

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BÖBREK NAKİL BAŞARISININ İZLENMESİ İÇİN BİR
KARAR DESTEK ARACI**

SUNA ARISOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2019

**BÖBREK NAKİL BAŞARISININ İZLENMESİ İÇİN BİR
KARAR DESTEK ARACI**

**A DECISION SUPPORT TOOL FOR TRACING OF KIDNEY
TRANSPLANT SUCCESS**

SUNA ARISOY

Başkent Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
ENDÜSTRİ Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2019

“Böbrek Nakil Başarısının İzlenmesi İçin Bir Karar Destek Aracı” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 12/09/2019 tarihinde, **ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Berna DENGİZ

Üye (Danışman) : Doç. Dr. Yusuf Tansel İÇ

Üye : Prof. Dr. Mustafa YURDAKUL

Onay

.../ 09/2019

Prof. Dr. Ömer Faruk ELALDI
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 26 / 09 / 2019

Öğrencinin Adı, Soyadı : Suna ARISOY

Öğrencinin Numarası : 21720453

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Adı, Soyadı : Yusuf Tansel İÇ

Tez Başlığı : Böbrek Nakil Başarısının İzlenmesi İçin Bir Karar Destek Aracı

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 45 sayfalık kısmına ilişkin, 24 / 09 / 2019 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 18'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

"Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esasları"nı inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası

Onay

26 / 09 / 2019

Doç. Dr. Yusuf Tansel İÇ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımlarını benden esirgemeyen, tez çalışmam süresince bilgi birikimi ile çalışmanın sonuca ulaştırılmasında bana yardımcı olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Yusuf Tansel İÇ'e teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince bana yardımcı olan Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi nefroloji bilim dalı hekimlerinden Uzm. Dr. Didem Turgut ve Dr. Öğr. Üyesi Cihat Burak Sayın'a ve Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi yönetimine teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

ÖZ

BÖBREK NAKİL BAŞARISININ İZLENMESİ İÇİN BİR KARAR DESTEK ARACI

Suna ARISOY

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Organ nakli son yıllarda oldukça gelişen bir tedavi yöntemi haline gelmiştir. En yaygın olarak gerçekleştirilen organ nakilleri ise böbrek ve karaciğer naklidir. Böbrek nakli kadavradan ya da canlı vericiden sağlanabilmektedir. Türkiye’de kadavra vericinin azlığından kaynaklı olarak daha çok canlı vericiden nakil sağlanmaktadır. Nakil işleminin başarılı olarak gerçekleşmesinden sonra hastanın ameliyat sonrası rutin kontrolleri büyük önem taşır. Aksi halde nakil sonrası organ kayıpları görülebilmektedir. Bu noktada hastanın bilinçli davranıp rutin testleri, ölçümleri yaptırması ve doktoru ile temasta kalması gerekmektedir.

Bu çalışmada, canlı vericiden böbrek nakli gerçekleştirmiş hastaların nakil sonrası böbrek başarıları incelenmiştir. Bu amaçla Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Tercihlerin İdeal Çözümüne Yakınlık Derecelerine Göre Sıralanması Tekniği (TOPSIS) ile çok ölçütlü karar verme modeli oluşturulmuştur. Hastaların test sonuçlarında zaman içerisinde meydana gelen iyileşmeler ve kötüleşmeler doğrultusunda hastaların bireysel bazda durumlarının izlenebileceği bir model ortaya konmuştur. Modelde en kritik nokta nakil sonrası rutin testlerinin ağırlıklandırılmasıdır. Bu sebeple kriter ağırlıklandırma işlemi için nefroloji alanında uzman doktorların görüşlerinden faydalanılmıştır. Bu ağırlıklandırmalar AHP ve TOPSIS modellerine girdi olarak verilerek hasta durumlarının nakil sonrası belirli periyotlarla değerlendirilebileceği bir model önerilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: böbrek nakli, böbrek nakli sonrası başarı, performans değerlendirme, çok kriterli karar verme, AHP, TOPSIS, bulanık mantık.

Danışman: Doç. Dr. Yusuf Tansel İç, Başkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü.

ABSTRACT

A DECISION SUPPORT TOOL FOR TRACING OF KIDNEY TRANSPLANT SUCCESS

Suna Arisoy

Başkent University Institute of Science and Engineering

Department of Industrial Engineering

Organ transplantation has become a highly developed treatment method in recent years. The most common organ transplants are kidney and liver transplantation. Renal transplantation can be obtained from cadaver or live donor. Due to a shortage of cadaveric donor in Turkey, live donor kidney transplant is done more. After the successful transplantation, the patient's routine postoperative controls have great importance. Otherwise, organ losses may occur after transplantation. At this point, the patient should act consciously and have routine tests. Additionally, the patient should stay in contact with his doctor.

In this study, the renal success of patients who underwent renal transplantation from a live donor was investigated. For this purpose, multi-criteria decision making model was developed by using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) methods. In line with the improvements and deterioration of the patients' test results over time, a performance evaluation model has been put forward in which patients can be evaluated. The most critical point in the model is the weighting of the after transplantation routine tests. For this reason, the opinions of specialists in the field of nephrology were used for criterion weighting. These weightings were given as input to AHP and TOPSIS models and patient conditions were evaluated after transplantation period.

KEYWORDS: kidney transplant, success after kidney transplant, performance evaluation, multi-criteria decision making, AHP, TOPSIS, fuzzy logic.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yusuf Tansel İç, Başkent University, Department of Industrial Engineering

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
ÇİZELGELER LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. BÖBREK YETMEZLİĞİ	2
2.1 Diyaliz ve Böbrek Nakli	2
2.2 Böbrek Naklinde Vericiler ve Alıcılar	2
2.3 İlk Böbrek Nakli	3
2.4 Türkiye’de Organ Bağışının Mevcut Durumu	4
2.5 Böbrek Nakil Sonrası Süreç	5
2.6 Rejeksiyon (Organ Reddi) Belirtileri	6
3. LİTERATÜR	8
4. METODOLOJİ	11
4.1 TOPSIS.....	11
4.1.1 TOPSIS Yöntemi İle Karar Verme	11
4.2 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	14
4.3 Bulanık Mantık	15
4.4 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi	16
4.4.1 BAHS için Literatür İncelemesi	16
4.5 Genişletilmiş Bulanık AHP Yöntemi (Chang 1996)	17
4.5.1 Genişletilmiş BAHP Algoritması	17
4.5.2 Bulanık Sayıların Sıralanması	18
4.5.2.1 Chang Yöntemi	19
4.5.2.2 Abdel-Kader ve Dugdale Yöntemi	19
4.5.2.3 Liou ve Wang Yöntemi	20
4.5.2.4 Kareli Ortalama Yöntemi	20
4.5.2.5 Kwong-Bai Yöntemi	21
5. UYGULAMA.....	23
5.1 Hastane Verileri	23
5.2 Ağırlıklandırma	25

5.3 TOPSIS ile Hasta Durumu Değerlendirilmesi	28
5.4 İmmünoloji Testine Göre Hasta Durumu Değerlendirilmesi	34
5.5 İlaç Düzeyine Göre Hasta Durumu Değerlendirilmesi.....	38
6. TARTIŞMA	41
7. SONUÇ	45
KAYNAKLAR LİSTESİ	46
EKLER LİSTESİ	49



ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Organ nakli istatistikleri.....	4
Çizelge 2.2 Böbrek nakli nakledilen organ istatistikleri	5
Çizelge 4.1 Chang Yöntemine Göre BAHP'de kullanılan Ölçek	21
Çizelge 5.1 Kullanılan Kriterler ve Alt Kriterler	23
Çizelge 5.2 Üçgen Bulanık sayılarla Oluşturulmuş Kriterlerin İkili Karşılaştırması.	25
Çizelge 5.3 Kriterler için Sentez Değerleri	26
Çizelge 5.4 Kriterler için Kareli Ortalama Sonucu	27
Çizelge 5.5 Kareli Ortalamaya Göre Kriterlerin Ağırlık Değerleri	27
Çizelge 5.6 Alt Kriterlerin Ağırlıkları	27
Çizelge 5.7 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçlarıyla Kurulan Karar Matrisi.....	29
Çizelge 5.8 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçlarıyla Kurulan Normalize Karar Matrisi	30
Çizelge 5.9 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçlarıyla Kurulan Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi	31
Çizelge 5.10 Biyokimya Test Sonuçlarına Göre Hasta1 için İdeal Çözümler	32
Çizelge 5.11 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçları için İdeal ve Negatif İdeal Ayırım Ölçümü	32
Çizelge 5.12 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçları için İdeal Çözüme Göreli Yakınlık	33
Çizelge 5.13 AHP-TOPSIS Puanları	34
Çizelge 5.14 1., 3., 6. ve 12. Aya Göre İmmünoloji Test Sonuçları	35
Çizelge 5.15 İmmünoloji Testi Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi	36
Çizelge 5.16 Nakil Sonrası İmmünoloji Test Sonuçlarına Göre Hastaların TOPSIS Puanları	37
Çizelge 5.17 1., 3., 6. ve 12. Aya Göre İlaç Düzeyleri	38
Çizelge 5.18 İlaç Düzeyi Sonuçları Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Yıllara göre böbrek bağışı.....	5
Şekil 4.1 AHP Modelinin Hiyerarşik Yapısı	14
Şekil 5.1 Hiyerarşik Yapı	24
Şekil 6.1 Hasta 18'in 3 er aylık dönemlerde yenilenen Test Sonuçları bazında her dönem hesaplanmış TOPSIS puanının değişimi	42



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A_{ij}	Karar Matrisi
R_{ij}	Normalize Karar Matrisi
V_{ij}	Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi
A^+	İdeal Çözüm
A^-	Negatif İdeal Çözüm
S_{i^+}	İdeal Ayırım Ölçüsü
S_{i^-}	Negatif İdeal Ayırım Ölçüsü
C_i^*	İdeal Çözüme Göreli Yakınlık
α	İyimserlik indeksi
ml/dk	mililitre/dakika
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
BAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
TOPSIS	Tercihlerin İdeal Çözüme Yakınlık Derecelerine Göre Sıralanması Tekniği
SDBH	Son Dönem Böbrek Hastalığı
UKM	Ulusal Koordinasyon Merkezi
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DEA	Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)
ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality English
PROMETHEE	Prefence Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
UNOS	United Network for Organ Sharing
MORE	Multiple Organ Retrieval and Exchange
MCDA	Çok Kriterli Karar Yardımı
MRA	Min-Max Regret

1. GİRİŞ

Böbrek hayati bir organdır. Böbreklerin işlevlerinin kalıcı olarak bozulması ise kronik böbrek yetmezliği olarak adlandırılır. Günümüzde kronik böbrek yetmezliğinin bilinen tek tedavisi böbrek naklidir. Kronik böbrek yetmezliği olan hastalar, başarılı bir böbrek nakli ile sağlıklı bireyler olarak hayatlarını sürdürebilmektedir. Fakat sadece başarılı bir nakil alıcı için sağlıklı bir hayat sağlamamaktadır. Böbrek alıcısı nakilden sonra belirli sıklıklarla belirli rutin kontrollerden geçmeli ve düzenli olarak ilaçlarını kullanmalıdır. Aksi halde nakil böbreği işlevini kaybedebilir veya vücudu tarafından reddedilebilir. Bu tip bir durumda hasta tüm sürece yeniden başlamak zorunda kalır. Bu, hastanın yeniden böbrek bulması ve ameliyat geçirmesi demektir ki organ bağıışı zaten yetersiz ölçüdedir ve her ameliyat gittikçe artan risk içerir. Bu sebeple nakil olmuş kişilerin nakil sonrası bilinçli davranması çok önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, böbrek naklinde başarıyı en çok etkileyen göstergelerden elde edilen veriler doğrultusunda canlı vericiden nakil olmuş hastaların nakil böbrek başarısını değerlendirmede hekimlere destek olabilecek bir çok kriterli karar verme (ÇKKV) modeli geliştirmektir. Bu amaca yönelik olarak AHP ve TOPSIS yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan ana kriterler ve alt kriterler alanında uzman doktorlar ile belirlenmiş ve ağırlıklandırılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde böbrek ve böbrek yetmezliği ile ilgili bilgiler verilmiş, üçüncü bölümünde organ naklinde çok kriterli karar verme yöntemini kullanan çalışmalar incelenmiş, dördüncü bölümünde çalışmada kullanılan AHP ve TOPSIS yöntemleri açıklanmış, beşinci bölümünde AHP ve TOPSIS yöntemlerinin çalışmaya uyarlanmasına yer verilmiş, altıncı bölümde uyarlamanın sonuçlar özetlenmiş ve yedinci bölümde ise çalışmanın sonuçları açıklanmıştır.

2. BÖBREK YETMEZLİĞİ

Atık maddelerin filtrelenmesi, vücuttaki su, sodyum, potasyum, kalsiyum gibi elektrolit miktarlarının ayarlanması, fazla asit veya alkali atılmasına yardım ederek asit-baz dengesinin sağlanması böbreğin görevleri arasındadır. Bu görevleri yerine getirmedeki azalış böbrek yetmezliği olarak adlandırılır. Böbrek yetmezliğinin akut ve kronik olmak üzere iki önemli türü vardır. Akut böbrek yetmezliği genellikle geçicidir ve uygun tedaviyle çoğu hastada böbrek fonksiyonları normale döner. Akut böbrek hasarı genelde 1-4 hafta içinde düzelir, bazen kısa süreli bir diyaliz desteği gerektirir. Kronik böbrek yetmezliği yavaş ilerleyen ve geri dönüşsüz böbrek fonksiyon kaybıdır. İleri ve hayatı tehdit eden hastalık evresi son dönem böbrek hastalığı (SDBH) olarak adlandırılır ve bu evrede böbrek normal fonksiyonunun %10'undan az performans gösterir [30]. Bu noktada ilaç tedavisi, diyet, yaşam tarzı değişikliği gibi yaklaşımlar yaşamı sürdürmek için yeterli değildir ve diyaliz veya böbrek nakli gereklidir [30].

2.1 Diyaliz ve Böbrek Nakli

Diyaliz, kronik böbrek hastalığını geri çevirmez ve bir hasta SDBH' ye ulaştığında başarılı bir böbrek nakli olmadığı sürece hayat boyu diyaliz tedavisine devam etmek zorundadır. Başarılı bir böbrek nakli, diyalize ile kıyaslandığında daha iyi bir yaşam kalitesi ve daha uzun hasta sağ kalımı sağlamaktadır. Başarılı bir nakilden sonra böbrek alıcısı için hayat neredeyse normaldir.

Böbrek fonksiyonu 20 ml/dk'nın altına düştüğünde diyalize başlanmadan da böbrek nakli yapılabilir [30]. Bu durum diyaliz maliyeti, uygunsuzluğu veya riskinden kaçınıldığı ve diyaliz sonrası nakilden daha iyi greft ömrüne sağladığı için, SDBH olan tıbben uygun hastalar için en iyi seçenektir [30]. SDBH aşamasında eğer uygun bir verici varsa diyalize tedavisine başlanmadan direk böbrek nakli düşünülmelidir.

2.2 Böbrek Naklinde Vericiler ve Alıcılar

Böbrek nakli, canlı vericiden veya beyin ölümü gerçekleşmiş kadavradan alınan sağlıklı bir böbreğin SDBH tanısı konmuş birine yerleştirildiği cerrahi bir işlemdir. Diyaliz tedavisi almakta olan veya SDBH evresine gelmesine rağmen diyalize

başlamamış hastalar için böbrek nakli gereklidir [30]. Böbrek nakli; daha iyi yaşam kalitesi sunma, diyalizden bağımsızlık, daha uzun süreli yaşam beklentisi, daha az diyet ve sıvı kısıtlaması, kadınlarda gebe kalma şansının artması konularında avantajlara sahiptir. Fakat, böbrek naklindeki ameliyat riski, böbreğin reddedilmesi riski, düzenli olarak immunsupresif ilaçlar kullanma zorunluluğu, immunsupresif ilaçlar ile ilgili riskler, stres gibi dezavantajları da bulunmaktadır [30].

Böbrek nakli üç kaynak tarafından sağlanabilir.

- Canlı akraba vericiler: Alıcının 4. Dereceye kadar kan bağı bulunan yakınlar
- Canlı akraba olmayan vericiler: TC Sağlık Bakanlığı 'Merkezi Etik Kurul' izniyle arkadaşlar, eş veya yakınlar
- Kadavra vericiler: Beyin ölümü gerçekleşmiş ve organ bağışını yazılı olarak kabul etmiş kişiler [30].

Canlıdan nakilde; kan grubu, doku tipi ve çapraz doku eşleşmeleri alıcı ve verici arasında uyumlu olması halinde, verici olmayı kabul eden kişinin iki böbreği de sağlıklı ise kişiler arasında böbrek nakli yapılabilir. Genelde vericilerin 18-65 yaş aralığında olmalıdır.

Kadavradan nakilde; kan grubu, doku tipi ve çapraz doku uyumları karşılaştırıldıktan sonra organ nakli bekleme listesinden uygun alıcılar seçilir. Ulusal Organ ve Doku Nakli Koordinasyonu Sistemi Yönergesine göre; Türkiye'de kadavra vericilerin organları sadece Ulusal Koordinasyon Merkezi (UKM) tarafından Ulusal Organ Nakli Bekleme Listesinde yer alan hastalara yapılan eşleştirme ve puanlamaya göre verilir [32]. Bu puanlama sisteminde hastanın diyalizde kaldığı süre de önemlidir. Ayrıca acil böbrek bildirim yapılan hasta varsa o hastaya öncelik tanınır.

2.3 İlk Böbrek Nakli

Dünyada ilk canlı donörden başarılı böbrek nakli ameliyatı 1954 yılında Joseph Murray tarafından ABD'de gerçekleştirilmiştir [4]. Bağışıklık sistemini baskılayacak etkin ilaçların olmadığı dönemde gerçekleştirilen bu böbrek nakli, başarısının sırrı alıcı ve vericinin eş yumurta ikizleri olmasıdır [4]. Türkiye'de ise ilk başarılı organ nakli 3 Kasım 1975' te Prof. Dr. Mehmet Haberal tarafından, anneden alınan bir

böbreğin oğluna nakledilmesi ile gerçekleşti [4]. Günümüzde canlı donörlerden yapılan nakiller özellikle böbrek ve karaciğer için oldukça rutin uygulamalar haline gelmiştir.

2.4 Türkiye’de Organ Bağışının Mevcut Durumu

Vücutta görevini yerine getiremeyen bir organın yerine canlı vericiden veya kadavradan alınan sağlam bir organın nakline organ nakli denir. En uygun organ kaynağı geri dönüşümsüz beyin hasarı olduğu belirlenen, görece genç, tıbben sağlıklı ve beyin harici bütün organları iyi çalışan donördür [27]. Son yıllarda organ naklindeki büyük gelişmelere rağmen, organ naklinin en önemli sorunu organ bağışındaki yetersizliktir. Organ bağışı; kişi hayattayken, kendi hür iradesiyle tıbben yaşamı sona erdiğinde doku ve organlarının ihtiyacı olan hasta kişiler tarafından kullanılmasına izin vermesi ve bunu belgelendirmesidir [27]. Organ bağışındaki yetersizlikten dolayı, naklide kullanılacak organlar akraba olan ve olmayan canlı donörlerden sağlanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde organ gereksinimlerinin çoğu kadavra donörlerden sağlanırken, gelişmekte olan ülkelerde Türkiye’de de olduğu gibi temel sorun kadaverik donör sayısının yeterli düzeyde olmamasıdır [27].

Türkiye’de organ bağışı ve nakli veri tabanı Sağlık Bakanlığı tarafından düzenlenmektedir. Bu konudaki istatistiksel bilgiler; Organ, Doku Nakli ve Diyaliz Hizmetleri Daire Başkanlığı veri tabanında sunulmaktadır. Organ, Doku Nakli ve Diyaliz Hizmetleri Daire Başkanlığı veri tabanından elde edilen bilgilere göre, 2009 - 2019 tarihleri arasında toplam 29.450 nakil işlemi gerçekleştirilmiştir [25]. Nakil yapılan organa göre dağılım, Çizelge 2.1’de, böbrek nakli yıllara göre ayrıntılı dağılım Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Organ nakli istatistikleri [25]

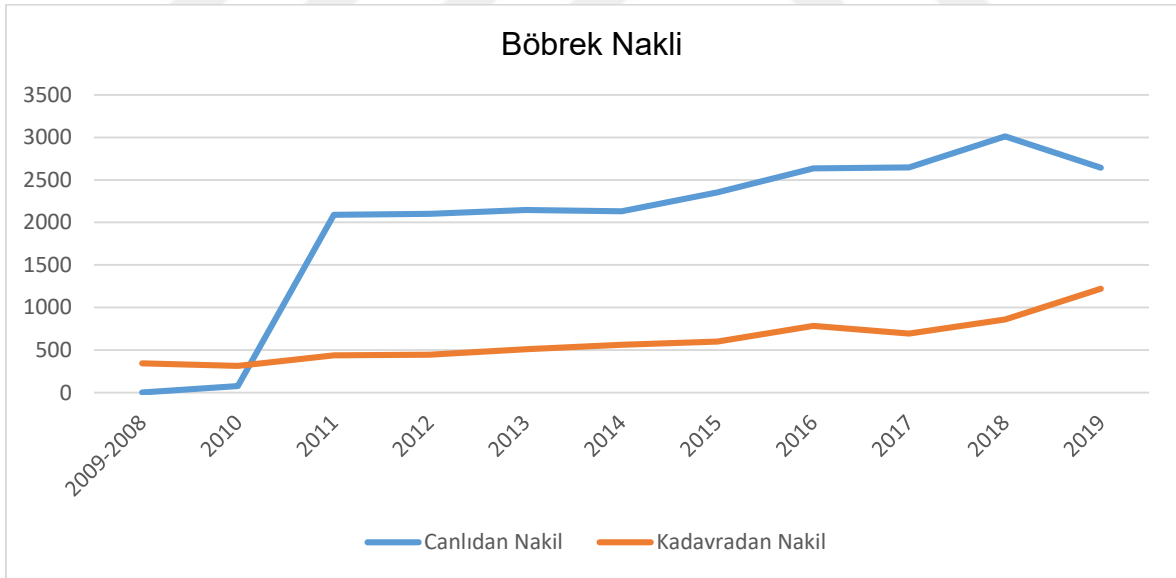
Nakledilen Organ	Nakil Sayısı
AKCİĞER	248
BÖBREK	28.610
İNCE BARSAK	29
KALP	660
KARACİĞER	10.928
PANKREAS	62

Çizelge 2.2 Böbrek nakli nakledilen organ istatistikleri [25]

Böbrek Nakli	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009-2008	Toplam
Canlıdan	2644	3012	2649	2637	2354	2132	2145	2101	2092	76	2	21.844
Kadavradan	1220	859	693	784	598	564	509	447	437	312	343	6.766
Toplam	3864	3871	3342	3421	2952	2696	2654	2548	2529	388	345	28.610

Çizelge 2.1 incelendiğinde, en çok nakil yapılan organın böbrek olduğu görülmektedir. Çizelge 2.2 incelendiğinde, toplam 25.535 böbrek nakil işleminden 19.839'unun canlı nakilden ve 5.696'sının kadavradan gerçekleştirildiği görülmektedir. Organ, Doku Nakli ve Diyaliz Hizmetleri Daire Başkanlığı veri tabanından elde edilen bilgilere göre günümüz itibariyle nakil için böbrek bekleyen 22.649 hasta mevcuttur [25].

Yıllara göre organ bağı dağılımı incelendiğinde, Şekil 2.1'de görüldüğü gibi yıllık bağı sayılarında sürekli artış görülmektedir.



Şekil 2.1 Yıllara göre böbrek bağı [25]

2.5 Böbrek Nakil Sonrası Süreç

Böbrek naklinin başarılı olması için ameliyat süreci kadar böbrek nakil sonrası takip süreci de çok önemlidir. Böbrek naklinde esas hedef nakledilen böbreğin uzun yıllar boyunca sağlıklı çalışmasını sağlamaktır. Bu sebeple böbrek nakli

merkezlerinde nakil sonrası hastaların ve vericilerinin düzenli takibine çok önem verilir.

Böbrek nakli ameliyatı olan alıcılar ortalama 8-10 gün sonra hastaneden taburcu olmaktadır. Hastalar taburcu olmadan önce kullanacak ilaçlar ve ameliyat sonrası dikkat etmeleri gereken hususlar konusunda bilgilendirilirler.

Nakil sonrası takipte hastalar düzenli aralıklarla tetkik için kan verir. Böbrek alıcısı hastalardan ilk haftalarda haftada iki kez kan tetkiki vermek için hastaneye gelmesi istenir [2]. Uzak yerlerde yaşayan hastalar tetkiklerini buldukları bölgede yaptırabilir ve posta yolu ile ücret ödemedi hastaneye gönderebilirler [2]. Kan tetkikleri yaptırma sıklığı daha sonra haftada bir, 15 günde bir, ayda bir olarak değişir [2]. Kullanılan bağışıklığı baskılayıcı ilaçların (immünsüpresör ilaçlar) dozları kan düzeyine göre ayarlandığından düzenli kan vermek çok önemlidir. Hastalar ayrıca düzenli aralıklarla nefroloji (böbrek hastalıkları) kontrolüne de çağırılır.

2.6 Rejeksiyon (Organ Reddi) Belirtileri

Vücudun kendine yabancı olarak kabul ettiği organ veya dokuya karşı reaksiyon geliştirmesi rejeksiyon olarak adlandırılır. Genellikle kan tetkiklerinde kreatinin düzeyinde artış olduğunda yapılan ileri tetkikler sonucunda rejeksiyon tespit edilir [2]. Rejeksiyonun iyi takibi ve erken tespitiyle genellikle tedavisi mümkündür [2]. Hastaların rejeksiyondan korunmak için tedaviye ara vermeden ilaçları önerilen doz ve saatte düzenli kullanmasının oldukça önemlidir.

Nakilden sonra ilk yıl içerisinde böbreğini kaybeden hastalar mevcuttur. Canlı vericiden böbrek nakli sonrası bildirilen başarı oranları yüzde 93-98 aralığındadır [35]. Başarıyı belirleyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Hastanın genel sağlık durumu, sosyal alışkanlıkları (sigara, alkol), tedaviyi gerçekleştirecek ekibin deneyimi, hastanın tedavi sonrası ilaçlarını doktorlarının önerileri doğrultusunda saati saatine alması, poliklinik kontrollerine uyum göstermesi gibi pek çok faktör tedavinin başarısını etkiler [35].

Böbrek nakli sonrası herhangi bir sorun yaşamadan uzun süre hayatını sürdüren bir hastanın doktorlarına danışmadan ilaç kullanmayı bırakmasıyla böbrek reddi

gerçekleşebilmektedir. Bu sebepten böbrek nakli öncesi ve sonrası adaya nakil sonrası ilaç kullanacağı, düzenli poliklinik kontrollerine gelmesi gerekeceği anlatılmaktadır.



3. LİTERATÜR

Literatür incelendiğinde organ nakli ile ilgili; organ nakli öncesi alıcı-verici uyumu değerlendirilerek en uygun vericinin seçilmesi, kadavra böbreğin çıkmasıyla potansiyel alıcılar arasında en uygun alıcının belirlenmesi ya da nakil sonrası organ sağ kalımının yani nakil başarısının tahminlenmesi gibi çalışmalara rastlanmaktadır.

Yuan, Feldhamer, Gafni, ve Ludwin, bulanık mantık sistemini böbrek tahsis kararlarında doktorların karşılaştığı belirsizliği ve karmaşıklığı ele almanın yenilikçi bir yolu olarak önermiştir [37]. Çalışmalarında böbrek tahsisi için geliştirdikleri bulanık mantık sistemini mevcut iki tahsis algoritması olan MORE(Kanada'da çoklu organ alımı ve değişimi) ve UNOS (ABD de kullanılan puanlama sistemi) ile karşılaştırmışlardır. Gerçek verilere dayalı simüle edilmiş deneyleri sonucu bulanık mantıktan türetilmiş önerileri uzmanlar tarafından MORE ve UNOS algoritmalarından daha kabul edilebilir bulunmuştur [37].

Saha, Zhang, Yoon, Khasawneh, ve Srihari, çalışmalarında böbrek vericisi-alıcısı seçim kararında risk önleme açısından en uygun protokolü bulmak için bilgiye dayalı bir model önermişlerdir [26]. Alıcı-verici eşleştirmesi, yeterli sistematik yaklaşımların olmamasından dolayı karmaşık problemlerdir ve mevcut organ eşleşmeleri klinik uzmanlık tarafından yapılmaktadır. Araştırmalarında, bulanık mantıktan ve AHP'den faydalanmışlardır. Çalışmada ilk olarak, organ verici ağları tarafından verilen önceden tanımlanmış kriterlere dayanarak potansiyel alıcı-verici adaylarının seçilmesi için bir Mamdani Stil Bulanık Çıkarım Sistemi (MSFIS) uygulanır. Daha sonra, alıcının böbreğinin özelliklerini vericiyle eşleştirmek için eşleştirme algoritmasından faydalanılır. Son olarak, AHP ile bağışlanan bir böbrek için alıcılar sıralanır. Önerilen model rastgele belirlenmiş alıcı-verici verileriyle test edilmiş ve modelin organ nakli sürecinin etkinliğini artırmak için uygulanabileceği görülmüştür [26].

Scalia ve Aiello, çalışmalarında dört tanımlanmış değişken sınıfıyla (donör, organ, adacık ve alıcı) ilişkili olarak nakil başarısının olasılığını gösteren bir sistem üretmiştir [28]. Bu amaçla karar destek sistemlerinde Çok Kriterli Karar Verme

yöntemlerinin (ÇKKV) en yaygın metotlarından biri olan TOPSIS yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır. Aynı zamanda belirsiz ve kesin olmayan verileri göz önüne almak için bulanık mantıktan faydalanılmıştır. Çalışmada kriterleri belirlemek ve alternatifleri daha detaylı değerlendirmek için profesyonel deneyimlerden ve pankreas adacık nakli ile ilgili en son yayınlardan yararlanılmıştır. Nihai hedef, alternatifler arasında bir sıralama elde etmek değil, bir alternatifin kabul edilebilir olup olmadığını tespit etmek olarak belirlenmiştir. Bulanık TOPSIS ile nicel ve nitel kriterleri içeren bir ortamda karar verme desteklenmiştir. Bulanık kümeler aracılığıyla ifade edilen sonuçlar, sadece bir eşik kümesine kıyasla pozisyon oluşturmakla kalmayıp, aynı zamanda bulanık terimlerle olasılık değerini ölçen güven seviyesini de tanımlamıştır. Son olarak, önerilen yaklaşım sadece niteliksel değerlendirmelere ilişkin belirsizliği değil, aynı zamanda niceliksel parametrelerin ölçümünde bulunabilecek belirsizliği de dikkate almıştır [28].

Khan, Choudhury, Won, ve Friedman, ideal böbrek alıcı-verici eşleşmesini sağlamak ve nakil sonrası ölümleri en aza indirmek için, böbrek nakli başarısını olasılığını belirleyen, yani kadavra vericiden temin edilen böbreğin nakledilmesi veya atılabilmesi için belirleyici bir model geliştirmiştir [14]. Böylece, ameliyat sırasında böbreğin yanlış eşleşmesinden kaynaklanan ölüm oranlarını azaltacaktır. Makalede geliştirilen model, kadavradan böbrek nakli işleminin sonucunu belirleyen en önemli faktörleri belirlemektedir. Böbrek nakil sonucunu sınıflandırmak için önceden tanımlanmış dört algoritma kullanılmıştır ve bu dört algoritmadan ikisinin başarıyla kullanılması önerilmiştir [14].

Valls, Moreno, ve Sánchez, belirli bir organ için olası alıcıların bir listesini analiz etmek ve sıralamak için çok kriterli karar metodolojisi uygulayan bir sistem oluşturmuşlardır [34]. Çalışmalarında nitel ve nicel değerler için yeni bir metodoloji uygulayan ÇKKV analistinin çalışan bir prototipi sunmuşlardır ve bu sistem, organ naklinde en iyi alıcı seçiminde yardımcı olmak için kullanılmıştır [34].

Rahimi, Jamshidi, Ruiz, ve Ait-kadi, çalışmalarında ele aldıkları spesifik araştırma soruları: “Hasta önceliklendirme yöntemleri, sağlık kuruluşlarına sağlık hizmetlerine erişimde hem etkinliği hem de adaleti arttırmada yardımcı olabilir mi?”

Ve eğer öyleyse, gerçek sağlık koşullarında karar vericilerin karşılaştığı sorunları ve zorlukları göz önünde bulundurarak bir önceliklendirme yöntemi nasıl geliştirilebilir?” olmuştur [24]. Mevcut hastaların önceliklendirme sistemlerini gözden geçirerek ve sınırlamalarının üstesinden gelmek için yenilikçi üç aşamalı karar çerçevesi sunmuşlardır [24]. İlk adım, paydaşların amaçlarını biçimlendirmek için bulanık mantığı ve AHP’yi kapsar. İkinci adımda, her hastanın durumu üzerinde yapılan değerlendirmeler veri zarflama analizi (DEA) ile bütünleştirilir ve hastalar arasında önceliklendirme elde etmek için min-max regret yaklaşımı (MRA) ile karşılaştırılır. Üçüncü adım, hastaların dinamik gelişimini hesaba katar, hastaların sıralamasını düzenli aralıklarla günceller ve karar vericilere riskleri grafiksel olarak değerlendirmeleri ve tedavide gecikmeleri yardımcı olmak için bir profil matrisi sağlar. Bu üç aşamalı çerçevede cerrahi ekip üyelerinin görüşler ile birlikte karar verme sürecinde hastanın görüşlerini de dikkate almışlardır [24].

Malekpoor, Mishra, Sumalya ve Kumari çalışmalarında; karmaşık ve zaman alıcı bir süreç olan ve genellikle geçmiş deneyimler kullanılarak yapılan prostat kanserinin doz planlaması için yeni bir TOPSIS CBR (case-based reasoning) yaklaşımı önerilmiştir [39]. Çalışmada vakalar, optimal doz planını belirlemek için TOPSIS kullanılarak değerlendirilmiş ve yöntemin sağlamlığı, hastaneden toplanan veri setlerinde doğrulanmıştır [39]. Deneyde önerilen metodoloji, CBR yaklaşımını geride bırakmış ve çok kriterli karar verme yaklaşımının uygunluğunu da onaylamıştır [39]. Bu yöntem, onkologlara başarı oranı ve tedavinin yan etkileri arasında daha iyi bir denge kurabilmeleri için yardımcı edecektir [39].

Literatürdeki ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı organ nakli için uygun hasta-organ eşleştirmesine dayalı sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır. Bu tezde ise literatürden farklı olarak nakil olmuş hastaların izlenmesine yönelik AHP ve TOPSIS yöntemlerinin kullanıldığı bir ÇKKV modeli önerilmektedir. Modelde, AHP ana kriterleri; TOPSIS alt kriterleri değerlendirmede kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi her hastanın nakil sonrası 1., 3., 6., ve 12. aylardaki test sonuçlarıyla tekrarlanmıştır. Son aşamada AHP ve TOPSIS’in birleştirilmesiyle hastaların durumları değerlendirilmiştir.

4. METODOLOJİ

4.1 TOPSIS

TOPSIS, Hwang ve Yoon tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir. TOPSIS, ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem: planlama, üretim, finans, ekonomi, yönetim, pazarlama, muhasebe, sağlık, ulaştırma, kamu sektörü, eğitim gibi birçok alanda kullanılmaktadır [23]. Bu yöntemin temel konsepti, “çözüm alternatifinin ideal çözüme en kısa mesafede ve negatif-ideal çözümden en uzak mesafede olmalıdır” şeklindedir. TOPSIS yönteminin, kriterlerin tekdüze artan ya da azalan fayda eğilimlerine sahip olduklarını varsaymasıyla ideal ve negatif-ideal çözümleri tanımlamayı kolaylaştırır.

4.1.1 TOPSIS yöntemi ile karar verme

Adım 1. Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

TOPSIS yöntemi, n kriter için değerlendirilen m alternatifi kapsayan karar matrisini değerlendirmektedir. Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları bulunur. Karar matrisinin sütunlarında ise değerlendirme faktörleri yer alır. Karar matrisi karar vericinin oluşturduğu başlangıç matrisidir ve aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

A_{ij} matrisinde m karar noktası, n değerlendirme faktörü sayısıdır.

Adım 2. Normalize Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Normalize karar matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanılarak aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (4.2)$$

R_{ij} matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Adım 3. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin (V) Oluşturulması
İlk olarak değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri belirlenmelidir.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (4.4)$$

Sonrasında R_{ij} matrisinin sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeriyle çarpılarak V_{ij} matrisini oluşturur. V_{ij} matrisi aşağıdaki gibi gösterilir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & \cdots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Adım 4. İdeal (A^+) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Belirlenmesi

TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün tekdüze artan ya da azalan bir eğilime sahip olduğunu varsayar.

İdeal çözüm seti oluşturulurken V matrisindeki sütun değerlerinin en büyükleri seçilir. Eğer ilgili değerlendirme faktörü minimum yönlüyse en küçüğü seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıda gösterilmiştir.

$$A^+ = \{(max_i v_{ij} | j \in J), (min_i v_{ij} | j \in J^*), i = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{v_{1^+}, v_{2^+}, \dots, v_{n^+}\} \quad (4.6)$$

Negatif-ideal çözüm seti oluşturulurken V matrisindeki sütun değerlerinin en küçükleri seçilir. Eğer ilgili değerlendirme faktörü maksimum yönlüyse en büyüğü seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıda gösterilmiştir.

$$A^- = \{(min_i v_{ij} | j \in J), (max_i v_{ij} | j \in J^*), i = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{v_{1^-}, v_{2^-}, \dots, v_{n^-}\} \quad (4.7)$$

İki denklemde de J fayda (maksimizasyon), J^* ise kayıp/maliyet (minimizasyon) değerini belirtir.

Adım 5. Ayırma Ölçümünün Hesaplanması

TOPSIS yönteminde, karar noktalarının değerlendirme faktör değerlerinin ideal ve negatif ideal çözümden sapmaları Öklit Uzaklık Yaklaşımı (Euclidian) ile bulunmaktadır. Bulunan sapma değerleri ise İdeal Ayırım (S_{i+}) ve Negatif İdeal Ayırım (S_{i-}) Ölçüsü olarak adlandırılır. İdeal ayırım (S_{i+}) ve negatif ideal ayırım (S_{i-}) ölçüsünün hesaplanması aşağıda gösterilmiştir:

$$S_{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j+})^2} \quad i = 1,2,3, \dots, m \quad (4.8)$$

$$S_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j-})^2} \quad i = 1,2,3, \dots, m \quad (4.9)$$

Adım 6. İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının (C_{i^*}) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçüleri kullanılır. Buradaki ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsüne oranıdır.

Hesaplamada kullanılan denklem aşağıda gösterilmiştir.

$$C_{i^*} = \frac{S_{i-}}{S_{i+} + S_{i-}} \quad (4.10)$$

C_{i^*} değeri $0 \leq C_{i^*} \leq 1$ aralığındadır. $C_{i^*} = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_{i^*} = 0$ ilgili karar noktasının negatif-ideal çözüme mutlak yakınlığını belirtir.

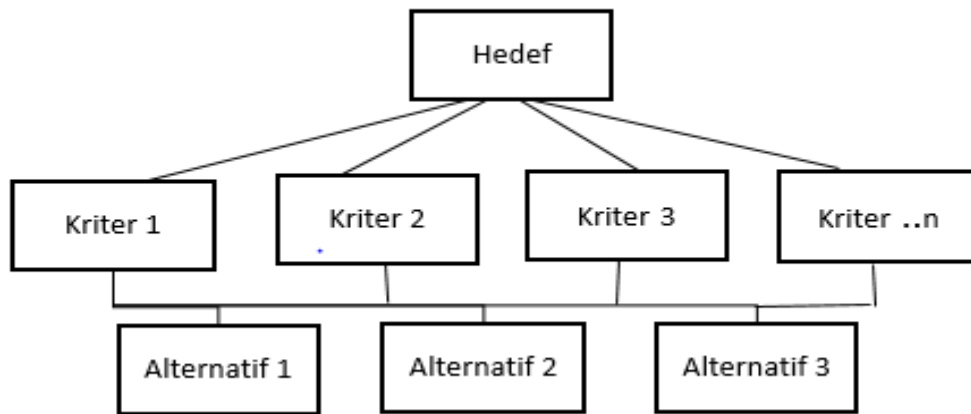
Adım 7. Tercih Sırasının Düzenlenmesi

Son aşamada olarak en iyi alternatifte C_{i^*} 'nin tercih sırasına göre karar verilir. En iyi alternatif ideal çözüme en yakın mesafede (aynı zamanda negatif-ideal çözüme en uzak mesafede) olandır. İdeal çözüm olan en iyi çözüm, fayda kriterini maksimize eden ve maliyet kriterini ise minimize eden çözümdür. Negatif ideal çözüm ise maliyet kriterini maksimize eden ve fayda kriterini minimize eden çözümdür.

4.2 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

AHP, objektif ve sübjektif değerlendirme ölçütlerinden faydalanan ve karar verme sürecinde kullanılan temel bir yaklaşımdır. AHP, ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert tarafından ortaya atılmıştır. Daha sonra, 1977 yılında Thomas Lorie Saaty tarafından bir model olarak geliştirilmiş ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinin çözümünde kullanılmaya başlanmıştır. AHP, günümüzde ÇKKV problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan bir karar verme yöntemidir.

AHP'de ilk adım olarak hiyerarşik bir yapı elde etmek için karar problemi bileşenlerine ayrılır. Bu, karar vericiye kararın daha küçük parçaları üzerine odaklanmasında imkan tanır. Karar hiyerarşisinin en üstünde ana hedef, bir altında kriterler, en altında ise karar alternatifleri bulunur. Şekil 4.1'de AHP modelinin hiyerarşik yapısı verilmiştir. AHP'nin ikinci adımını ikili karşılaştırmalar oluşturur. İkili karşılaştırmalar, iki kriterin/alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılması demektir. Bu adımda karar vermede kullanılan nitel ve nicel kriterler sayısallaştırılır ve karşılaştırılır. Böylece kriterlerin birbirine göre önem ağırlıkları belirlenmiş olur. Kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması uzman bilgisine başvurularak gerçekleştirilir. Sonrasında bu ikili karşılaştırmaların ağırlık puanına göre alternatiflerin öncelik sıralanması gerçekleştirilir.



Şekil 4.1 AHP Modelinin Hiyerarşik Yapısı

AHP kararların analizinde ve hesaplanmasında kullanılan bir modeldir. AHP; hiyerarşinin kurulması, üstünlüklerin belirlenmesi, nicel ve nitel tutarlılığın

sağlanması olmak üzere üç temel prensibe dayanır. AHP yönteminin avantajları aşağıda verilmiştir;

- Hiyerarşik yapısı sayesinde karmaşık olan problemleri daha basit yapıya indirger. Hiyerarşik yapının tüm parçaları birbirleri ile ilişki içindedir. Herhangi bir faktörde gerçekleştirilecek değişikliğin etkileri kolaylıkla görülebilir.
- İkili karşılaştırmalar sayesinde problemin daha iyi incelenmesini sağlar.
- Alternatiflerin ikili karşılaştırmalarında sadece sayısal verilere odaklanmaz. Kişisel düşünceler de değerlendirilir.
- Sayısal olarak ifade edilemeyen değerlendirmelerde, sözel ifadelerin kullanılması imkân sağlar.
- Yapılan ikili karşılaştırmaların tutarlılığı test edilebilir. Bu sayede, tutarsızlık durumunda karar verici hükümlerini tekrar ele alıp düzeltebilir.

AHP yönteminin bazı dezavantajları da mevcuttur ve şu şekilde sıralanabilir;

- Probleme yeni karar alternatiflerin eklenmesiyle alternatiflerin tercih sıralamasında değişiklikler gerçekleşebilir.
- İkili karşılaştırmalar esnasında kullanılan sözel ifadeler ile sayısal ifadelerin birbirini tam karşılayamadığı durumlar olabilir.
- Karşılaştırma soruları kolay gibi görünse bile çok sayıda karşılaştırmaların yapılmasının gerekmesi halinde AHP yönteminden kaçınılmaktadır.

4.3 Bulanık Mantık

İnsanların kararlarında bulanıklık ve belirsizlik vardır. Ayrıca, kesin sayısal değerlerle belirtilmesi mümkün değildir. Belirsizliklerin ve bulanıklıkların modellenmesi bulanık mantık ile olmaktadır.

Sözel değişkenler, net olarak ifade edilemeyen kavramların yaklaşık olarak ifade edilmesini sağlar. Sözel değişkenler kullanmak insan kararlarını modellemede daha gerçekçilik sağlar. Sözel değişkenlerin kullanılabilmesi bulanık mantık sistemini diğer mantık sistemlerinden ayırır.

4.4 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

AHP yönteminde alanında uzman kişilerin bilgilerinden faydalanılmasına rağmen insani düşünme biçimini tam olarak karşılayamamaktadır. AHP ikili karşılaştırma sürecinde, kesin sayılar kullanmasından ve kararsızlıklar ile belirsizlikleri ele almada yetersiz kalmasından eleştirilmektedir. Bulanık mantık ise konuşma dilindeki sözel belirsizlikleri modelleme ve hesap yaparken ele alma imkânı sağlar. Bunlardan ötürü bulanık mantık ile AHP birleştirilerek Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) geliştirilmiştir. AHP'de net değerlerin kullanılmasına karşın, BAHP'de karar vermek için kriterlerin ağırlıkları belli bir aralıkta alınır.

4.4.1 BAHS için literatür incelemesi

Literatürde birçok BAHP uygulaması bulunmaktadır. Bulanık AHP konusunda ilk çalışma üçgensel bulanık sayılar kullanılarak, bulanık oranları kıyaslayan Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır [17]. Daha sonra Buckley (1985) çalışmasında yamuk bulanık sayılardan faydalanarak bir model oluşturmuştur [6]. Chang (1992), BAHP'nin ikili karşılaştırma ölçeği için üçgen bulanık sayıları ve ikili karşılaştırmaların yapay mertebe değerleri için mertebe analizi yöntemini kullanarak BAHP'nin ele alınmasında yeni bir yaklaşım oluşturmuştur [13]. Chang (1996) bulanık AHP'de üçgen bulanık sayılardan faydalanarak yeni bir yaklaşım olarak ikili karşılaştırmalarda genişletilmiş analiz yöntemini kullanmıştır [7]. Deng (1999) çok ölçütlü sayısal analiz problemlerini ele alan bulanık yaklaşımı sunmuştur [9]. İleri sürülen bu yaklaşım, AHP, bulanık küme teorisi, bulanık genişletilmiş analiz, ideal çözüm ve α kesim kavramlarının sentezine dayanmaktadır [9]. Zhu, Jing ve Chang (1999) üçgen bulanık sayıların temel teorisini kanıtlamışlardır [38]. Ayrıca, üçgen bulanık sayıların büyüklük kıyaslamalarının formülasyonunu da geliştirmişlerdir [38]. Leung ve Cao (2000) tolerans ve sapmaları dikkate alarak bulanık tutarlılık tanımı önermişlerdir [18]. Sadece tutarlı verilerden faydalanmışlardır. Yu (2002) çalışmasında grup karar verme bulanık AHP problemlerinin çözümü için doğrusallaştırma methoduyla bulanık sıralamayı birleştirmiştir [36].

Literatürde, BAHP, proje seçiminde [11], servis değerlendirmesinde [22], güzergah seçiminde [3], proje risklerinin değerlendirilmesinde [31], web sitesinin kalitesinin değerlendirilmesinde [19], küçük ölçekli ve orta ölçekli işletmelerde banka kredisi

kararının alınmasında [8], tıbbi karar destek sistemlerinin seçiminde [33], PROMETHEE ile bütünleştirilerek esnek imalat sistemlerinde makine tezgah seçiminde [29], tedarikçi seçiminde [15], bulanık TOPSIS ile birlikte, dağıtım kanallarının yönetiminde örgütsel strateji geliştirmede [23], ve daha birçok alandaki karar verme probleminde kullanılmıştır.

4.5 Genişletilmiş Bulanık AHP Yöntemi (Chang 1996)

Chang (1996) tarafından önerilen genişletilmiş BAHP yöntemi, BAHP'nin uygulandığı birçok problemde kullanılmıştır. Bu yöntem klasik AHP'nin adımlarını izleyip ek işlem gerektirmemesi ve az hesap gereksinimi olmasından dolayı avantajlıdır. Fakat, sadece bulanık üçgensel sayıları kullanması sebebiyle dezavantajlıdır [10].

4.5.1 Genişletilmiş BAHP algoritması

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ nesne kümesi olsun. $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ ise amaç kümesi olarak tanımlansın. Chang'ın büyüklük analizine göre, her nesne alınır ve her amacın büyüklük analizi için, g_i , ayrı ayrı uygulanır [5]. Bu yüzden, m adet büyüklük analizi değeri her nesne için aşağıdaki gibi elde edilebilir [5]:

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, \dots, M_{gi}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.11)$$

M_{gi}^j ler, ($j = 1, 2, \dots, m$) üçgen bulanık sayılardır. Chang'ın büyüklük analizinin adımları aşağıdaki gibidir:

i. nesne için bulanık büyüklük değeri:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (4.12)$$

Burada, m adet büyüklük analizi değerinin bulanık toplamı $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ aşağıdaki gibi bulunur:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4.13)$$

$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$ ' i elde etmek için, M_{gi}^j değerlerinin bulanık toplamı aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4.14)$$

Bu aşamanın tamamlanmasıyla elde edilen bulanık sayıların sıralanması aşamasına geçilir.

4.5.2 Bulanık sayıların sıralanması

Bulanık değerlerin sıralanması, bulanık kümelerin farklı özelliklerine dayanarak yapılır ve aynı verilere uygulanan farklı sıralama yöntemleri farklı sonuçlara ulaştırabilir. Bu farklı yöntemlerin her birinin hem avantajları hem de dezavantajları vardır.

Bulanık sayıların sıralaması üzerine ilk çalışma 1976 yılında Jain tarafından yapılmıştır [12]. Günümüze kadar bulanık sayıların sıralaması üzerine birçok yöntem geliştirilmiştir. Üçgen bulanık sayıları sıralamada kullanılan çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bazıları;

- Chang Metodu
- Abdel-Kader ve Dugdale Metodu
- Liou ve Wang Metodu
- Kareli Ortalama Metodu
- Kwong-Bai Metodu

Bu yöntemlerin hepsinin kendine göre hem avantaj ve hem dezavantajları bulunmaktadır. Bu sebepten kullanılacak yönteme karar vermek kolay değildir.

4.5.2.1 Chang metodu

Chang metodu, BAHP algoritmasıyla ulaşılan sentez değerlerinin karşılaştırılmasına ve bu karşılaştırma değerlerinden daha sonra ağırlık değerlerinin elde edilmesine dayanır.

Sıralanacak bulanık sayılar $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ olarak tanımlanırsa, $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq \tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ ifadesinin olabilirlik derecesi aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y))] \quad (4.15)$$

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = hgt(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{\tilde{M}_2}(d) \quad (4.16)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer} \end{cases} \quad (4.17)$$

Buradaki d değeri, $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ üçgen bulanık sayılarının kesişim noktasının ordinatıdır [7]. Bu, \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 yi karşılaştırabilmek için, hem $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$ hem $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$ değerlerinin hesaplanması gerektiğini gösterir [7].

4.5.2.2 Abdel-Kader ve Dugdale metodu

Mevcut sıralama yöntemleri ya sol taraftaki üyelikler ya da her iki taraftaki üyelikler olarak yansıtılmaktadır. Abdel-Kader ve Dugdale, bir bulanık sayının sayılan üç kısmını da içeren yeni bir sıralama önerir [1]. Abdel-Kader ve Dugdale'nin önerdiği yöntemine göre, üçgen bir bulanık sayı üç kısma ayrılır. Bunlar; tam üyelikler, sol taraftaki kısmi üyelikler ve sağ taraftaki kısmi üyeliklerdir [1]. Bu değer α iyimserlik indeksi kullanılarak sıralanır [1].

$$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1), \dots, \tilde{M}_k = (l_k, m_k, u_k) \quad (4.18)$$

Bulanık sayıları için;

$S = (l_1, m_1, u_1, \dots, l_k, m_k, u_k)$ ve $V(\widetilde{M}_k)$ ise \widetilde{M}_k 'nın değeri olsun.

$$V(\widetilde{M}_k) = m_k \left\{ (\alpha) \left[\frac{u_k - x_{min}}{x_{mak} - x_{min} + u_k - m_k} \right] + (1 - \alpha) \left[1 - \frac{x_{mak} - l_k}{x_{mak} - x_{min} m_k - l_k} \right] \right\} \quad (4.19)$$

$$x_{min} = \inf S \quad (4.20)$$

$$x_{mak} = \sup S \quad (4.21)$$

4.5.2.3 Liou ve Wang metodu

Bu metot üçgen bulanık sayıların sıralanmasında toplam entegral değer metoduna dayanır. Yönteme göre, $\widetilde{M} = (l, m, u)$ üçgen bulanık sayı için aşağıdaki gibi toplam entegral değeri bulunur:

$$I_T^\alpha (\widetilde{M}) = \frac{1}{2} \alpha (m + u) + \frac{1}{2} (1 - \alpha)(l + m) = \frac{1}{2} [\alpha u + m + (1 - \alpha) l] \quad (4.22)$$

Bu bağıntıda verilen $\alpha \in [0,1]$ iyimserlik indeksidir. İyimserlik endeksi karar vericinin bakış açısını ifade etmektedir. İndeks büyümesi iyimser, küçülmesi karamsar bir karar vericiyi gösterir [20].

4.5.2.4 Kareli ortalama metodu

Bu yöntem sıfırın veya negatif sayıların olduğu durumlarda sıralamaya imkan vermektedir. Bu yöntem göre $\widetilde{M}_k = (l, m, u)$ üçgen bulanık sayı için,

$$K(M_k) = \sqrt{\frac{l^2 + m^2 + u^2}{3}} \quad (4.23)$$

olarak hesaplanır ve $K(M_k)$ değerleri sıralanır.

4.5.2.5 Kwong-Bai metodu

Bu metoda göre üçgen bulanık sayıları sıralanmasında kullanılan eşitlik aşağıdaki gibidir. $\tilde{M}_k = (l, m, u)$ üçgen bulanık sayı olmak üzere,

$$M_k = \frac{l+4m+u}{6} \quad (4.24)$$

olarak sıralanır [16].

Formüllerde elde edilen ağırlık vektörü normalize edilerek,

$$W = \left(\frac{w_1}{\sum_{i=1}^n w_i}, \frac{w_2}{\sum_{i=1}^n w_i}, \dots, \frac{w_n}{\sum_{i=1}^n w_i} \right) \quad (4.25)$$

denklemlerle göreceli önem vektörü bulunur.

Bulanık sayıların sıralanmasında Chang tarafından önerilen yöntemle tutarlılığın hesaplanması bazı durumlarda mümkün olmamaktadır. Çünkü bulanık AHP sonucunda toplam ağırlık vektöründe bazı kriterlerin ağırlıkları sıfır olarak hesaplanmaktadır. Tutarlılık indeksi hesaplanırken, bu durum matematikte tanımsızlığa sebep olmaktadır. Bu sebepten, bu çalışmada; sentez değerlerinin hesaplanmasında Chang metodu kullanılmış fakat bulanık sayıların sıralanması ve karşılaştırılmasında Kareli Ortalama metoduyla gerçekleştirilmiştir. BAHP’de kullanılan farklı ölçek türleri mevcuttur. Bu çalışmada, Chang yönteminde yer alan ölçek kullanılmıştır. Ölçek dereceleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Chang Yöntemine Göre BAHP’de kullanılan Ölçek

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit önemli	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
Biraz daha fazla önemli	(1,3,5)	(1/5,1/3,1/1)
Kuvvetli derecede önemli	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Tamamıyla önemli	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)

Bu alışma sadece AHP yöntemi kullanılarak gerçekleştirilebilirdi. Bu durumda doktorun her bir hastanın ayrı ayrı kan/idrar veya diğer bir tetkikin gerçek değerinin 0-1 arasındaki bir değerle ifade etmesi ve bunun AHP yöntemine “kriter değerlendirme puanı” olarak atanması gerekirdi. Böyle bir süreç gerçek değerin başka bir değere dönüşümünü gerektirdiğinden ve bu durumun da gerçek değerin sonuçlar üzerindeki etkisini dönüşümdeki kayıp nedeniyle azalttığından tercih edilmemiştir. Bunun yerine gerçek verilerin doğrudan kullanımını sağlayan TOPSIS yöntemi AHP yöntemi ile birleştirilmiştir.



5. UYGULAMA

Çalışma, canlı vericiden böbrek nakli olan hastalarda her bir hasta bazında nakil böbrek başarısının değerlendirilmesi ve yorumlanmasını amaçlamaktadır. Bu bölümde bu amaçla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP ve TOPSIS modellerinin geliştirilmesi aşamaları sunulmaktadır.

5.1 Hastane Verileri

Çalışmanın uygulama aşamasında gerçek bir sonuca ulaşması için en önemli faktör verilerin elde edilmesidir. 2017-2018 yılları arasından nakil olan 20 hastanın 1 yıllık değerlendirme süreci için 3'er aylık test verileri seçilerek kullanılmıştır. Söz konusu 20 hasta Ankaradaki bir üniversite hastanesi'nde nakil olmuş ve hala tüm kontrolleri bu hastanede devam etmekte olan hastalardır.

Performans kriterlerinin seçiminde, alanında uzman doktorların görüşlerinden faydalanılmıştır. Bu doğrultuda performans ölçütü olarak kabul edilen 6 kriter, 21 alt kriter kullanılmıştır. Canlı vericiden böbrek nakli olan hastalarda nakil böbrek başarısının değerlendirilmesi için kullanılacak kriterler Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

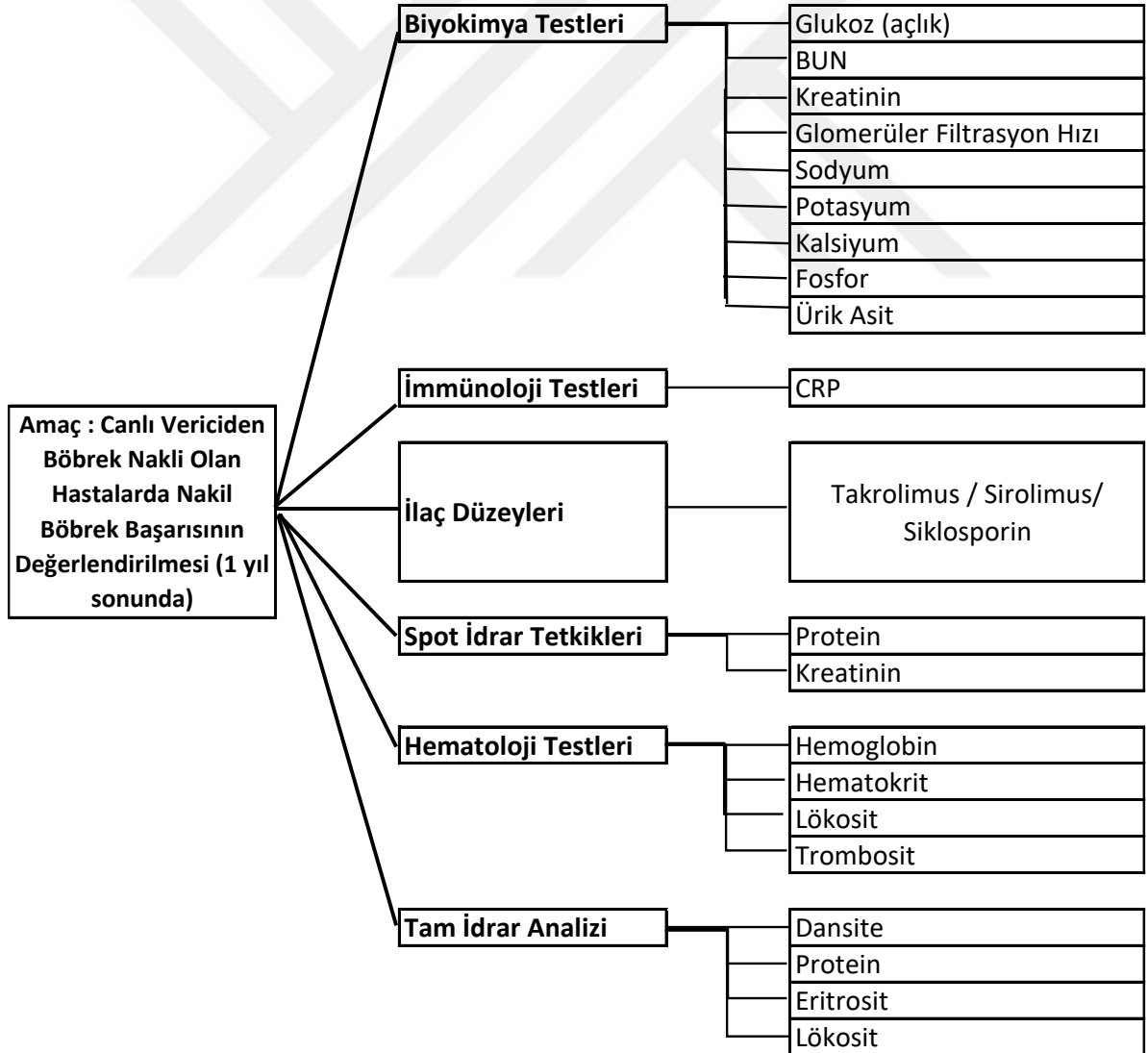
Çizelge 5.1 Kullanılan Kriterler ve Alt Kriterler

Sıra	Kod	Kriter
	BT	Biyokimya Testleri
1	BT1	Glukoz (açlık)
2	BT2	BUN
3	BT3	Kreatinin
4	BT4	Glomerüler Filtrasyon Hızı
5	BT5	Sodyum
6	BT6	Potasyum
7	BT7	Kalsiyum
8	BT8	Fosfor
9	BT9	Ürik Asit
	İT	İmmünoloji Testleri
10	İT1	CRP
	İD	İlaç Düzeyleri
11	İD1	Siklosporin
11	İD1	Takrolimus
11	İD1	Sirolimus
	SİT	Spot İdrar Tetkikleri
12	SİT1	Protein
13	SİT2	Kreatinin

Çizelge 5.1 Devam

Sıra	Kod	Kriter
	HT	Hematoloji Testleri
14	HT1	Hemoglobin
15	HT2	Hematokrit
16	HT3	Lökosit
17	HT4	Trombosit
	TİA	Tam İdrar Analizi
18	TİA1	Dansite
19	TİA2	Protein
20	TİA3	Eritrosit
21	TİA4	Lökosit

Çalışmada AHP modelinin ilk aşaması hiyerarşik yapının oluşturulmasıdır. Bu amaç doğrultusunda daha önceden Şekil 5.1'deki hiyerarşik yapı oluşturulmuştur.



Şekil 5.1 Hiyerarşik Yapı

5.2 Ağırlıklandırma

Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra ağırlıkların hesaplanabilmesi için kriterler kendi aralarında ikili karşılaştırmalarında organ naklinde uzman doktorların görüşleri dikkate alınmıştır. Uzmanlar, Chang tarafından önerilen ikili karşılaştırma ölçeğini kullanmışlardır. Uygulamada 6 ana kriter bulunduğundan 6x6'lık tablo oluşturulmuştur. Tabloda yer alan değerler üçgen bulanık sayılara göre oluşturulmuştur. Chang ölçeğine ve uzman görüşlerine göre oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 Üçgen Bulanık sayılarla Oluşturulmuş Kriterlerin İkili Karşılaştırması

	Biyokimya Testleri	İmmünoloji Testleri	İlaç Düzeyi	Spot İdrar Tetkikleri	Hematoloji Testi	Tam İdrar Analizi
Biyokimya Testleri	1 1 1	3 5 7	1 3 5	5 7 9	1 3 5	3 5 7
İmmünoloji Testleri	0,14 0,20 0,33	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 3 5
İlaç Düzeyi	0,20 0,33 1,00	1 1 1	1 1 1	3 5 7	1 3 5	1 3 5
Spot İdrar Tetkikleri	0,11 0,14 0,20	1 1 1	0,14 0,20 0,33	1 1 1	1 3 5	1 3 5
Hematoloji Testi	0,20 0,33 1,00	1 1 1	0,20 0,33 1,00	0,2 0,33 1	1 1 1	1 3 5
Tam İdrar Analizi	0,14 0,20 0,33	0,2 0,33 1	0,20 0,33 1,00	0,2 0,33 1	0,2 0,33 1	1 1 1

Sentez değerleri, alternatifler arasında sıralama yapmak amacıyla genişletilmiş BAHF'de kullanılan üçgen bulanık sayılarla hesap edilmiştir. Kareli Ortalama metoduyla ise bulanık sayılar reel sayılara dönüştürülmüştür. Böylece ağırlıklar bulunmuştur.

Chang'in genişletilmiş BAHP algoritmasında üçgen bulanık sayıların toplama işlemi (4.13) numaralı eşitlikteki şekilde hesaplanır. (4.13) numaralı eşitlik $j=1, \dots, 6$ için yeniden gösterilecek olursa;

$$\sum_{j=1}^6 M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^6 l_j, \sum_{j=1}^6 m_j, \sum_{j=1}^6 u_j) \quad (5.26)$$

$i=1$ (Biyokimya testleri) için bulanık sayılar toplamı;

$$\sum_{j=1}^6 M_{gi}^j = (1,1,1) + (3,5,7) + (1,3,5) + (5,7,9) + (1,3,5) + (3,5,7) = (14,24,34) \quad (5.27)$$

i. nesne için (biyokimya testi) sentez değeri (4.12) numaralı eşitlik ile hesaplanır. Her bir kriter için bulunan toplamlar ve sentez değerleri Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3 Kriterler için Sentez Değerleri

	$\sum l$	$\sum m$	$\sum u$	Her Bir Nesne için Sentez Değerleri		
Biyokimya Testleri	14,0000	24,0000	34,0000	0,1535	0,3908	0,9408
İmmünoloji Testleri	5,1429	7,2000	9,3333	0,0564	0,1172	0,2583
İlaç Düzeyi	7,2000	13,3333	20,0000	0,0789	0,2171	0,5534
Spot İdrar Tetkikleri	4,2540	8,3429	12,5333	0,0466	0,1359	0,3468
Hematoloji Testi	3,6000	6,0000	10,0000	0,0395	0,0977	0,2767
Tam İdrar Analizi	1,9429	2,5333	5,3333	0,0213	0,0413	0,1476

Hesaplanan bu bulanık sayıların reel sayıya çevrilmesi gerekir. Bu çalışmada Kareli ortalama metodundan faydalanılmıştır ve sonuçlar Çizelge 5.4'te verilmiştir. Bulanık sayıları reel sayıya çevirmek için (23) numaralı eşitlik kullanılmıştır ve ağırlığı en yüksek olan kriter belirlenmiştir. Her bir kriterin ağırlığı Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kriterler için Kareli Ortalama Sonucu

	Kareli Ortalama	Normalizasyon
Biyokimya Testleri	0,5948	0,3753
İmmünoloji Testleri	0,1670	0,1053
İlaç Düzeyi	0,3462	0,2184
Spot İdrar Tetkikleri	0,2167	0,1367
Hematoloji Testi	0,1709	0,1079
Tam İdrar Analizi	0,0893	0,0564

Çizelge 5.5 Kareli Ortalamaya Göre Kriterlerin Ağırlık Değerleri

AHP Sonucu	Ağırlık	Sıralama
Biyokimya Testleri	0,3753	1
İmmünoloji Testleri	0,1053	5
İlaç Düzeyleri	0,2184	2
Spot İdrar Tetkikleri	0,1367	3
Hematoloji Testleri	0,1079	4
Tam İdrar Analizi	0,0564	6

Alt kriterler uzman doktorların görüşleri doğrultusunda 1 ile 10 arasında önemine göre puanlanmış ve normalize değerleriyle birlikte Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Alt Kriterlerin Ağırlıkları

Testler	Numune Türü	Birim	Referans Değerler	Puanlama	Normalizasyon
Biyokimya Testleri				(1-10)	
Glukoz (açlık)	Serum	mg/dl	70 – 105	8	0,125
BUN	Serum	mg/dl	6 -26	10	0,1563
Kreatinin	Serum	mg/dl	0,7 - 1,3	10	0,1563
Glomerüler Filtrasyon Hızı	Serum	ml/dk/1.73m ²	> 60	10	0,1563
Sodyum	Serum	mmol/L	135 – 146	8	0,125
Potasyum	Serum	mmol/L	3,5 - 5,2	9	0,1406
Kalsiyum	Serum	mg/Dl	8,4 - 10,2	4	0,0625
Fosfor	Serum	mg/dL	2,3 - 4,7	2	0,0313
Ürik Asit	Serum	mg/dL	3 - 7,2	3	0,0469
İmmünoloji Testleri					
CRP	Serum	mg/L	0 – 5	-	-
İlaç Düzeyleri					
Siklosporin	Tam Kan	µg/L	100 - 400	-	-
Takrolimus	Tam Kan	µg/L	5 – 20	-	-
Sirolimus	Tam Kan	µg/MI	4,5 – 28	-	-

Çizelge 5.6 Devam

Testler	Numune Türü	Birim	Referans Değerler	Puanlama	Normalizasyon
Spot İdrar Tetkikleri					
Protein	Spot İdrar	mg/dL	1 -14	10	0,5
Kreatinin	Spot İdrar	mg/dL	22 – 328	10	0,5
Hematoloji Testleri					
Hemoglobin	Tam Kan	g/dL	13,5 – 18	10	0,2632
Hematokrit	Tam Kan	%	36 – 50	8	0,2105
Lökosit	Tam Kan	bin/ μ L	4,5 – 11	10	0,2632
Trombosit	Tam Kan	bin/ μ L	150 - 400	10	0,2632
Tam İdrar Analizi					
Dansite	Spot İdrar		1005 - 1025	8	0,2222
Protein	Spot İdrar	mg/dL	0 – 25	8	0,2222
Eritrosit	Spot İdrar	Her Sahada	0 – 4	10	0,2778
Lökosit	Spot İdrar	Her Sahada	0 – 5	10	0,2778

İlaç türleri ana kriteri altındaki takrolimus, sirolimus, siklosporin'den her hasta için biri doktor tarafından belirlenir ve hasta rejeksiyondan kaçınmak için sadece o belirlenen ilacı kullanır. Yani ilaç türleri ana kriteri altında her hasta için özel olarak belirlenmiş olan tek bir alt kriter vardır. Çalışmanın devamında kolaylık sağlaması için sadece takrolimus ilacını kullanan hasta verileri ile çalışılmıştır.

Bu çalışmada çok sayıda alt kriter bulunmasından dolayı tek bir TOPSIS ile alt kriterlerin değerlendirilmesi mümkün değildir. Bu sebeple, bu alt kriterlere kendi içinde TOPSIS metodu uygulanmıştır ve ağırlıklar da bu doğrultuda belirlenmiştir.

5.3 TOPSIS ile Hasta Durumu Değerlendirilmesi

Çalışmada belirlenen 6 ana kriter altında 21 alt kriter bulunması, her ana kriter için TOPSIS uygulanmasını gerektirmiştir. Çünkü bu kadar çok sayıda kriteri tek TOPSIS ile değerlendirmek gerçekten uzak yanıltıcı sonuçlara sebep olmaktadır. Dolayısıyla; biyokimya testleri, spot idrar tetkikleri, hematoloji testleri ve tam idrar analizi için ayrı ayrı TOPSIS kurulmuştur. 1., 3., 6., ve 12. aylardaki test sonuçları için tekrarlanmıştır. Çizelge 5.7'de bir hasta için tekrar edilmiş biyokimya test sonuçlarıyla oluşturulan karar matrisi verilmiştir.

Çizelge 5.7 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçlarıyla Kurulan Karar Matrisi

1. AY	Biyokimya Testleri								
	Glukoz (açlık)	BUN	Kreatinin	Glomerüler Filtrasyon Hızı	Sodyum	Potasyum	Kalsiyum	Fosfor	Ürik Asit
W	0,1250	0,1563	0,1563	0,1563	0,1250	0,1406	0,0625	0,0313	0,0469
Hasta 1	93	17,5	1,12	98	139	4,9	9,6	4,67	6,7
Hasta 2	102	15,1	1,19	80	139	3,7	9,7	3,66	4,4
Hasta 3	86	15,5	0,87	112	141	4,6	9,3	5,11	4,8
Hasta 4	128	37,8	0,72	75	135	4,6	9,7	2,8	6,4
Hasta 5	71	24	0,6	75	138	4,7	9,6	4,53	4,4
Hasta 6	83	27,4	1,17	75	139	5,3	9,1	4,71	4,7
Hasta 7	97	27,2	1,11	89	143	3,5	6,5	3,87	8,4
Hasta 8	90	53,9	6,03	7	130	5	8,2	6,18	6,1
Hasta 9	143	55	6,25	73	136	4,3	5,1	1,89	3,2
Hasta 10	77	20,8	0,38	75	135	4,8	9,4	3,73	4
Hasta 11	109	15,8	0,71	75	135	3,9	10	1,81	5,7
Hasta 12	123	42	1,85	40	132	4,6	9,6	2,34	3,7
Hasta 13	94	25	0,7	117	137	4,3	10,1	3,41	5,8
Hasta 14	109	45,2	1,5	63	140	4,3	9,4	3,83	10,6
Hasta 15	100	60,6	1,6	48	138	5,2	9,6	4,21	10,9
Hasta 16	95	11,2	0,84	122	141	4,4	9,2	3,86	7,7
Hasta 17	108	19,7	0,78	125	136	5	9,6	2,42	6,2
Hasta 18	95	29,1	1,67	48	140	4,1	9,4	2,99	9,1
Hasta 19	93	27,2	1,68	67	141	4,1	9,5	3,01	4,32
Hasta 20	84	28,9	1,34	60	138	3,9	9,7	2,51	14,3
Alt. Değ.Kare Top. Karekökü	449,2	148,1	10,0	363,9	615,7	20,1	41,1	16,7	31,9

Daha sonra eşitlik (4.2) kullanılarak nakilden 1 ay sonrası biyokimya test sonuçları için normalize karar matrisi oluşturulmuştur. Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçlarıyla Kurulan Normalize Karar Matrisi

Normalize Karar Matrisi									
Hasta No	Glukoz (açlık) Puanı	BUN Puanı	Kreatinin Puanı	Glomerüler Filtrasyon Hızı Puanı	Sodyum Puanı	Potasyum Puanı	Kalsiyum Puanı	Fosfor Puanı	Ürik Asit Puanı
Hasta 1	0,2070	0,1182	0,1118	0,2693	0,2257	0,2442	0,2335	0,2789	0,2100
Hasta 2	0,2271	0,1020	0,1187	0,2198	0,2257	0,1844	0,2360	0,2186	0,1379
Hasta 3	0,1914	0,1047	0,0868	0,3078	0,2290	0,2293	0,2262	0,3052	0,1504
Hasta 4	0,2849	0,2553	0,0718	0,2061	0,2192	0,2293	0,2360	0,1672	0,2005
Hasta 5	0,1581	0,1621	0,0599	0,2061	0,2241	0,2343	0,2335	0,2706	0,1379
Hasta 6	0,1848	0,1851	0,1168	0,2061	0,2257	0,2642	0,2214	0,2813	0,1473
Hasta 7	0,2159	0,1837	0,1108	0,2446	0,2322	0,1744	0,1581	0,2311	0,2632
Hasta 8	0,2003	0,3640	0,6017	0,0192	0,2111	0,2492	0,1995	0,3691	0,1911
Hasta 9	0,3183	0,3715	0,6237	0,2006	0,2209	0,2143	0,1241	0,1129	0,1003
Hasta 10	0,1714	0,1405	0,0379	0,2061	0,2192	0,2392	0,2287	0,2228	0,1253
Hasta 11	0,2426	0,1067	0,0709	0,2061	0,2192	0,1944	0,2433	0,1081	0,1786
Hasta 12	0,2738	0,2837	0,1846	0,1099	0,2144	0,2293	0,2335	0,1398	0,1159
Hasta 13	0,2093	0,1688	0,0699	0,3215	0,2225	0,2143	0,2457	0,2037	0,1817
Hasta 14	0,2426	0,3053	0,1497	0,1731	0,2274	0,2143	0,2287	0,2287	0,3322
Hasta 15	0,2226	0,4093	0,1597	0,1319	0,2241	0,2592	0,2335	0,2514	0,3416
Hasta 16	0,2115	0,0756	0,0838	0,3352	0,2290	0,2193	0,2238	0,2305	0,2413
Hasta 17	0,2404	0,1331	0,0778	0,3435	0,2209	0,2492	0,2335	0,1445	0,1943
Hasta 18	0,2115	0,1965	0,1666	0,1319	0,2274	0,2043	0,2287	0,1786	0,2852
Hasta 19	0,2070	0,1837	0,1676	0,1841	0,2290	0,2043	0,2311	0,1798	0,1354
Hasta 20	0,1870	0,1952	0,1337	0,1649	0,2241	0,1944	0,2360	0,1499	0,4481

Ağırlıklandırılmış matris yukarıda verilen normalize matris ile uzman doktorlar ile belirlenen ağırlıklar çarpılarak Çizelge 5.9'da sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.9 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçlarıyla Kurulan Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi									
Hasta No	Glukoz (açlık) Puanı	BUN Puanı	Kreatinin Puanı	Glomerüler Filtrasyon Hızı Puanı	Sodyum Puanı	Potasyum Puanı	Kalsiyum Puanı	Fosfor Puanı	Ürik Asit Puanı
Hasta 1	0,0259	0,0185	0,0175	0,0421	0,0282	0,0343	0,0146	0,0087	0,0098
Hasta 2	0,0284	0,0159	0,0186	0,0343	0,0282	0,0259	0,0147	0,0068	0,0065
Hasta 3	0,0239	0,0164	0,0136	0,0481	0,0286	0,0322	0,0141	0,0095	0,0071
Hasta 4	0,0356	0,0399	0,0112	0,0322	0,0274	0,0322	0,0147	0,0052	0,0094
Hasta 5	0,0198	0,0253	0,0094	0,0322	0,0280	0,0329	0,0146	0,0085	0,0065
Hasta 6	0,0231	0,0289	0,0182	0,0322	0,0282	0,0371	0,0138	0,0088	0,0069
Hasta 7	0,0270	0,0287	0,0173	0,0382	0,0290	0,0245	0,0099	0,0072	0,0123
Hasta 8	0,0250	0,0569	0,0940	0,0030	0,0264	0,0350	0,0125	0,0115	0,0090
Hasta 9	0,0398	0,0580	0,0975	0,0313	0,0276	0,0301	0,0078	0,0035	0,0047
Hasta 10	0,0214	0,0220	0,0059	0,0322	0,0274	0,0336	0,0143	0,0070	0,0059
Hasta 11	0,0303	0,0167	0,0111	0,0322	0,0274	0,0273	0,0152	0,0034	0,0084
Hasta 12	0,0342	0,0443	0,0288	0,0172	0,0268	0,0322	0,0146	0,0044	0,0054
Hasta 13	0,0262	0,0264	0,0109	0,0502	0,0278	0,0301	0,0154	0,0064	0,0085
Hasta 14	0,0303	0,0477	0,0234	0,0270	0,0284	0,0301	0,0143	0,0071	0,0156
Hasta 15	0,0278	0,0640	0,0249	0,0206	0,0280	0,0364	0,0146	0,0079	0,0160
Hasta 16	0,0264	0,0118	0,0131	0,0524	0,0286	0,0308	0,0140	0,0072	0,0113
Hasta 17	0,0301	0,0208	0,0122	0,0537	0,0276	0,0350	0,0146	0,0045	0,0091
Hasta 18	0,0264	0,0307	0,0260	0,0206	0,0284	0,0287	0,0143	0,0056	0,0134
Hasta 19	0,0259	0,0287	0,0262	0,0288	0,0286	0,0287	0,0144	0,0056	0,0063
Hasta 20	0,0234	0,0305	0,0209	0,0258	0,0280	0,0273	0,0147	0,0047	0,0210

İdeal ve negatif ideal çözümler her bir hastanın durumu ayrı ayrı değerlendirilerek hastanın özellikleri dikkate alınarak hasta bazında bireysel olarak belirlenmektedir. Hasta 1 için belirlenen ideal çözümler Çizelge 5.10'da verilmiştir. Örneğin ürik asit için doktor tarafından belirlenen alt ve üst limitler 3 ve 4,5'tir. Bu değerler kullanılarak ve karar matrisinden faydalanılarak Eş. (4.2) ve (4.4)'deki

hesaplamalarla ağırlıklı normalize ideal çözüm değerleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir (ayrıca bakınız: Çizelge 5.7):

$$(3/31,9)*(0,0469)= 0,004$$

$$(4,5/31,9)*(0,0469)= 0,0066$$

Çizelge 5.10 Biyokimya Test Sonuçlarına Göre Hasta1 için İdeal Çözümler

İdeal ve Negatif İdealler	Glukoz (açlık) Puanı	BUN Puanı	Kreatinin Puanı	Glomerüler Filtrasyon Hızı Puanı	Sodyum Puanı	Potasyum Puanı	Kalsiyum Puanı	Fosfor Puanı	Ürik Asit Puanı
A+	0,030	0,019	0,0350	0,1000	0,0480	0,0402	0,0452	0,0329	0,004
A-	0,035	0,0813	0,0650	0,0000	0,0520	0,0598	0,0548	0,0671	0,0066

Hasta 1'in "ürik asit" kriterinde olduğu gibi diğer kriterlerde ve tüm hastalar için ideal değerler ayrı ayrı belirlendikten sonra hasta bazında birbirinden bağımsız hale getirilen değerlerle her bir hasta için TOPSIS sonuç puanları eşitlik (4.8) - (4.9) kullanılarak Çizelge 5.11'deki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 5.11 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçları için İdeal ve Negatif İdeal Ayırım Ölçümü

İdeal Ayırım Ölçümü	Puanlar	Negatif İdeal Ayırım Ölçümü	Puanlar
S1+	0,0522	S1-	0,1121
S2+	0,0573	S2-	0,1159
S3+	0,0516	S3-	0,1156
S4+	0,0646	S4-	0,1070
S5+	0,0609	S5-	0,1133
S6+	0,0576	S6-	0,1061
S7+	0,0599	S7-	0,1119
S8+	0,1027	S8-	0,0943
S9+	0,0964	S9-	0,0969
S10+	0,0628	S10-	0,1173
S11+	0,0622	S11-	0,1201
S12+	0,0709	S12-	0,1002
S13+	0,0541	S13-	0,1136
S14+	0,0668	S14-	0,0987
S15+	0,0776	S15-	0,0926
S16+	0,0528	S16-	0,1203
S17+	0,0530	S17-	0,1161
S18+	0,0655	S18-	0,1069
S19+	0,0594	S19-	0,1065
S20+	0,0656	S20-	0,1102

İdeal ve negatif ideal ayırım ölçüleri, ideal çözüme görelî yakınlığının hesaplanmasında eşitlik (4.10) daki gibi kullanılır. Sonuçları Çizelge 5.12'de aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.12 Nakilden 1 Ay Sonrası Biyokimya Test Sonuçları için İdeal Çözüme Görelî Yakınlık

İdeal Çözüme Görelî Yakınlık Değerleri	
Hasta Numarası	TOPSIS Puanları
Hasta 1	0,6824
Hasta 2	0,6693
Hasta 3	0,6913
Hasta 4	0,6236
Hasta 5	0,6503
Hasta 6	0,6480
Hasta 7	0,6512
Hasta 8	0,4786
Hasta 9	0,5014
Hasta 10	0,6514
Hasta 11	0,6587
Hasta 12	0,5856
Hasta 13	0,6774
Hasta 14	0,5963
Hasta 15	0,5441
Hasta 16	0,6949
Hasta 17	0,6865
Hasta 18	0,6200
Hasta 19	0,6419
Hasta 20	0,6267

Sonrasında Çizelge 5.12'deki gibi hesaplanan ideal çözüme görelî yakınlık değerleri, BAHP ile birleştirilmek için BAHP'de hesaplanan ağırlık değeriyle çarpılır. Son aşama olan AHP-TOPSIS puanları Çizelge 5.13'deki gibi elde edilir. Bu çizelgede nakilden 1 ay sonrası biyokimya test sonuçlarına göre hasta puanları her bir hasta için ayrı ayrı verilmektedir.

Çizelge 5.13 AHP-TOPSIS Puanları

1. Ay Biyokimya Testi	
Hasta Numarası	Bulanık AHP TOPSIS Puanları
Hasta 1	0,2561
Hasta 2	0,2512
Hasta 3	0,2594
Hasta 4	0,2340
Hasta 5	0,2440
Hasta 6	0,2432
Hasta 7	0,2444
Hasta 8	0,1796
Hasta 9	0,1881
Hasta 10	0,2445
Hasta 11	0,2472
Hasta 12	0,2198
Hasta 13	0,2542
Hasta 14	0,2238
Hasta 15	0,2042
Hasta 16	0,2608
Hasta 17	0,2576
Hasta 18	0,2327
Hasta 19	0,2409
Hasta 20	0,2352

5.4 İmmünoloji Testine Göre Hasta Durumu Değerlendirilmesi

İmmünoloji testinin alt kriteri olarak sadece CRP değerlendirilmiştir. Çizelge 5.14'te 20 hastanın 1., 3., 6. ve 12. aya göre test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.14 1., 3., 6. ve 12. Aya Göre İmmünoloji Test Sonuçları

İmmünoloji Testleri		İmmünoloji Testleri	
1. Ay	CRP (türbidimetrik)	3. Ay	CRP (türbidimetrik)
W	0,1053	W	0,1053
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	0,2	Hasta 1	0,2
Hasta 2	1,11	Hasta 2	2,7
Hasta 3	1,24	Hasta 3	0,55
Hasta 4	1,4	Hasta 4	89,4
Hasta 5	0,3	Hasta 5	0,7
Hasta 6	0,2	Hasta 6	0,71
Hasta 7	4,1	Hasta 7	26,57
Hasta 8	14,2	Hasta 8	5,03
Hasta 9	11,23	Hasta 9	0,3
Hasta 10	0,57	Hasta 10	0,2
Hasta 11	1,44	Hasta 11	0,6
Hasta 12	12,64	Hasta 12	1,5
Hasta 13	2,39	Hasta 13	1,26
Hasta 14	43,17	Hasta 14	65,14
Hasta 15	1,5	Hasta 15	0,54
Hasta 16	2,64	Hasta 16	6,16
Hasta 17	0,2	Hasta 17	0,7
Hasta 18	0,95	Hasta 18	17,78
Hasta 19	0,2	Hasta 19	0,9
Hasta 20	0,56	Hasta 20	0,7
6. Ay	CRP (türbidimetrik)	12. Ay	CRP (türbidimetrik)
W	0,1053	W	0,1053
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	2,1	Hasta 1	2
Hasta 2	1,4	Hasta 2	2
Hasta 3	8,1	Hasta 3	2
Hasta 4	1,5	Hasta 4	13,8
Hasta 5	0,2	Hasta 5	2
Hasta 6	2	Hasta 6	2
Hasta 7	157,2	Hasta 7	128,4
Hasta 8	12,5	Hasta 8	12
Hasta 9	0,32	Hasta 9	15,1
Hasta 10	0,22	Hasta 10	2
Hasta 11	0,36	Hasta 11	2
Hasta 12	0,4	Hasta 12	9,4
Hasta 13	2	Hasta 13	3,3
Hasta 14	2	Hasta 14	2
Hasta 15	6,1	Hasta 15	3,5
Hasta 16	2	Hasta 16	2
Hasta 17	2	Hasta 17	1,6
Hasta 18	24,3	Hasta 18	169,7
Hasta 19	10,6	Hasta 19	4,2
Hasta 20	2	Hasta 20	5,2

Hastaların ağırlıklı normalize immüloji test değerleri Çizelge 5.15'te verilmiştir.

Çizelge 5.15 İmmünoloji Testi Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

1. Ay Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi		3. Ay Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi	
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	0,1011	Hasta 1	0,1011
Hasta 2	0,0820	Hasta 2	0,0485
Hasta 3	0,0792	Hasta 3	0,0938
Hasta 4	0,0758	Hasta 4	0,0000
Hasta 5	0,0990	Hasta 5	0,0906
Hasta 6	0,1011	Hasta 6	0,0904
Hasta 7	0,0190	Hasta 7	0,0000
Hasta 8	0,0000	Hasta 8	0,0000
Hasta 9	0,0000	Hasta 9	0,0990
Hasta 10	0,0933	Hasta 10	0,1011
Hasta 11	0,0750	Hasta 11	0,0927
Hasta 12	0,0000	Hasta 12	0,0737
Hasta 13	0,0550	Hasta 13	0,0788
Hasta 14	0,0000	Hasta 14	0,0000
Hasta 15	0,0737	Hasta 15	0,0940
Hasta 16	0,0497	Hasta 16	0,0000
Hasta 17	0,1011	Hasta 17	0,0906
Hasta 18	0,0853	Hasta 18	0,0000
Hasta 19	0,1011	Hasta 19	0,0864
Hasta 20	0,0935	Hasta 20	0,0906
6. Ay Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi		12. Ay Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi	
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	0,0611	Hasta 1	0,0632
Hasta 2	0,0758	Hasta 2	0,0632
Hasta 3	0,0000	Hasta 3	0,0632
Hasta 4	0,0737	Hasta 4	0,0000
Hasta 5	0,1011	Hasta 5	0,0632
Hasta 6	0,0632	Hasta 6	0,0632
Hasta 7	0,0000	Hasta 7	0,0000
Hasta 8	0,0000	Hasta 8	0,0000
Hasta 9	0,0986	Hasta 9	0,0000
Hasta 10	0,1007	Hasta 10	0,0632
Hasta 11	0,0978	Hasta 11	0,0632
Hasta 12	0,0969	Hasta 12	0,0000
Hasta 13	0,0632	Hasta 13	0,0358
Hasta 14	0,0632	Hasta 14	0,0632
Hasta 15	0,0000	Hasta 15	0,0316
Hasta 16	0,0632	Hasta 16	0,0632
Hasta 17	0,0632	Hasta 17	0,0716
Hasta 18	0,0000	Hasta 18	0,0000
Hasta 19	0,0000	Hasta 19	0,0169
Hasta 20	0,0632	Hasta 20	0,0000

Son olarak doktorların hasta bazında ideal çözümleri belirlemelerinin ardından TOPSIS puanları hesaplanmıştır (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16 Nakil Sonrası İmmünoloji Test Sonuçlarına Göre Hastaların TOPSIS Puanları

1. Ay Sıralama		3. Ay Sıralama	
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	0,1011	Hasta 1	0,1011
Hasta 2	0,0820	Hasta 2	0,0485
Hasta 3	0,0792	Hasta 3	0,0938
Hasta 4	0,0758	Hasta 4	0,0000
Hasta 5	0,0990	Hasta 5	0,0906
Hasta 6	0,1011	Hasta 6	0,0904
Hasta 7	0,0190	Hasta 7	0,0000
Hasta 8	0,0000	Hasta 8	0,0000
Hasta 9	0,0000	Hasta 9	0,0990
Hasta 10	0,0933	Hasta 10	0,1011
Hasta 11	0,0750	Hasta 11	0,0927
Hasta 12	0,0000	Hasta 12	0,0737
Hasta 13	0,0550	Hasta 13	0,0788
Hasta 14	0,0000	Hasta 14	0,0000
Hasta 15	0,0737	Hasta 15	0,0940
Hasta 16	0,0497	Hasta 16	0,0000
Hasta 17	0,1011	Hasta 17	0,0906
Hasta 18	0,0853	Hasta 18	0,0000
Hasta 19	0,1011	Hasta 19	0,0864
Hasta 20	0,0935	Hasta 20	0,0906
6. Ay Sıralama		12. Ay Sıralama	
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	0,0611	Hasta 1	0,0632
Hasta 2	0,0758	Hasta 2	0,0632
Hasta 3	0,0000	Hasta 3	0,0632
Hasta 4	0,0737	Hasta 4	0,0000
Hasta 5	0,1011	Hasta 5	0,0632
Hasta 6	0,0632	Hasta 6	0,0632
Hasta 7	0,0000	Hasta 7	0,0000
Hasta 8	0,0000	Hasta 8	0,0000
Hasta 9	0,0986	Hasta 9	0,0000
Hasta 10	0,1007	Hasta 10	0,0632
Hasta 11	0,0978	Hasta 11	0,0632
Hasta 12	0,0969	Hasta 12	0,0000
Hasta 13	0,0632	Hasta 13	0,0358
Hasta 14	0,0632	Hasta 14	0,0632
Hasta 15	0,0000	Hasta 15	0,0316
Hasta 16	0,0632	Hasta 16	0,0632
Hasta 17	0,0632	Hasta 17	0,0716
Hasta 18	0,0000	Hasta 18	0,0000
Hasta 19	0,0000	Hasta 19	0,0169
Hasta 20	0,0632	Hasta 20	0,0000

5.5 İlaç Düzeyine Göre Hasta Durumu Değerlendirilmesi

İlaç düzeyinin alt kriteri olarak sadece her hastaya göre özel olarak belirlenen ilaç değerlendirilmiştir. Başkent Hastanesinde hastalar için sirolimus, takrolimus veya siklosporin tercih edilebilmektedir ve hepsinin farklı ideal aralıkları bulunmaktadır. Bu çalışmada değerlendirmede kolaylık sağlaması adına sadece takrolimus kullanan hastalardan veri toplanmıştır. Çizelge 5.17’de 20 hastanın 1., 3., 6. ve 12. aya göre ilaç düzeyleri verilmiştir.

Çizelge 5.17 1., 3., 6. ve 12. Aya Göre İlaç Düzeyleri

İlaç Düzeyi		İlaç Düzeyi	
1. AY	Takrolimus	3. AY	Takrolimus
W	0,2184	W	0,2184
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	11,9	Hasta 1	9,3
Hasta 2	5,8	Hasta 2	7
Hasta 3	6	Hasta 3	7
Hasta 4	26,9	Hasta 4	12,5
Hasta 5	9,1	Hasta 5	10
Hasta 6	17	Hasta 6	5,1
Hasta 7	11,8	Hasta 7	17,9
Hasta 8	5,3	Hasta 8	20,3
Hasta 9	8	Hasta 9	10,5
Hasta 10	7,3	Hasta 10	8
Hasta 11	11,9	Hasta 11	7,3
Hasta 12	9,1	Hasta 12	6
Hasta 13	5,9	Hasta 13	4,3
Hasta 14	6,1	Hasta 14	7,3
Hasta 15	5,3	Hasta 15	7,7
Hasta 16	12,1	Hasta 16	12,5
Hasta 17	10	Hasta 17	9,5
Hasta 18	11,7	Hasta 18	15,4
Hasta 19	19	Hasta 19	9,3
Hasta 20	6,6	Hasta 20	8,1

Çizelge 5.17 Devam

İlaç Düzeyi		İlaç Düzeyi	
6. AY	Takrolimus	12. AY	Takrolimus
W	0,2184	W	0,2184
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	8,2	Hasta 1	5,3
Hasta 2	8,2	Hasta 2	8,9
Hasta 3	9,2	Hasta 3	7,2
Hasta 4	7,9	Hasta 4	11,8
Hasta 5	4,6	Hasta 5	8,6
Hasta 6	5,5	Hasta 6	4,5
Hasta 7	11	Hasta 7	12,5
Hasta 8	9,7	Hasta 8	8,4
Hasta 9	11,9	Hasta 9	15,9
Hasta 10	8,5	Hasta 10	6,4
Hasta 11	7,6	Hasta 11	5,2
Hasta 12	7,8	Hasta 12	5
Hasta 13	3,9	Hasta 13	7,2
Hasta 14	4,2	Hasta 14	6,5
Hasta 15	6,8	Hasta 15	5,5
Hasta 16	5,9	Hasta 16	7,8
Hasta 17	6	Hasta 17	14,3
Hasta 18	5,4	Hasta 18	4,4
Hasta 19	4,4	Hasta 19	6,7
Hasta 20	8,7	Hasta 20	5,3

Normalize karar matrisinin BAHP ile bulunan ağırlıklar ile çarpılmasıyla Çizelge 5.18'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.18 İlaç Düzeyi Sonuçları Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

1. Ay Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi		3. Ay Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi	
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	0,0926	Hasta 1	0,1625
Hasta 2	0,1014	Hasta 2	0,1223
Hasta 3	0,1049	Hasta 3	0,1223
Hasta 4	0,0000	Hasta 4	0,2184
Hasta 5	0,1590	Hasta 5	0,1748
Hasta 6	0,1398	Hasta 6	0,0891
Hasta 7	0,2062	Hasta 7	0,1241
Hasta 8	0,0926	Hasta 8	0,0000
Hasta 9	0,1398	Hasta 9	0,1835
Hasta 10	0,1276	Hasta 10	0,1398
Hasta 11	0,2080	Hasta 11	0,1276
Hasta 12	0,1590	Hasta 12	0,1049
Hasta 13	0,1031	Hasta 13	0,0000
Hasta 14	0,1066	Hasta 14	0,1276
Hasta 15	0,0926	Hasta 15	0,1346
Hasta 16	0,2115	Hasta 16	0,2184
Hasta 17	0,1748	Hasta 17	0,1660
Hasta 18	0,2045	Hasta 18	0,1678
Hasta 19	0,1049	Hasta 19	0,1625
Hasta 20	0,1153	Hasta 20	0,1416
6. Ay Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi		12. Ay Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi	
Hasta Numarası	Puanı	Hasta Numarası	Puanı
Hasta 1	0,1433	Hasta 1	0,0926
Hasta 2	0,1433	Hasta 2	0,1555
Hasta 3	0,1608	Hasta 3	0,1258
Hasta 4	0,1381	Hasta 4	0,2062
Hasta 5	0,0000	Hasta 5	0,1503
Hasta 6	0,0961	Hasta 6	0,0000
Hasta 7	0,1922	Hasta 7	0,2184
Hasta 8	0,1695	Hasta 8	0,1468
Hasta 9	0,2080	Hasta 9	0,1590
Hasta 10	0,1485	Hasta 10	0,1118
Hasta 11	0,1328	Hasta 11	0,0909
Hasta 12	0,1363	Hasta 12	0,0874
Hasta 13	0,0000	Hasta 13	0,1258
Hasta 14	0,0000	Hasta 14	0,1136
Hasta 15	0,1188	Hasta 15	0,0961
Hasta 16	0,1031	Hasta 16	0,1363
Hasta 17	0,1049	Hasta 17	0,1870
Hasta 18	0,0944	Hasta 18	0,0000
Hasta 19	0,0000	Hasta 19	0,1171
Hasta 20	0,1520	Hasta 20	0,0926

6. TARTIŞMA

Bu çalışmada canlı vericiden böbrek nakli olan hastalarda nakil böbrek başarısının 1 yıllık süreçte değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmeler yapılırken hasta sayısı 20 ile sınırlı tutulmuştur. Hastaların nakilden sonraki 1., 3., 6., ve 12. aylar itibariyle yapılması gereken rutin testlere göre durumları tespit edilmiştir.

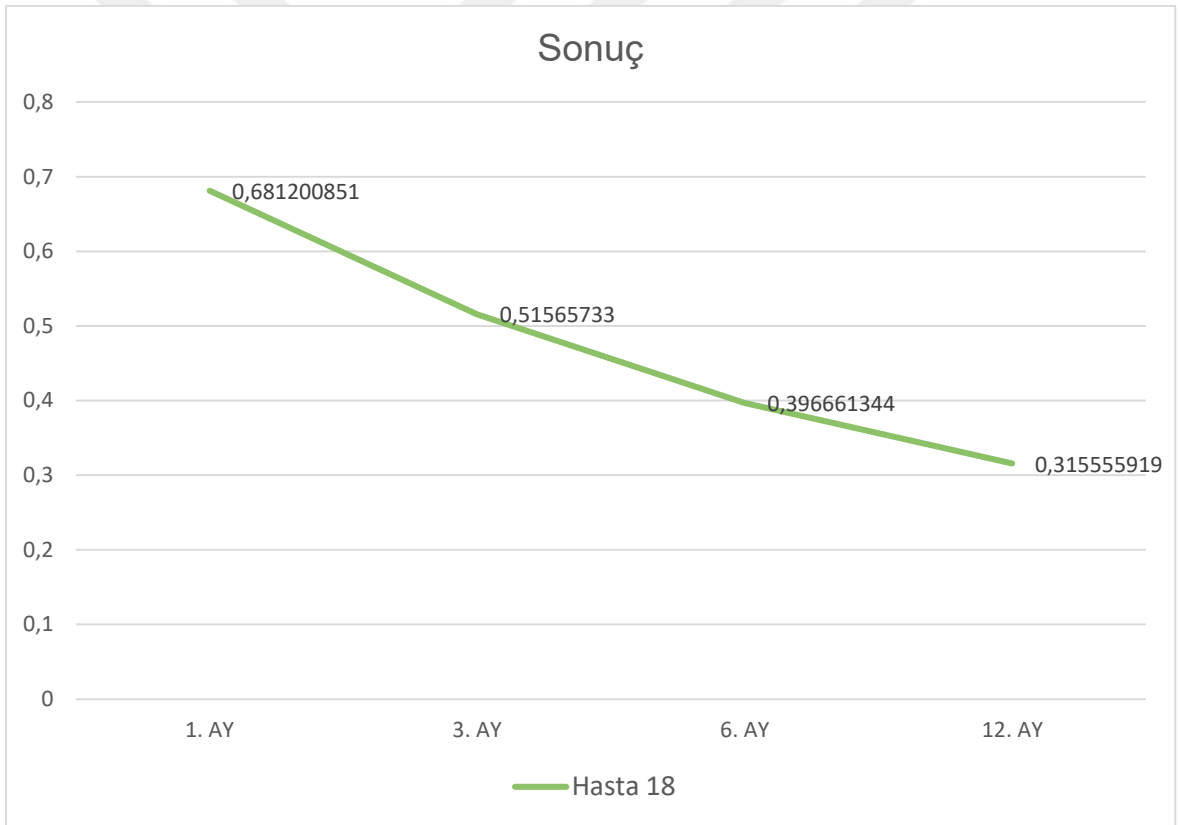
Yapılması gereken rutin tetkikler olan; Biyokimya Testleri, İmmünoloji Testleri, İlaç Düzeyi, Spot İdrar Tetkikleri, Hematoloji Testi (Tam Kan Sayımı) ve Tam İdrar Analizi ana kriterler olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu kriterler için Bulanık AHP yöntemiyle ağırlıklar elde edilmiştir. Bu sayede alanında uzman doktorlar tarafından sözel olarak yapılan değerlendirmeler matematiksel olarak ifade edilebilmiş ve yapılan analizlerin sonuçları rakamsal olarak ifade edilerek somutlaştırılmıştır.

Ağırlık sonuçları sırasıyla; 0.3753, 0.1053, 0.2184, 0.1367, 0.1079, 0.0564 şeklinde hesaplanmıştır. Buradan anlaşılan en büyük ağırlığın, en fazla önemin biyokimya testine ait olduğudur. En fazla ağırlıktan en aza doğru sıralanacak olursa; Biyokimya Testleri, İlaç Düzeyi, Spot İdrar Tetkikleri, Hematoloji Testi, İmmünoloji Testleri, Tam İdrar Analizi şeklindedir.

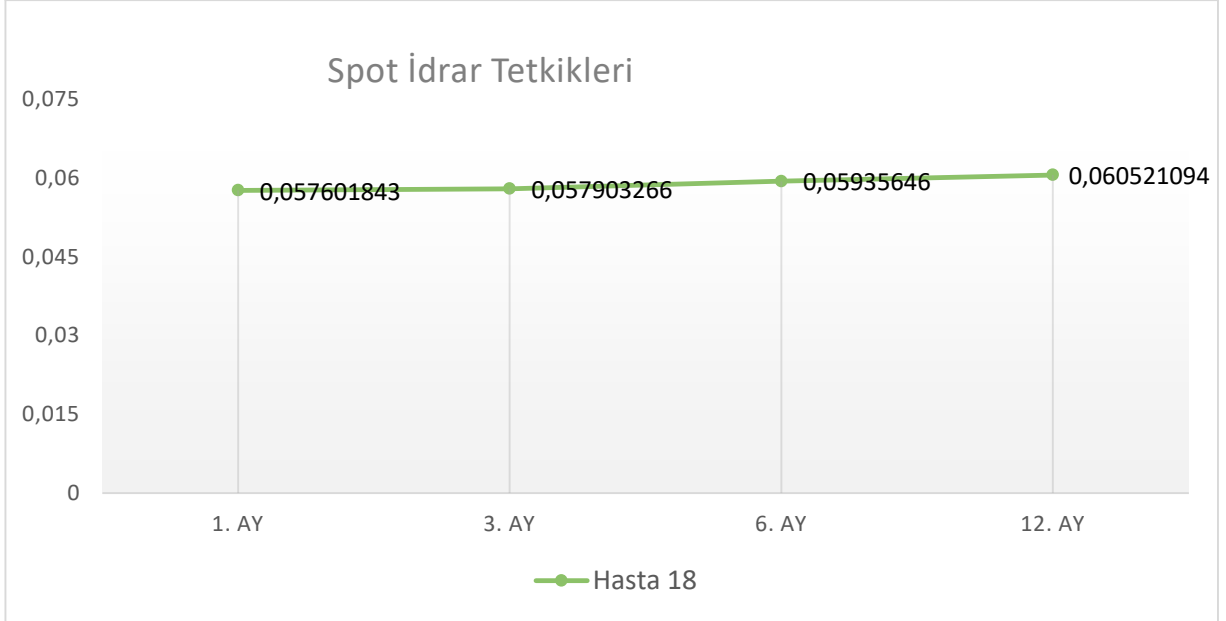
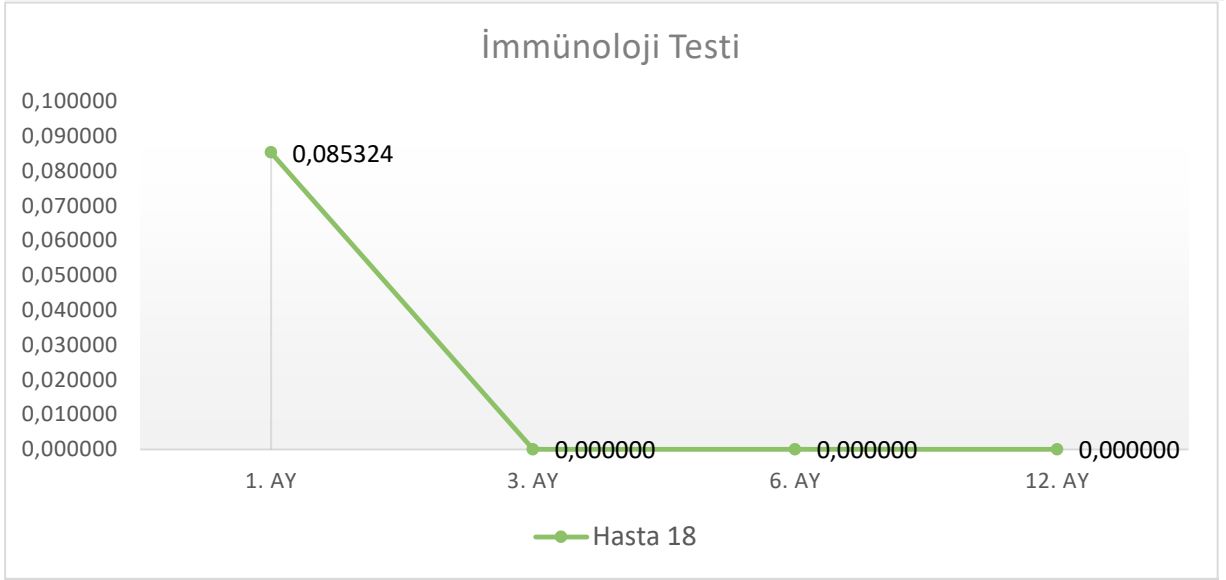
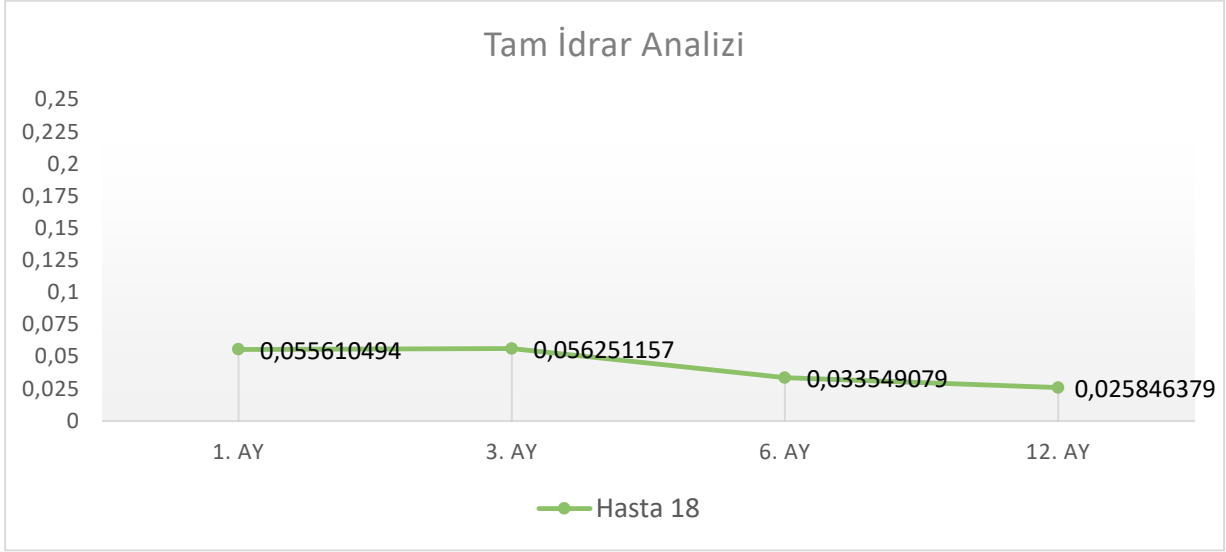
Ana kriterlerin, alt kriterleri belirlenirken yine uzman doktorlar ile görüşülmüş ve her alt kriterin ağırlığı uzman doktorların görüşleriyle belirlenmiştir. Çok sayıda alt kriter bulunması daha iyi sonuç alabilmek için ayrı ayrı TOPSIS metodu uygulanmasını gerektirmiştir. Bu sebeple; biyokimya testleri, spot idrar tetkikleri, hematoloji testi, tam idrar analizi için ayrı TOPSIS metodu uygulanmıştır.

TOPSIS metodu uygulanırken ideal değerler hasta bazında ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bunun nedeni, her kişinin kendi bünyesine bağlı en iyi değer değişebilmesi yani ideal değerde maksimum ya da minimum değere yakınlığın kişiye bağlı olabilmesidir. İstenen durum ideal değerlerin içerisinde bulunması, istenmeyen idealin dışına çıkmasıdır.

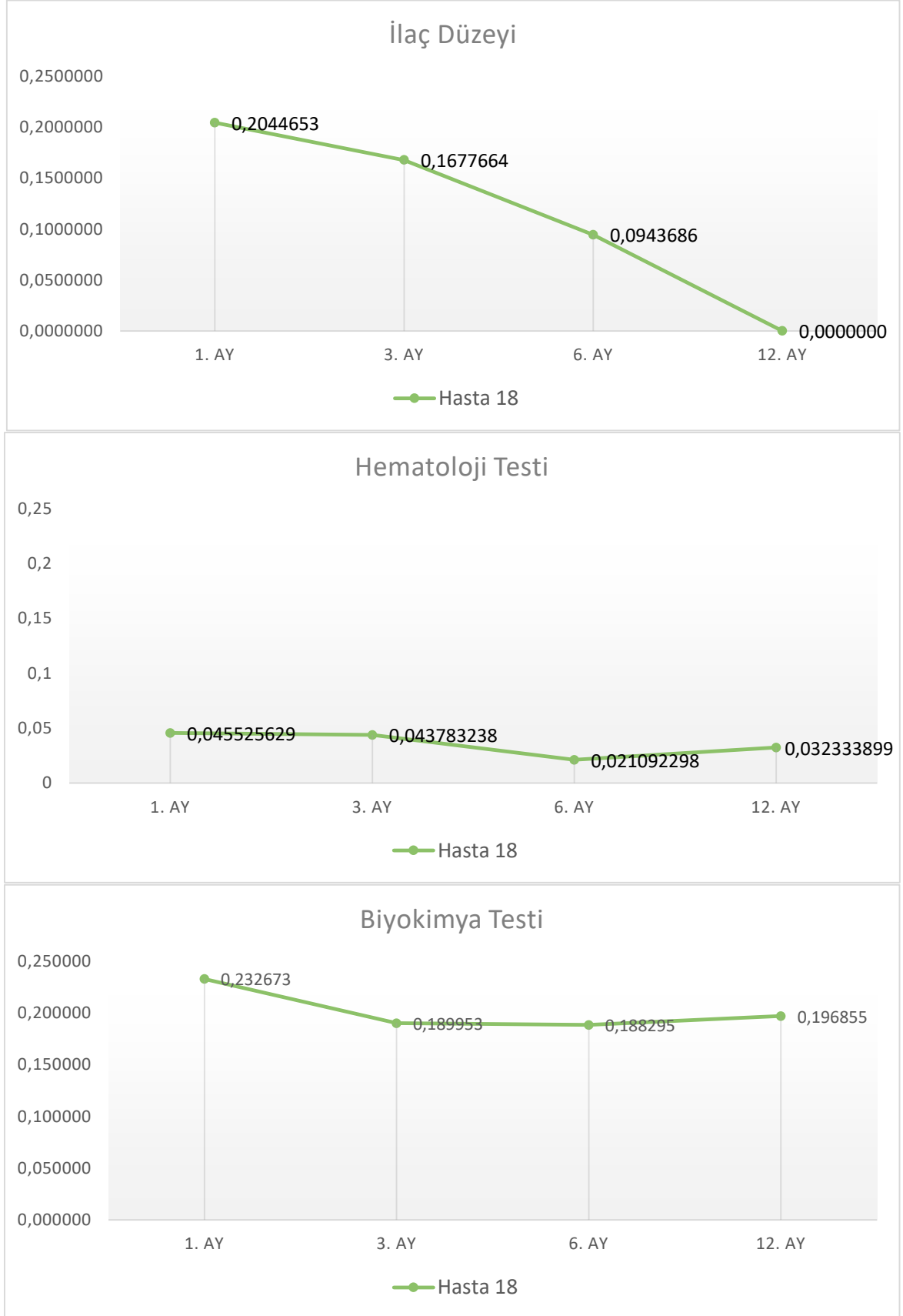
Çalışmada kullanılan metotlar sayesinde uzman doktorların hastaların durum değerlendirmesini kolaylaştıran bir yaklaşım oluşturulmuştur. Hastaların 1 yıllık süredeki 3'er aylık dönemlerde yeni test verileri ile tekrarlanan TOPSIS yönteminden elde edilen puanlar bir grafik üzerinde (örnek olarak Hasta 18 verilmiştir) gösterilmiştir (Şekil 6.1). Grafik incelendiğinde hastanın AHP-TOPSIS bütünleşik yönteminden elde edilen puanı ilk ay 0.68, 3. ayda 0,51 iken 6. ayda puan 0,39, 12 ayda ise 0,31 olarak gerçekleşmiştir. Daha detaylı incelendiğinde bir çok alt kriter değerlendirilerek elde edilen AHP-TOPSIS bütünleşik yönteminin genel puanındaki düşüşün çoğunlukla ilaç düzeyindeki ve immünoloji test sonucundaki puanların test değerlerinde hastanın önceki dönemine göre daha olumsuz değerlere sahip olmasından kaynaklandığı tespit edilmektedir (Şekil 6.1)



Şekil 6.1 Hasta 18'in 3 er aylık dönemlerde yenilenen Test Sonuçları bazında her dönem hesaplanmış TOPSIS puanının değişimi



Şekil 6.1 Devam



Şekil 6.1 Devam

7. SONUÇ

Bu çalışmada, böbrek naklinde başarıyı en çok etkileyen göstergelerden elde edilen veriler doğrultusunda canlı vericiden nakil olmuş hastaların nakil böbrek başarısını değerlendirmede hekimlere destek olabilecek çok kriterli karar verme (ÇKKV) modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla uzman doktorların dilsel olarak yaptıkları değerlendirmeler matematiksel olarak ifade edilmiş ve yapılan analizlerin sonuçları rakamsal olarak ifade edilerek somutlaştırılmıştır. Matematiksel olarak ifade edilebilen sistem sayesinde uzman doktorların, nakil olmuş hastaların durum değerlendirmesini ve uzun süreli izlenmesini kolaylaştırmak istenmiştir.

Çalışmada canlı vericiden böbrek nakli olan hastalarda nakil böbrek başarısının 1 yıllık süreçte değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu süre ameliyat riskinin en çok olması sebebiyle belirlenmiştir. Değerlendirmeler yapılırken hasta sayısı 20 ile sınırlı tutulmuştur. Hastaların nakilden sonraki 1., 3., 6., ve 12. aylarındaki test sonuçlarına göre durumları analiz edilmiştir. Analiz edilirken klasik TOPSIS metodundan farklı olarak pozitif ve negatif ideal çözümler laboratuvar referans değerleri dikkate alınarak hastayı takip eden doktor tarafından her hasta bazında bireysel olarak belirlenmiştir. Bu sayede her hastanın kendi durumuna özel bir ölçekte değerlendirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak bu durumda ideal çözümlerin hasta bazında belirlenmesi uzman doktor görüşüne dayalı olarak yapılırsa da zor bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

İleride uzun süreli veri biriktirilip her hastayı daha detaylı analiz etmeye yönelik uzman sistem yaklaşımlarına dayalı bilgisayar programları geliştirilebilir ve bu tezdeki yöntem ve uygulamalar söz konusu uzman sistemler için ana model yapısını oluşturabilir.

KAYNAKLAR LİSTESİ

- [1] Abdel-Kader, M., Dugdale, D., "Evaluating Investments in Advanced Manufacturing Technology: A Fuzzy set Theory Approach." British Accounting Review, 33, s. 455-489, 2001.
- [2] Akın, B., "Böbrek Nakli Sonrası Takip Programı", Böbrek Nakli Türkiye, <https://bobreknakliturkiye.com.tr/bobrek-nakli-sonrasi>, Erişim : 9.04.2019
- [3] Arslan, T., Khirsty J., "A Rational Approach to Handling Fuzzy Perceptions in Route Choice", European Journal of Operational Research, 168(29), s. 571-583, 2006.
- [4] Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi, "Organ Naklinde Verici Ameliyatı", Organ Nakli Merkezi, <https://ankara.baskenthastaneleri.com/tr/tani-tedavi-birimlerimiz/organ-nakli-merkezi/organ-naklinde-verici-ameliyati>, Erişim : 9.04.2019
- [5] Başlıgil, H., "The Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Software Selection Problems", Journal of Engineering and Natural Sciences, 2, s. 24-33, 2005.
- [6] Buckley, J.J., "Fuzzy Hierarchical Analysis", Fuzzy Sets and Systems, 17(3), s. 233-247, 1985.
- [7] Chang, Da-Yong, "Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", European Journal of Operational Research, 95(3), s. 649-655, 1996.
- [8] CHE, Z., Wang, H., Chuang, C., "A Fuzzy AHP and DEA Approach for Making Bank Loan Decisions For Small and Medium Enterprises in Taiwan", Expert Systems with Applications, 37(10), s. 7189-7199, 2010.
- [9] Deng, H., "Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison", International Journal of Approximate Reasoning, 21, s. 215-31, 1999.
- [10] Durdudiller, M., "Perakende Sektöründe Tedarikçi Performans değerlendirmesinde AHP ve Bulanık AHP uygulaması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [11] Enea, M., Piazza T., "Project Selection by Constrained Fuzzy AHP", Fuzzy Optimization and Decision Making, Boston: Kluwer Academic Publishers, 3, s. 39-62, 2004.
- [12] Jain, R., "Decision Making in the Presence of Fuzzy Variable", IEEE Trans Systems Man and Cybernet SMC, 6, s. 698-703, 1976.
- [13] Kaptanoğlu, D., Özok, A.F., "Akademik Performans Değerlendirilmesi İçin Bir Bulanık Model" İTÜ Dergisi/d Mühendislik, 5(1), s. 193-204, 2006.
- [14] Khan E., Choudhury A., Won D.H., Friedman A.,L., "Decision Support System for Renal Transplantation", Proceedings of the 2018 IISE Annual Conference
- [15] Krishnendu, S., Ravi, S., Surendra, S.Y., Lakshman, S.T., "Supplier Selection Using Fuzzy AHP and Fuzzy Multi-Objective Linear Programming for Developing low Carbon Supply Chain", Expert Systems with Applications, 39(9), s. 8182-8192, 2012.

- [16] Kwong, C.K., Bai, H., "Determining the Importance Weights for the Customer Requirements in QFD Using a Fuzzy AHP with an Extent Analysis Approach" IEE Transactions, 35(7), s. 619-626, 2003.
- [17] Laarhoven, Van P.M.J., Pedrycz, W., "A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory", Fuzzy Sets and Systems, 1(11), s. 229-241, 1983.
- [18] Leung, L., Cao, D., "Theory and Methodology in Consistency and Ranking of Alternatives in Fuzzy AHP", European Journal of Operational Research, 124, s. 102-113, 2000.
- [19] LIN, H.F., "An Application of Fuzzy AHP for Evaluating EourseWebsite Quality", Computers & Education, 54(4), s. 877-888, 2010.
- [20] Liou, T.S., Wang, M.J.J., "Ranking Fuzzy Numbers with Integral Value" Fuzzy Sets ve Systems, 50(3), s. 247-255, 1992.
- [21] Martel, Jean-Marc, "Multicriterion Decision Aid: Methods and Applications" , CORSSCRO 1999 Annual Conference, 7-9 June 1999.
- [22] Mikhailov, L., Tsvetinov, P., "Evaluation of Services Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process", Applied Soft Computing, 5, s. 23-33, 2004.
- [23] Paksoy, T., Pehlivan, N.Y., Kahraman, C., "Organizational Strategy Development in Distribution Channel Management using Fuzzy AHP and Hierarchical Fuzzy TOPSIS", Expert Systems with Applications, 39(3), s. 2822-2841, 2012.
- [24] Rahimi S.A., Jamshidi A., Ruiz A., Ait-kadi D., "A New dynamic integrated framework for surgical patients' prioritization considering risks and uncertainties", Decision Support Systems 88 (2016) 112–120
- [25] "Sağlık Bakanlığı, Organ, Doku Nakli ve Diyaliz Hizmetleri Daire Başkanlığı Resmi Sayfası", <https://organ.saglik.gov.tr/OTR/70Istatistik/OrganNakilIstatistikKamusal.aspx> , Erişim: 14.03.2019.
- [26] Saha C., Zhang J., Yoon S.W., Khasawneh M.T., Srihari K., "Selection and Matching of Kidney Donor and Recipient Using Fuzzy Techniques and Analytic Hierarchy Process" , Proceedings of the 2012 Industrial and Systems Engineering Research Conference
- [27] Şantaş, G., Şantaş, F., "Türkiye'de Organ Bağışının Mevcut Durumu ve Organ Bağışında Stratejik İletişimin Önemi", Sdü Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2), 2018.
- [28] Scalia G.L., Aiello G., vb. ." Multi Criteria Decision Support System for Pancreatic islet transplantation", Expert Systems with Applications 38(2011)3091-3097
- [29] Taha, Z., Rostam, S., "A Hibrid Fuzzy AHPPROMETHEE Decision Support System for Machine Tool Selection in Flexible Manufacturing cell.", Journal of Intelligent Manufacturing, 23(6), s. 2137-3149, 2011.

- [30] Turgut, F., Pandya, S., “Böbreklerinizi Koruyun: Böbrek Hastaları için Kapsamlı Kılavuz”, Samarpan Kidney Foundation, Samarpan Hospital, Bhutkhama Chowk, s. 35-93.
- [31] Tüysüz, F., Kahraman, C., “Project Risk Evaluation Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process: an Application to Information Technology Projcets”, International Journal of Intelligent Systems, 21, s. 229-84, 2006.
- [32] “Ulusal Organ ve Doku Nakli Koordinasyonu Sistemi Yönergesi”, 19735 sayılı Bakan Onayı, (28.05.2008).
- [33] Uzoka, F.M.E., Obot, O., Barker, K., Osuji, J., “An Experimental Comparison of Fuzzy Logic and AHP for Medical Decision Support Systems”, Computer Methods and Programs Biomedicine,103(1), s. 10-27, 2011 .
- [34] Valls A., Moreno A., Sánchez D., A Multi-Criteria Decision Aid Agent Applied To The Selection Of The Best Receiver In A Transplant
- [35] “Yeditepe Üniversitesi Hastaneleri”, <http://www.yeditepehastanesi.com.tr/bobrek-nakli-nakledilen-bobregin-omru-ne-kadardir> , Erişim: 03.06.2019
- [36] Yu, C.S., “A GP-AHP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems”, Computers & Operations Research, 29, s.1969-2001, 2002.
- [37] Yuan Y., Feldhamer S., Gafni A., Fyfe F., Ludwin D., “The development and evaluation of a fuzzy logic expert system for renal transplantation assignment: Is this a useful tool?” European Journal of Operational Research 142 (2002) 152–173
- [38] Zhu, K., Jing, Y., Chang, D., “A discussion on Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP”, European Journal of Operational Research, 116, s. 450-456, 1999.
- [39] Malekpoor H., Mishra N., Sumalya S., Kumari S., “An efficient approach to radiotherapy dose planning problem: a TOPSIS case-based reasoning approach”, International Journal of Systems Science: Operations & Logistics, VOL.4,NO.1, 4-12, 2017

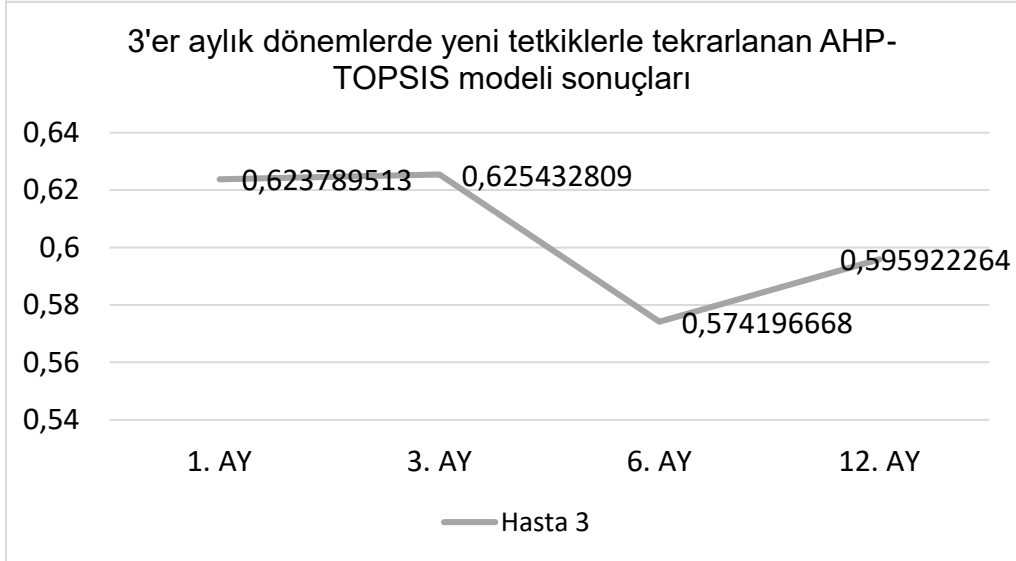
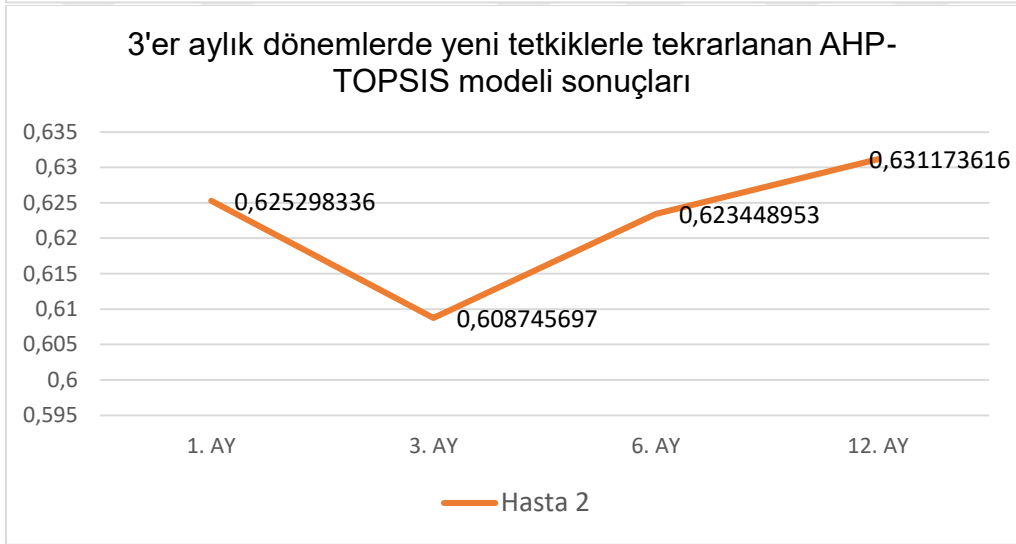
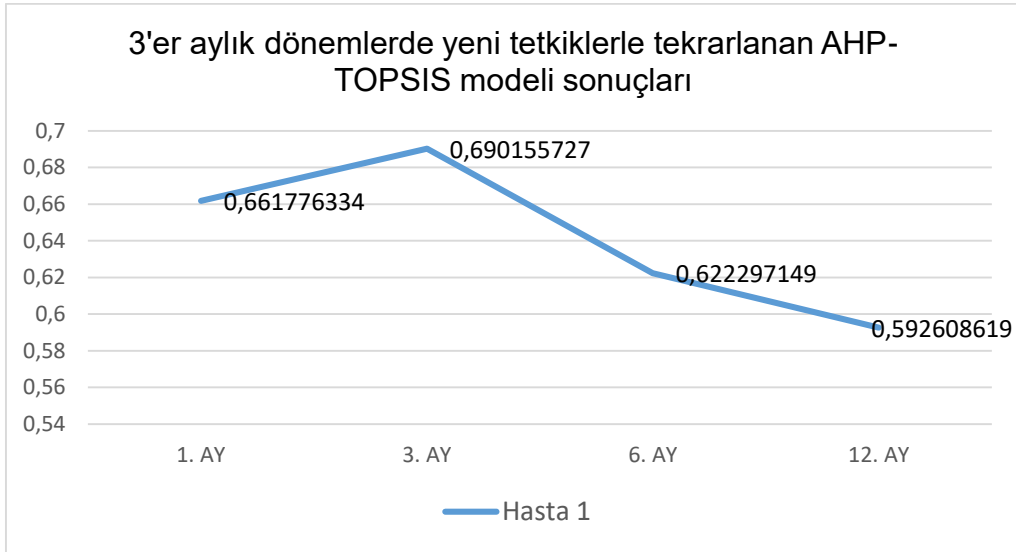
EKLER LİSTESİ

Sayfa

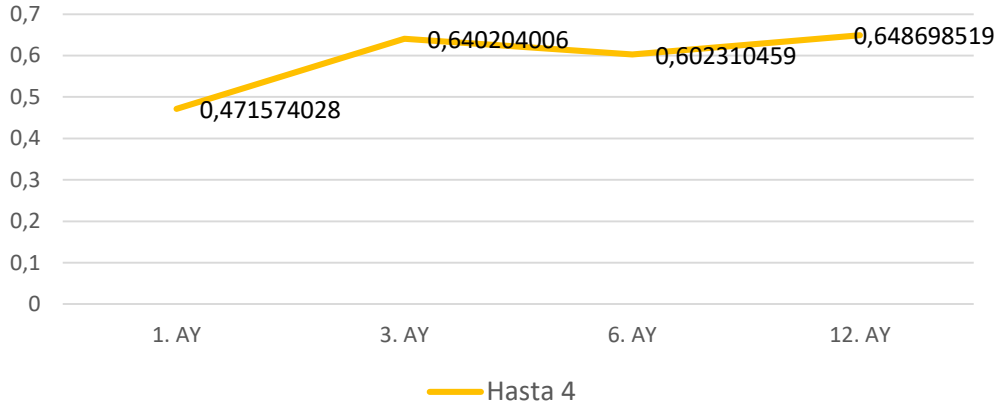
EK 1. Hastaların BAHP ve TOPSIS Sonuç Grafikleri50



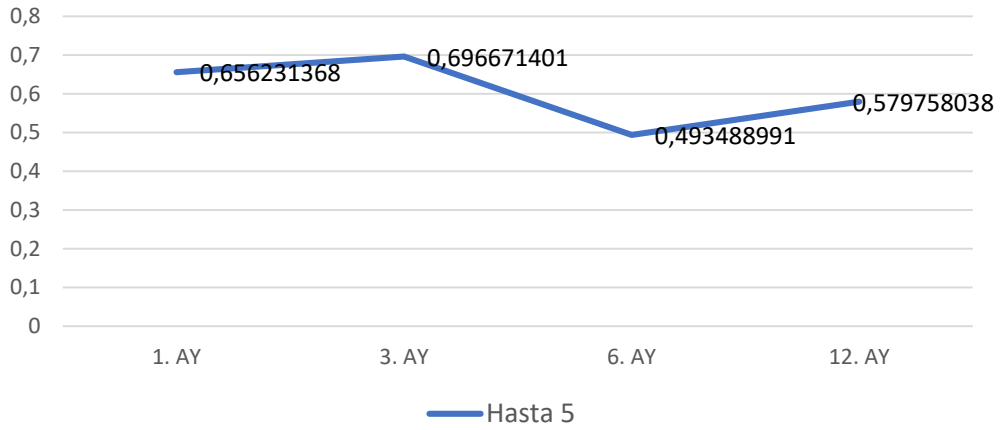
EK 1. Hastaların BAHP ve Topsis Sonuç Grafikleri



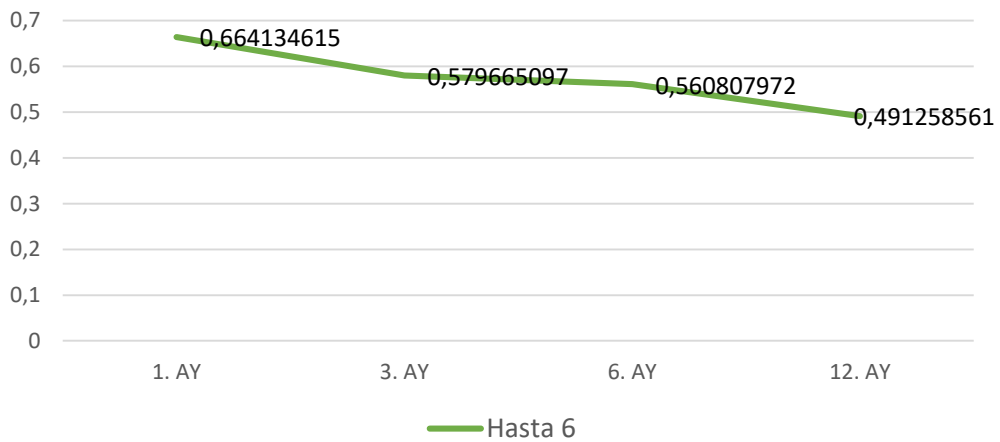
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



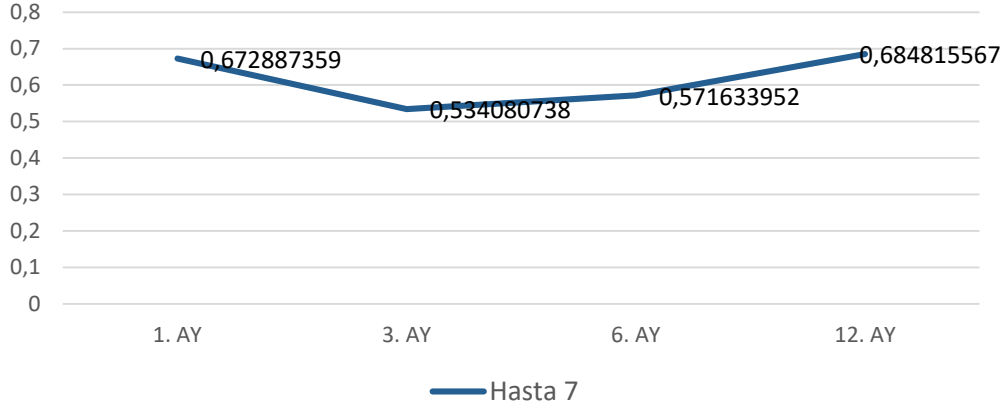
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



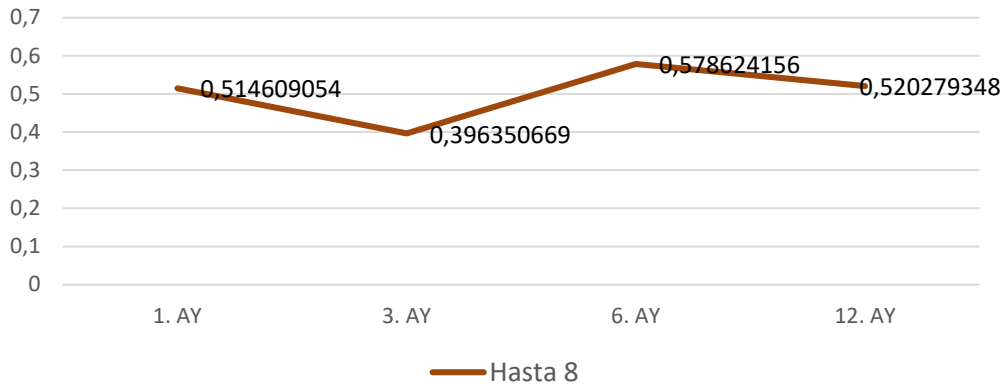
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



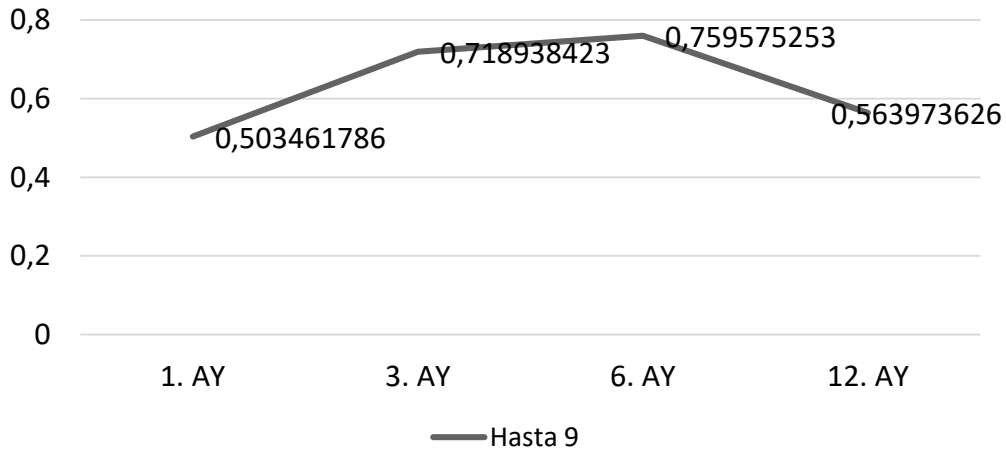
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



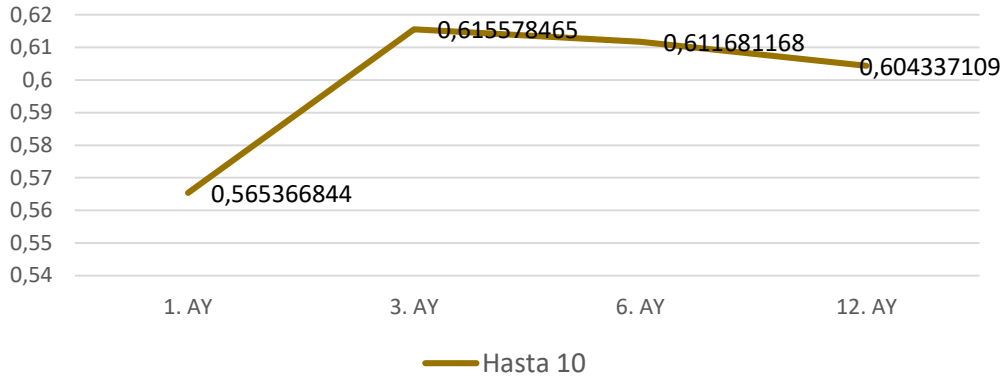
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



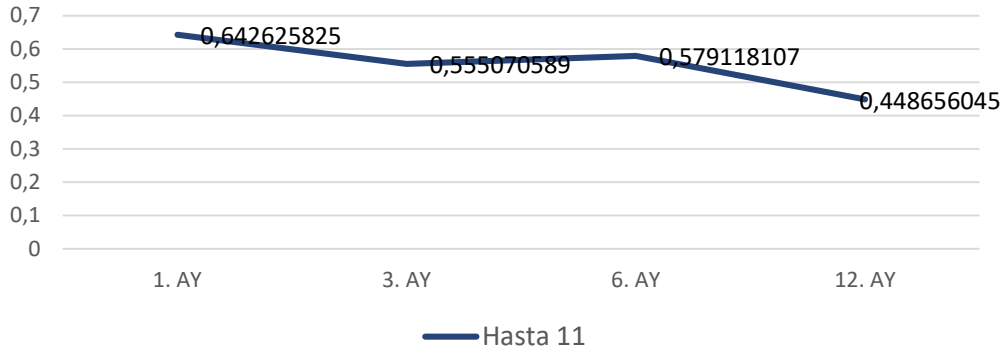
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



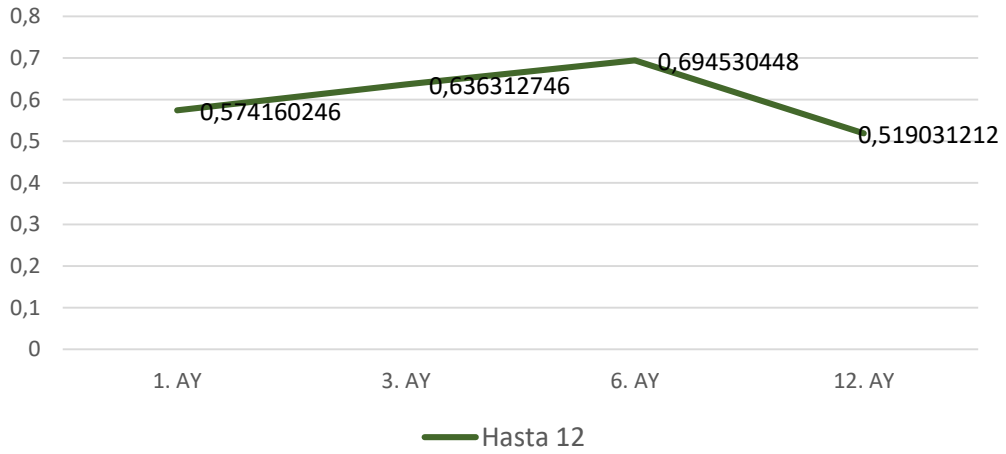
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



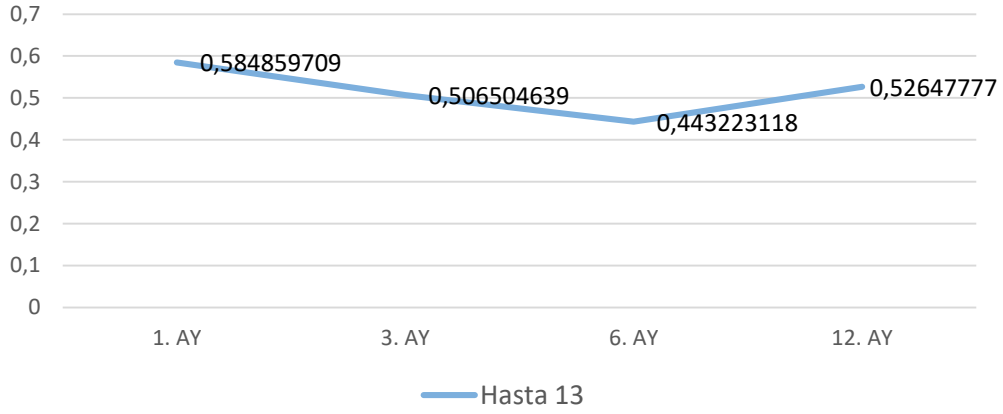
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



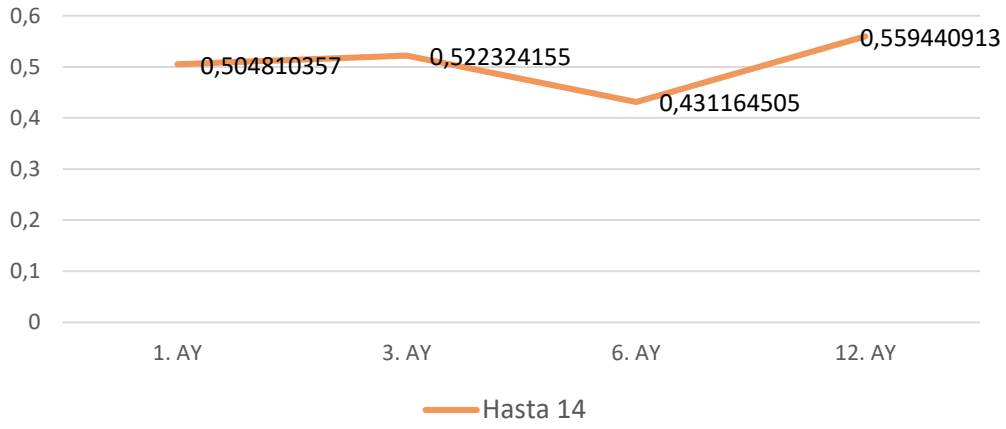
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



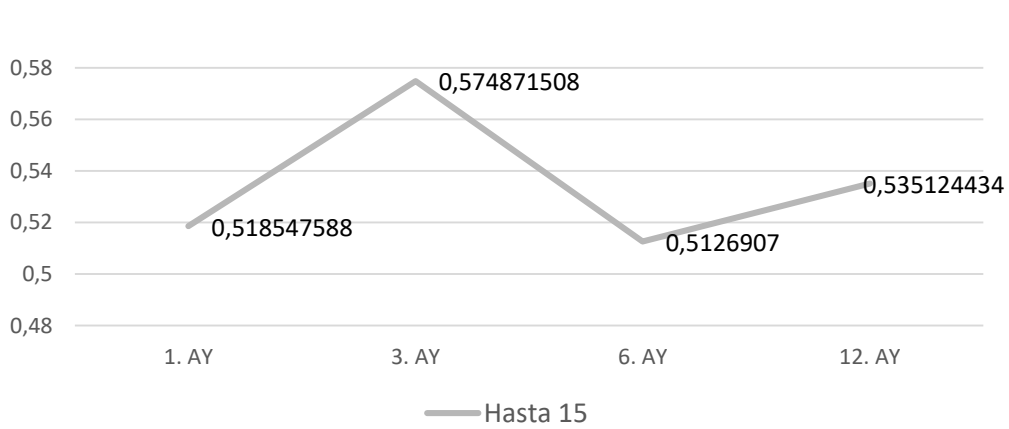
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



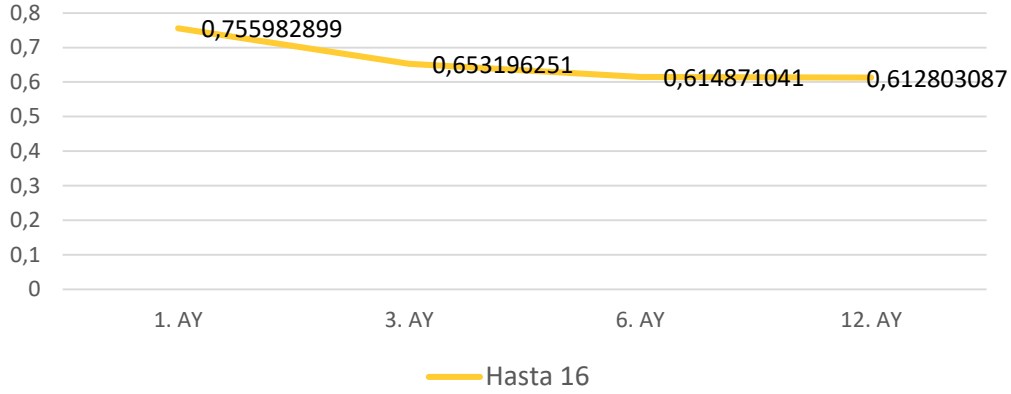
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



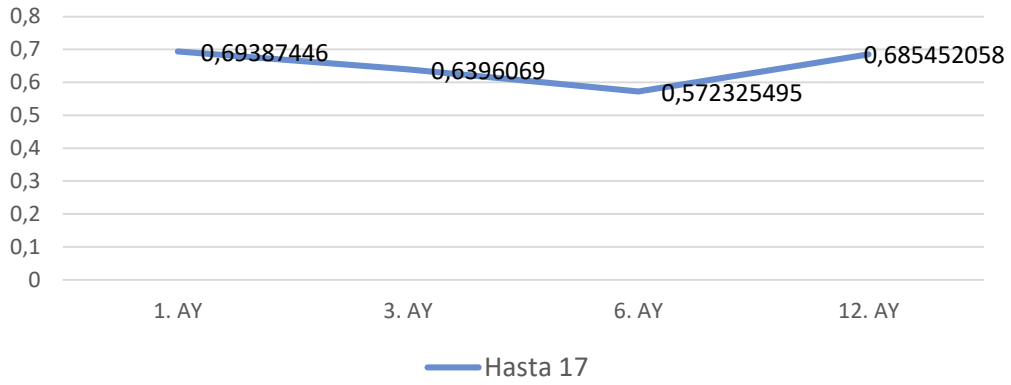
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



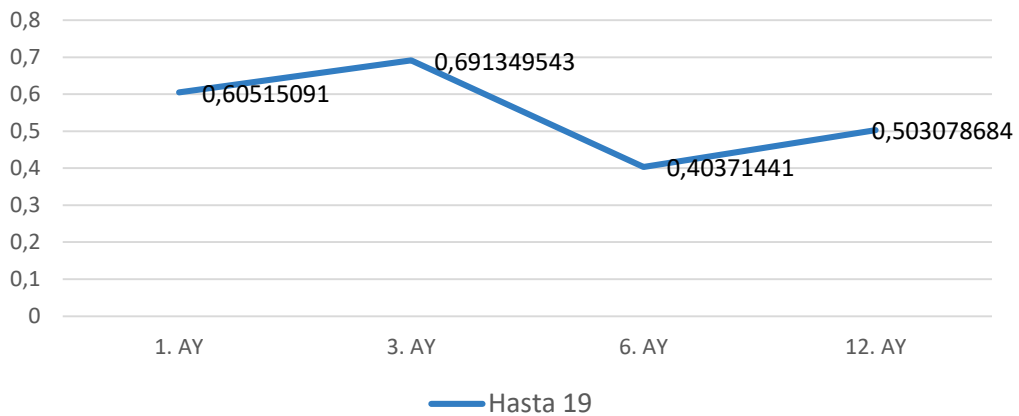
3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları



3'er aylık dönemlerde yeni tetkiklerle tekrarlanan AHP-TOPSIS modeli sonuçları

