>Kriterler</b>	<b>Kriter Ağırlığı</b>
Maliyet	0.18
Baskı devre boyutu	0.07
Uygulanabilirlik	0.25
Piyasadan temin edilebilirlik	0.43
Devrede oluşacak sinyal kaybı	0.08

Son adımda ise her kriter için elde edilen kriter ağırlıkları ile kritere ait seçenek ağırlıklarının ağırlıklı toplamları hesaplanmıştır. Bu hesaplama ile elde edilen sonuç ağırlıkları,

hangi seçeneğin öncelikle tercih edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Seçenekler için elde edilen bu ağırlıklar Tablo 7 ile verilmektedir.

*Tablo 7. Elde edilen seçenek önem ağırlıkları*

<b>Seçenekler</b>	<b>FR2</b>	<b>FR4</b>	<b>4350B</b>	<b>CEM-3</b>
Ağırlıklar	0.18	0.35	0.28	0.19

Tablo 7’de elde edilen seçenek ağırlıklarına bakıldığında FR4 malzemesinin seçilmesinin yöntem tarafından önerildiği

görülmektedir. Bunun yanında ikinci sırada seçilmesi gerektiği belirlenen 4350B malzemesinin önem ağırlığı da yüksek

çıkarmıştır. Oldukça yüksek maliyet dezavantajına karşılık çok düşük sinyal kaybına sahip olması, önem açısından 4350B malzemesini CEM-3 malzemesinin önüne geçirmiştir. FR4 malzemesinin hem piyasa bulunabilirliği hem de maliyet avantajı, 4350B malzemesine karşı öncelikli olarak tercih edilmesine sebep olmuştur. FR2 malzemesi en düşük maliyete sahip olmasına rağmen sinyal kaybının çok yüksek olması bu malzemenin yöntem tarafından önerilmemesi ile sonuçlanmıştır.

Tablo 5 incelendiğinde boyutun çok küçük olmak durumunda kaldığı, sinyal kaybının çok kritik olduğu, uygulanabilirliğin yüksek olması gereken uygulamalarda ise 4350B malzemesinin tercih edilmesi gerektiği sonucu çıkarılabilir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, ele alınan dört farklı baskı devre kart malzemesi için analitik hiyerarşi süreci kullanılarak malzeme seçimi yapılmıştır. Kullanılan yöntemin önerisi maliyet ve bulunabilirlik avantajı bulunan FR4 malzemesi olmuştur. Gelecek çalışmalarda, elde edilen sonuçların diğer çok kriterli karar verme teknikleri ile karşılaştırılması planlanmaktadır.

#### Kaynakça

- [1] Altıntaş, V. , Çakır, A. & Küçüksille, E. U. (2018). Genetik Algoritma İle Baskı Devre Yerleşim Optimizasyonu . Teknik Bilimler Dergisi , 8 (2) , 5-10 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbed/issue/38662/418637>
- [2] Görür, A. K. (2018). İnterdijital kapasitör yüklü geniş bantlı mikroşerit bant durduran filtre tasarımı . Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi , 24 (5) , 846-849 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/pajes/issue/39683/469414>
- [3] Öztürk, B. & Coşkun, Ö. (2019). 2.45 GHz Frekasında Optimum Bant Durduran Filtre Tasarımı ve Optimizasyonu . Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi , 10 (2) , 189-197 . DOI: 10.29048/makufebd.571353
- [4] Güngörer, B. , Tekbaş, M. & Kayabaşı, A. (2019). 2.4 GHz Frekansında Çalışan Farklı Boyut ve Besleme Yöntemli Dikdörtgen Mikroşerit Anten Tasarımları ve Gerçekleştirilmesi . Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi , 1 (1) , 50-58 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kmujens/issue/57687/820527>
- [5] Bayer Keskin, S. E. (2019). 2.4 GHz GENİŞ BANT MİKROŞERİT ANTEN TASARIMI . Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi , 5 (1) , 1-14 . DOI: 10.34186/klujes.578590
- [6] Demirci, M. & Ermiş, S. (2021). 5G Teknolojisi için Çift Bantlı(28/38 GHz) Dikdörtgen Mikroşerit Anten Tasarımı . Bilişim Teknolojileri Dergisi , 14 (2) , 171-181 . DOI: 10.17671/gazibtd.813103
- [7] Konuk Ege, G. , Kesen, U. , Yüce, H. & Genç, G. (2021). FR4 ve FR2 Baskı Devre Kartlarının Mikroşerit Anten Uygulamasında Tasarımı ve Simülasyonu . Journal of Materials and Mechatronics: A, 2 (1) , 51-59 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmm/issue/62563/829855>
- [8] Karakoç, M. (2018). Baskılı Devre Kartlarındaki Delik Alanlarının Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Tespit Edilmesi ve Potansiyel Delim Güzergâhının Genetik Algoritmalar ile Eniyilemesi . Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi , 22 (1) , 336-345

- [9] Saraloğlu Güler, E. & Can, G. F. (2020). MATERIAL SELECTION FOR MICROSTRIP ANTENNA USING CRITIC-MIACRA INTEGRATION AS A PRACTICAL APPROACH . Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A - Applied Sciences and Engineering , 21 (1) , 1-20 . DOI: 10.18038/estubtda.531047
- [10] Yu, Y., Jin, K., Zhang, H. C., Ling, F. F., & Barnes, D. (2000). A decision-making model for materials management of end-of-life electronic products. Journal of Manufacturing Systems, 19(2), 94-107. [https://doi.org/10.1016/s0278-6125\(00\)80003-5](https://doi.org/10.1016/s0278-6125(00)80003-5)
- [11] Jayant, A., Gupta, P., Garg, S. K., & Khan, M. (2014). Topsis-AHP based approach for selection of Reverse Logistics Service Provider: A case study of mobile phone industry. Procedia Engineering, 97, 2147-2156. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.458>
- [12] Ömürbek, N. , Karaatlı, M. & Cömert, H. G. (2016). AHP-SAW ve AHP-ELECTRE Yöntemleri ile Yapı Denetim Firmalarının Değerlendirmesi . Yönetim Bilimleri Dergisi , 14 (27) , 171-199 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/comuybd/issue/43601/533904>