



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’NİN ORGAN NAKİL AĞININ
OPTİMİZASYONU İÇİN COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMİ VE MATEMATİKSEL MODEL
TABANLI ÇÖZÜM ÖNERİSİ**

Yunus ESKİ

DOKTORA TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak -2023
KONYA

TEZ KABUL VE ONAYI

Yunus ESKİ tarafından hazırlanan “**TÜRKİYE’NİN ORGAN NAKİL AĞININ OPTİMİZASYONU İÇİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ VE MATEMATİKSEL MODEL TABANLI ÇÖZÜM ÖNERİSİ**” adlı tez çalışması 23/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. İsmail KARAOĞLAN

Danışman

Prof. Dr. Ahmet PEKER

Üye

Prof. Dr. Turan PAKSOY

Üye

Prof. Dr. Yakup KARA

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Kemal ALAYKIRAN

İmza

.....

.....

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Yunus ESKİ

Tarih: 26.12.2022

ÖZET

DOKTORA TEZİ

TÜRKİYE’NİN ORGAN NAKİL AĞININ OPTİMİZASYONU İÇİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ VE MATEMATİKSEL MODEL TABANLI ÇÖZÜM ÖNERİSİ

Yunus ESKİ

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet PEKER

2023, 77 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. İsmail KARAOĞLAN
Prof. Dr. Ahmet PEKER
Prof. Turan PAKSOY
Prof. Dr. Yakup KARA
Dr. Öğr. Üyesi Kemal ALAYKIRAN

İnsan üzerinde ilk başarılı organ nakli 1954 yılında böbrek nakli ile başlamıştır. Günümüzde ise dünyada organ nakli konusunda önemli mesafeler kat edilmiştir. Buna karşın dünyada organ nakli bekleyen hasta sayısı oldukça fazladır. Türkiye’de de her geçen gün organ nakli bekleyen hasta sayısı artmaktadır. Türkiye’de organ nakli çalışmaları Sağlık Bakanlığı tarafından yönetilmektedir. Bakanlığa bağlı olarak görev yapan Ulusal Organ Nakli Merkezi altında dokuz adet Bölge Koordinasyon Merkezi bulunmaktadır. Türkiye’deki 81 il ve bu illerden organ nakli yapılan merkezler belli kriterler doğrultusunda bu bölgesel koordinasyon merkezlerine bağlı olarak faaliyet göstermektedir. Vericiden alınan organın canlı alıcıya ulaştırılması ve nakil operasyonunun gerçekleştirilmesinde verici ve alıcı arasındaki coğrafi mesafe kısıtı nedeni ile nakil operasyonunun başarısı için zaman son derece önemlidir. Bu çalışmada, ülkemizde vericiden temin edilen kalp, böbrek ve karaciğerin organ bekleyen alıcıya ulaştırılmasında, Politik Bölgeleendirme Problemi (PBP) yaklaşımı kullanılarak hasta hareketliliğini ve bölgeler arası coğrafi dağılımı en küçükleyen çok amaçlı bir karma tam sayılı doğrusal matematiksel model tasarlanmıştır. Geliştirilen matematiksel model, ülkemizde organ nakli konusunda yetkili olan 9 adet Bölge Koordinasyon Merkezi ve bağlı iller dikkate alınarak çözülmüştür. Elde edilen çözümler ışığında, Bölge Koordinasyon Merkezlerinin yetki alanındaki her bir şehirde yaşayan insanların kalp, böbrek ve karaciğer için ayrı ayrı hangi Bölge Koordinasyon Merkezinden hizmet alacağı belirlenmiş ve mevcut yapı ile şehir atama uyumu indeksi ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Böbrek organı temel alındığında Şehir Atama Uyumu İndeksi (ŞAUİ) bakımından en yüksek sonuç % 88,89 ile Adana BKM’de, en düşük sonuç ise % 62,34 ile Ankara BKM’de elde edilmiştir. Karaciğer organı temel alındığında (ŞAUİ) bakımından en yüksek sonuç % 90,91 ile Adana BKM’de, en düşük sonuç % 62,99 ile Ankara BKM’de elde edilmiştir. Kalp organı temel alındığında ise (ŞAUİ) bakımından en yüksek sonuç % 100 ile İstanbul BKM’de, en düşük sonuç ise % 50 ile Antalya BKM’de elde edilmiştir. Sağlık Bakanlığı’nca 9 BKM altında atamaları yapılan 81 ilin, böbrek organı nakli için %26.60, karaciğer organı nakli için %24.69, kalp organı nakli için ise %51.29 oranında farklı BKM’ye atanmasının uygun olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Organ nakli, bölgesel koordinasyon merkezi, karma tam sayılı doğrusal matematiksel model, politik bölgeleendirme problemi, şehir atama uyumu indeksi.

ABSTRACT

PhD THESIS

A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND MATHEMATICAL MODEL BASED SOLUTION APPROACH FOR OPTIMIZATION OF TURKEY'S ORGAN TRANSPLANTATION NETWORK

Yunus ESKİ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Industrial Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Ahmet PEKER

2023, 77 Pages

Jury

Prof. Dr. İsmail KARAOĞLAN

Prof. Dr. Ahmet PEKER

Prof. Turan PAKSOY

Prof. Dr. Yakup KARA

Assist. Prof. Dr. Kemal ALAYKIRAN

The first successful organ transplantation on human started with kidney transplantation in 1954. Nowadays, there has been observed significant improvements on organ transplantation all across the world. There are, however, numerous people who wait for organ transplantation. In Türkiye, the number people waiting for organ transplantation are continuously increasing as well. Organ transplantation process are managed by the Ministry of Health in Türkiye. There are nine Regional Coordination Centers (RCCs) under national organ transplantation center affiliated with the ministry. In Türkiye, 81 cities and centers where organ transplantation are performed in each city are operating affiliated with RCCs based on particular criteria. Time plays very crucial role for a successful organ transplantation due to geographical distance constraint between donor and recipient in delivering organ to recipient from donor and in implementing transplant operation. Inspired from Political Districting Problem (PDP), multi objective mixed integer programming formulation is developed with the objective of minimizing patient mobility and geographic dispersion in delivering hearth, kidney and liver to recipient from donor in our country. Developed mathematical model is solved by considering nine authorized RCCs in organ transplantation and affiliated cities. In the light of solutions obtained, RCCs which will service people who live in the cities under their authority are determined for hearth, kidney, and liver separately and city assignment consistency index together with current situation are comparatively examined. When kidney is investigated, City Assignment Consistency Index (CACI) for Adana is found to be the highest (88,89%) and CACI for Ankara is found to be the lowest (62,34%). When liver is investigated, CACI for Adana is found to be the highest (90,91%) and CACI for Ankara is found to be the lowest (62,99%). When hearth is investigated, CACI for İstanbul is found to be the highest (100%) and CACI for Antalya is found to be the lowest (50%). It is detected that 81 cities whose assignments were already performed by Ministry of Health under 9 RCCs must be assigned to different RCCs for organs kidney, liver, and hearth with respective ratios of 26.60%, 24.69% and 51.29%.

Keywords: Organ transplantation, regional coordination center, mixed integer mathematical model, political districting problem, city assignment consistency index.

ÖNSÖZ

Organ sağlığı bozulan ve yetmez hale gelen kişilerde son çare organ naklidir. Günümüzde organ nakli organın çeşidine ya kadavradan ya da canlı vericiden ya da her ikisinden birden sağlanarak alıcıya nakledilebilmektedir. Kadavradan alınan organın uygun alıcıya nakledilmesi ise bağışının ölüm olayının gerçekleşmesi sonrası bir dizi tıbbi ve yasal sürecin sonunda olmaktadır. Organ nakli konusunda tıbbi yönden dikkate alınması gereken önemli konulardan birisi nakli yapılacak organın iskemi süresidir. Organın nakil süresi ne kadar kısa olur ise organın alıcıdaki fonksiyonerliği ve ömrü de o oranda yüksek olmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde vericiden temin edilen önemli hayati organlar olan kalp, böbrek ve karaciğerin organ bekleyen alıcılara ulaştırılmasında, bölgeler arası coğrafi dağımlıklığı en küçükleyen ve hasta hareketliliğini en küçükleyen bir matematiksel model geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmamı gerçekleştirmemde beni destekleyen ve teşvik eden danışmanım sayın Prof. Dr. Ahmet PEKER'e ikinci danışman hocam sayın Doç. Dr. Eren ÖZCEYLAN'a çok teşekkür ederim. Çalışmamın matematiksel model tasarımıındaki değerli katkılarından ve TİK toplantıları boyunca sağladığı desteklerinden dolayı TİK üyesi sayın Prof. Dr. İsmail KARAOĞLAN hocama şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca organ nakli konusundaki değerli bilgilerini benimle paylaşan ve çalışmamda yardım ve desteğini esirgemeyen Konya Numune Hastanesi Organ ve Doku Nakli Koordinatörü sayın Dr. Melih AZAP beye çok teşekkür ediyorum.

Bu süreçte varlıklarından güç aldığım değerli anneme ve babama çok teşekkür ederim. Hayatımın her alanında olduğu gibi, tez hazırlama çalışmalarım sırasında da sabrı, desteğı ve anlayışı için sevgili eşim Seçil ESKİ'ye teşekkür ederim.

Yunus ESKİ
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
TEZ BİLDİRİMİ	ii
DECLARTION PAGE	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
KISALTMALAR	vii
1.1. Doku ve Organ Naklinin Tanımı.....	1
1.2. Doku ve Organ Naklinin Tarihçesi	2
1.3. Organ Naklinde Zaman Kısıtı	6
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
3. MATERYAL ve METOT	22
3.1. Materyal	22
3.1.1. Ulusal Koordinasyon Sistemi (UKS).....	23
3.1.2. Ulusal Koordinasyon Merkezi (UKM)	23
3.1.3. Bölge koordinasyon merkezleri (BKM)	24
3.1.4. Donör kaynağı merkezleri (DKM)	29
3.1.5. Doku ve organ nakli merkezleri (DONM).....	30
3.2. Metot	30
3.2.1. Problemin tanımı.....	30
3.2.2. Önerilen matematiksel model ve karar değişkenleri.....	31
3.2.3. Şehir ataması uyumu indeksi	34
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	35
4.1. Böbrek Nakli İçin Önerilen BKM'ne Göre İllerin Dağılımı.....	35
4.2. Karaciğer Nakli İçin BKM'ne Önerilen İllerin Dağılımı.....	45
4.3. Kalp Nakli İçin BKM'ne Önerilen İllerin Dağılımı.....	56
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	70
EK-1: GAMS KODLARI.....	75

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AH	: Araştırma Hastanesi
AHP	: Analitik Haiyerarşi Prosesi
API	: Uygulama Programlama Arayüzü
AUH	: Araştırma UygulamaHastanesi
AUM	: Uygulama Araştırma Merkezi
BDK	: Bilimsel Danışma Komisyonu
BKM	: Bölge KoordinasyonuMerkezi
ÇAKTP	: Çok Amaçlı Karma Tamsayılı Programlama
DKM	: Donör Kaynağı Mekezi
DMAŞS	: Diğer Merkezlere Atanan Şehir Sayısı
DONM	: Doku ve Organ Nakli Merkezi
EAH	: Eğitim Araştırma Hastanesi
EUAH	: Eğitim Uygulama Araştırma Hastanesi
GA	: Genetik Algoritma
KDO	: Kara Dul Optimizasyonu
KTDOP	: Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama
KTSDMP	: KarmaTam Sayılı Dpğrusal Matematiksel Model
MMAŞS	: Mevcut Merkeze Atanmış Şehir Sayısı
OTM	: Organ Tedarik Merkezi
PBP	: Politik Bölgeleştirme Problemi
SAUM	: Sağlık Araştırma UygulamaMerkezi
SEAM	: Sağlık Eğitim Araştırma Merkezi
SEUM	: Sağlık Eğitim UygulamaMerkezi
SUAH	: Sağlık Uygulama Araştırma Hastanesi
SUAM	: Sağlık Uygulama Araştırma Merkezi
ŞAUI	: Şehir Ataması Uyumu İndeksi
UAM	: Uygulama Araştırma Merkezi
UKM	: Ulusal Koordinasyon Merkezi
UKS	: Ulusal Koordinasyon Sistemi

1. GİRİŞ

Canlılar, yaşamlarını düzenli olarak nefes alarak ve beslenerek sürdürebilirler. Gıdalar ve oksijen, sindirim, solunum ve metabolik sistemler tarafından organizma için gerekli yapı taşları ve enerjiye dönüştükten sonra, kalan atık ve zararlı maddeler boşaltım sistemleri tarafından vücuttan uzaklaştırılır. Kalp, akciğerler ve bağırsak sistemleri birlikteliğinde karaciğer, böbrekler ve pankreas bu yaşamsal döngünün sürekliliğini sağlayan hayati organlardır. Söz konusu organlardan herhangi birinin görev yapamaması durumunda yaşamın devamı mümkün değildir.

Hasta insanı iyileştirme, yaşama süresini uzatabilme, nitelikli ve kaliteli bir yaşam sağlayabilme, insanlığın sürekli üstünde durduğu, daha iyisini amaçladığı bir konudur. Tıp ve teknolojiye yaşanan gelişmeler insanların daha uzun ve kaliteli yaşamasına olanak sağlamaktadır. Bu gelişmelerden etkilenen sağlık konularından biri de organ naklidir. Tedavisi sadece organ ve doku nakli ile mümkün olan, hastalıklardan ıstırap çeken ve organ nakli bekleyen hastaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Organ nakli ile hastalar daha sağlıklı ve daha uzun yaşama şansını elde etmektedir. Kronik organ yetmezliği içinde bulunan hastalar için, organ nakli bazen yaşamda kalabilmek için en son ve gerekli bir tıbbi yöntemdir.

Organ nakli, alıcılar açısından büyük umut kapıları aralamış bir hizmettir. Ancak tıp bilimlerinde ve organ nakli konusundaki gelişmelere paralellik göstermeyen konulardan biri nakledilebilecek yeterli organ sayısının olmayışıdır. Bu bağlamda, organ bağışı konusu, tıp ve teknoloji bilimi alanında meydana gelen gelişmelerin çok gerisinde seyir etmektedir.

Tüm dünyada organ bağışı ihtiyacı karşılamaktan uzak olmakla birlikte, ülkemizde durum gelişmiş ülkelerin oldukça gerisindedir. Organ bağışındaki yetersizliği gidermek için kadavra kaynaklı vericilerin sayısının artırılması gerekmektedir. Ancak kadavradan organ sağlanmasında yaşanan sorunlar dünyada birçok ülkede tartışılan ve çözüm yolları aranan bir konudur.

1.1. Doku ve Organ Naklinin Tanımı

Canlının en küçük parçası hücredir. Türdeş hücrelerin bir arada oluşturduğu yapıya doku, aynı görevi olan dokulardan oluşan belirli sınırlara sahip yapıya da organ denir. Organların sınırları ve işlevleri farklıdır. Doku kaybı olduğu zaman vücut

tarafından yeniden oluşturulabilir ama organda hasar olduğunda yeniden oluşturma sağlanamaz. Kalp kapağı, kornea, kemikler, kemik iliği, kıkırdaklar ve kaslar birer dokudur. Böbrek, akciğer, karaciğer, kalp, deri, dalak, mide, göz, rahim, pankreas ve ince bağırsakları ise organlara örnek olarak gösterebiliriz (Yılmaz, 2011). İnsanın sağlıklı olması için bütün doku ve organların birbirleri ile uyumlu çalışması gerekmektedir. Bir organın fonksiyonu bozulduğunda, etkileşimde olduğu diğer organların da fonksiyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Enfeksiyonlar, travmalar, kanamalar, kronik dejeneratif hastalıklar gibi nedenlerle organlarda fonksiyonların kaybı, hatta ölümcül hasarlar oluşabilmektedir. Herhangi bir doku veya organın çalışamaz noktaya gelmesi durumunda hayati durum teşkil etmektedir. Hasta organ tedavi edilmezse kişinin yaşaması için, yaşam seviyesinin pozitif yönlü artırılabilmesi için son nokta doku ve organ naklidir. Kalp, akciğer, karaciğer gibi organların nakli ile hayatlar kurtarılabılırken, böbrek, pankreas gibi organ nakilleri ile yaşam süresi ve kalitesi arttırılmaktadır (Erçin ve ark, 2017).

Organ nakli (transplantasyon), işlevini yitirmiş organların yerine, vücut fonksiyonlarını eski haline getirmek amacıyla bir vericiden bir alıcıya insan hücrelerinin, dokularının veya organlarının transfer edilmesi sürecidir (Anonymous, 2014). Literatürde organ nakli ile ilgili çalışmaların çoğu, büyük bir çoğunluğu, hastaların en çok ihtiyaç duyduğu böbrek, karaciğer ve kalp ile ilgilidir (Anonymous, 2016).

Organ nakli faaliyetleri, bu süreç içerisindeki bütün hazırlık işlemleri, organ tedariki, organın korunması, saklanması gibi pek çok detaylı işleri kapsar (Bilaloğlu, 2013). Doku ve organ nakli, kadavra veya canlı donörden bir hastaya, bireyin kendi bedeninden kendisine ya da bir hayvan türünden bir insana yapılabilir (Süren, 2007). Transplantasyon, organ bağışı ile başlayan, implantasyon veya aşılama gibi bir dizi işlemleri içeren oldukça detaylı bir süreçtir (Sulania ve ark., 2016).

Çoğu hasta başarılı bir nakil sonrası kendisini iyi ve enerjik hissetmektedir. Nakil öncesi yapamadığı efor gerektiren hareketleri yapmaya başlar. Böylece iş bulma ve çalışma şansları artar, sosyal yaşama katılırlar. Genç hastalar ise eğitimlerine kaldıkları devam edebilirler (Özşaker, 2014).

1.2. Doku ve Organ Naklinin Tarihçesi

Vücudun bir veya birden fazla organının farklı bir vücuda entegre edilmesine yönelik düşüncelerin asırlardan beri insan zihnini meşgul ettiği görülmektedir. Konuya ait ilk kayıtlar M.Ö. 300'lü yıllarda görülmektedir. Bu zamanlarda kangren olan bir

bacağın kesilerek, yerine ölüden alınan bacağın aktarılması sözü edilen hastanın sağlığı kavuşması, dünyada yapılan organ naklinin ilk örneği olarak bilinmektedir (Haylamaz ve Türel, 1993).

Tarihin ilk dönemlerinde birçok coğrafyada; Mısır'da deri grefti, Çin'de kalp nakli örnekleri olmak üzere, eski Kuzey-Güney Amerika, Roma, Yunanistan ve Hindistan'da çok sayıda değişik doku ve organ nakli çalışmalarına rastlanmaktadır. 16. yüzyılda yaşamış olan İtalyan cerrah Tasliacozzi Otogreftlemenin yöntemini, 18. yüzyılda Hunter ilk dış naklini gerçekleştirmiştir. Günümüz modern tıbbının sınırları içinde kabul edilen organ nakillerinin ilk örneği 18. yüzyılda İtalyan hekimi Baronio tarafından geliştirilen deri nakli olarak bilinmektedir. Dünyadaki ilk başarılı organ naklinin 1902'de Ullman tarafından gerçekleştirildiği kayıtlara geçmiştir. Ullman, bir köpeğin böbreğini normal yerinden alıp, boyun damarlarına naklederek bir nakil gerçekleştirmiş ve nakil yapılan böbrekten bir miktar idrar akımı da almıştır.

1950'lerin başında klinik ve deneysel nakillere yönelmeye başlanmıştır. Fransa'da 1950'lerde yapılan ilk nakilleri daha sonra 1952'de Mico, Hamburger, Oecenomoz'nin gerçekleştirdiği böbrek nakli izlemektedir. Aynı doktorlar daha sonra kadavradan ilk başarılı böbrek naklini de gerçekleştirmişlerdir. Organ nakli ameliyatlarında başarının artması ve uygulama sayısının artmasıyla 1962'den itibaren doku tiplmesi müdahalenin bir parçası haline gelmiştir. Diyaliz teknolojileri de gelişerek organ nakline hazırlık aşamasını rahatlatmış ve böbrek nakillerinde başarı ivmesi giderek artmıştır. Sonraki yıllarda ise böbrek nakli başta Fransa olmak üzere, sırası ile İngiltere'de, İsviçre'de, Almanya'da ve İran'da gerçekleştirilmiştir.

1950'den sonra organ nakli alanında bütün dünyada önemli aşamalar kat edilmiştir. Ancak organ nakli uygulamalarında kullanılan cerrahi yöntemlerle, organ alımının ve saklanması temel ilkeleri ile ilgili tıbbi sorunlar büyük ölçüde aşılmış olsa da nakledilen organın vücut tarafından kabulü ya da reddi konusunda çözümsüzlük bulunmaktadır. Yapılan nakillerdeki başarı ve nakil merkezlerinin sayılarındaki artış organ nakillerinde sayının artmasına neden olmuştur. En yaygın olarak ve en büyük başarıyla nakledilen böbrek olsa da kalp, karaciğer daha sonra akciğer ve pankreas nakilleri de iyi sonuçlarla gerçekleştirilmiştir (Dalgıç, 1999).

Günümüzde en çok nakli yapılan böbrek, kalp, karaciğer vb. organların yanı sıra kalp kapağı, pankreas, kemik iliği, göz, kemik, kıkırdak, endokrin bezler vb. birçok organ ve doku nakilleri başarılı bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu alanda geline son nokta kompozit doku nakilleridir (Bilaloğlu, 2013).

Doku veya organ nakilleri tıp biliminin hızla geliştiği alanlardandır. İlk deneysel çalışmalardan günümüze büyük gelişmeler sağlanmıştır. Günümüzde kafa naklinin dahi gündeme gelmiş olması, bu alanda yürütülen çalışmalarda alınan mesafenin büyüklüğünü ve önemini ortaya koymaktadır. Tablo 1’de Dünya’da doku ve organ nakli alanındaki tarihsel ve tıbbi gelişmeler, Tablo 2’de ise Türkiye’de doku ve organ nakli alanındaki tarihsel gelişmeler kronolojik olarak görülmektedir.

Tablo 1.1. Dünya’da doku ve organ nakli alanındaki tarihsel gelişmeler (Kansu, 2005; Ayna ve ark., 2009; Sulania, 2016)

Tarih	Süreçler	Kişi / Ülke
1970	Transplant teriminin kullanılması	John Hunter / Birleşik Krallık
1824	İlk kornea nakli	Reisinger
1903	Köpeklerde çaprak böbrek nakli denemeleri	Alexis Carrol / Fransa
1905	İlk başarılı kornea nakli	Eduard Konrad Zirm / Çek Cumhuriyeti
1930	İlk akciğer nakli deneysel çalışmaları (köpeklerde)	Dr. William Elias Adams / ABD
1933	İlk kadavradan böbrek nakli	Yuri Y. Voronoy / Rusya
1951	Doku reddinin anlaşılması	Peter Medawar / İngiltere
1954	İlk başarılı canlıdan böbrek nakli	Joseph Murray, John Merrill / ABD
1958	Histouyumluluk ve HLA’nın keşfi	Jean Dausset / Fransa
1959	Köpeklerde ilk deneysel ince bağırsak nakli	R.C. Lillehei / ABD
1962	İlk başarılı kadavra böbrek nakli	Joseph Murray, David Hume / ABD
1963	İlk karaciğer nakli	Thomas Starzl / ABD
1963	İlk akciğer nakli	James Hardy / ABD
1966	İlk pankreas nakli	W.D.Keely, R.C.Lillehei, F.K.Merkel, Y. İdezuki / ABD
1967	İlk kalp nakli	Christian Barnard / Güney Afrika – Cape Town
1968	İlk kalp-akciğer nakli	Denton Cooley / ABD
1977	Siklosporinin keşfi	Jean Borel / İsviçre
1981	İlk başarılı kalp - akciğer nakli	Bruce Reitz / ABD
1984	Ulusal organ nakli yasası(NOTA)	ABD
1984	Yeni immunsupresif Takrolimus (FK506) keşfi	T.S. Kuba / Fujisawa ilaç firması / Japonya
1988	Başarılı çoklu iç organ (karaciğer ve ince bağırsak) nakli	David Grantt, William Wall, Calvin Stiller / Kanada
1989	Canlı donörden karaciğer nakli	Christoph Broelsch / ABD
1994	Takrolimus’un karaciğer naklinde kullanımının onaylanması	Gıda İlaç Yönetmeliği / ABD
2005	Yüz nakli	Bernard Devauchelle, Benoit Lengele, Jean Michel Dubemard / Fransa
2008	Biyomühendislik tasarımı soluk borusu nakli	Paolo Macchiarini / İspanya
2014	Canlı doğumla sonuçlanan rahim nakli	Mats Brannstrom / İsveç

Tablo 1.2. Türkiye’deki doku ve organ nakli alanındaki tarihsel gelişmeler (Akış ve ark., 2008; Şıpkın ve ark., 2010; Bilaloğlu, 2013; Taneri, 2014)

Tarih	Süreçler	Kişi / Kurum / Kanun
1968	İlk Kalp Nakli	Dr. Kemal Beyazıt/Ankara Yüksek İhtisas Hastanesi
1968	İlk canlıdan böbrek nakli	Dr. Atıf Taykurt
1975	Anneden oğula böbrek nakli	Dr. Mehmet Haberal / Hacettepe Üniversitesi Hastanesi
1978	İlk kadavradan böbrek nakli (Eurotransplan’tan sağlanan kadavra ile)	Dr. Mehmet Haberal / Hacettepe Üniversitesi Hastanesi
1978	İlk kadavradan kemik iliği nakli	Prof. Dr. Korkut Özerkan
1979	Ülkemizde organ nakli ile ilgili kanun	2238 sayılı ODNK
1982	İlgili kanunun 14. Maddesinde değişiklik	2594 sayılı yeni kanunun yürürlüğe girmesi
1983	Kadavra böbrek saklama süresini 36 saatten 111 saate kadar uzatılmasını sağlayan çalışma	Dr. Mehmet Haberal
1988	İlk kadavradan karaciğer nakli	Dr. Mehmet Haberal / Yanık Tedavi ve Organ Nakli Vakfı Hastanesi
1989	İlk pankreas nakli	Prof. Dr. Fahrettin Aslan / GATA
1990	İlk kez çocukta canlıdan karaciğer nakli	Dr. Mehmet Haberal
1990	Dünyada ilk kez yetişkinde canlıdan karaciğer nakli	Dr. Mehmet Haberal
1992	Dünyada ilk aynı donörden, eş zamanlı kısmi karaciğer ve böbrek nakli	Dr. Mehmet Haberal
2001	UKM ve bağlı bilim kurullarının oluşturulması	T.C. Sağlık Bakanlığı
2010	İlk çift kol nakli	Prof. Dr. Ömer Özkan / Akdeniz Ünv. Tıp. Fakültesi Hastanesi
2011	İlk rahim nakli	Prof. Dr. Ömer Özkan / Akdeniz Ünv. Tıp. Fakültesi Hastanesi
2012	Aynı donörden 2 ayrı hastaya eş zamanlı ilk yüz nakli ile çift kol ve tek bacak nakli	Prof. Dr. Ömer Özkan / Akdeniz Ünv. Tıp. Fakültesi Hastanesi

Türkiye’de organ nakil çalışmaları 1967 yılında Ankara’da Dr. Kemal Beyazıt’ın gerçekleştirdiği köpekler üzerinde kalp nakli denemeleri ile başlamıştır. 1970’li yılların başlarında Hacettepe Üniversitesi’nde hayvanlar arasında organ nakli denemeleri yapılmıştır (Şıpkın ve ark., 2010). Günümüzde pek çok doku ve organ nakilleri uzun süredir başarılı bir şekilde yapılmaktadır. Türkiye’de yapılan kompozit doku nakilleri ise dünyadaki uygulamaların ilk örneklerindendir (Bilaloğlu, 2013).

1.3. Organ Naklinde Zaman Kısıtı

Organ nakli, kritik sağlık problemleri olan hastalar için temel ve etkili tedavi tekniklerinden biridir. Bu tedavinin tekniğinin en önemli kısıtlarından birisi ise zaman kısıtıdır. Bir vericinin ortaya çıktığı andan itibaren vericideki organın uygun alıcıya mümkün olduğunca hızlı bir şekilde nakledilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, organ nakli merkezlerinin konumsal dağılımları, verici ve alıcı arasındaki organ aktarımının süresini en küçükleme için büyük önem arz etmektedir.

Organ nakil sürecinde sürenin en küçülenmesinde pek çok parametre etkili olmaktadır. Bu parametreler kabaca teknik ve yönetsel parametreler olarak ifade edilebilir. Sürecin sağlık ve tıbbi boyutu hekimlerin ilgi alanına girmektedir. Vericiden alınan bir organın uygun bir alıcıya nakledilmesine kadar geçen süreçte mekânsal, zamansal ve lojistik parametreler aynı zamanda mühendislik biliminin ve bilim insanlarının da ilgi alanına girmektedir.

Türkiye'de hayati organ ihtiyacının çoğunluğu böbrek, karaciğer, kalp, pankreas ve akciğerler içindir. Ancak, yaşayan donörler yalnızca böbrek veya karaciğer bağışında bulunabilir. Bu nedenle, kalpler ve akciğerler için, işlem kadavralara dayanmaktadır (Bruni ve ark., 2006).

Verici tarafından bağışlanan organlar, donörün vücudunda uzun süre kalmaz. Kan dolaşımının nakil işlemine kadar sürdürülmesi için çıkarılacak organa giden kan akımı kesildiği anda soğuk sıvı perfüzyonuna başlanması gerekmektedir. Böylece doku veya organa oksijen ulaşımı kesilir kesilmez organ soğutulmaya başlanır ve iyice soğuduktan sonra vericiden çıkarılır. Bu şekilde çıkarılan organlar için başlangıçta sıcak iskemi zamanı durdurulur. Soğutma başladığı andan, organın takılmak üzere buzdan çıkarıldığı ana kadar geçen süreye “soğuk iskemi süresi” denir (Aydın, 2011).

Soğuk iskemi süresi, kanın yokluğunda organın dayanabileceği süredir. Örneğin; 60 dakikanın üzerinde sıcak iskemi süresine maruz kalan organ kullanılamaz. Kadavra böbreğinin soğuk iskemi süresi oldukça uzundur. Bu organ çıkarılmasının üzerinden 100 saat geçtikten sonra bile işlevini yerine getirebilmektedir (Altuntaş, 2015).

Vericiden alınan organ alıcıya nakledilerek, ilgili organın soğuk iskemi süresi içerisinde yeni vücutta çalıştırılması gerekmektedir. Aksi takdirde organ işlevsiz hale gelir (Belien ve ark., 2013). Tez çalışmasında temel alınan kalp, karaciğer ve böbrek organlarının soğuk iskemi süreleri aşağıda tabloda görülmektedir.

Tablo 1.3. Kalp, karaciğer ve böbreğin soğuk iskemi süreleri (Bruni ve ark., 2006)

	Verici (Donör)		İskemi Süresi (saat)
	Canlı	Kadavra	
Kalp		+	5
Karaciğer	+	+	12
Böbrek	+	+	18

Tablodan da görüleceği üzere, en uzun soğuk iskemi süresi 18 saat ile böbrek organına, en kısa soğuk iskemi süresi ise kalp organına aittir.

Organ nakli konusunda zaman kısıtını etkileyen, organın vericiden çıkarılması, alıcıya taşınması ve alıcıya nakledilmesi süreçlerine ilişkin optimum süreler aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 1.4. Organların vericiden alınması, taşınması ve alıcıya nakledilmeleri için optimum süreler (Savaşer ve ark., 2019)

	Organ Çıkarma Süresi (min)	Organ Taşıma İçin Kalan Süre (min)	Organ Nakli Ameliyatı Süresi (min)
Kalp	10	220	70
Karaciğer	45	405	270
Böbrek	60	570	450

Tablodan da görüleceği üzere, organların vericiden çıkarılıp alıcıya nakil sürecinin başarı ile tamamlanabilmesi için oldukça sınırlı bir süre kalmaktadır. Bu bakımdan tıbbi nedenlerle bugün için oldukça sınırlı olan bu sürenin alıcı lehine iyileştirilmesi diğer parametrelerin en iyilenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, kalp, karaciğer ve böbrek organlarının vericiden alıcıya uzanan süreçte operasyonun mümkün olan en kısa sürede tamamlanarak alıcıya nakledilen organın hayatiyetinin ve fonksiyonerliğinin en iyilenmesi amacıyla, Türkiye'nin organ nakil ağının optimizasyonu için coğrafi bilgi sistemi ve matematiksel model tabanlı bir çözüm önerisi geliştirilmiştir.

Çalışma; konuya ilişkin sınırlı genel bilgilerin verildiği Giriş Bölümü, önceki çalışmalara ilişkin eleştirel Kaynak Araştırması, Türkiye'nin mevcut organ nakli ağının tanıtıldığı ve önerilen matematiksel modele ilişkin matematiksel modelin açıklandığı Materyal ve Metot Bölümü, model çözümü sonucu elde edilen bulguların tartışıldığı Araştırma Sonuçları ve Tartışma Bölümü ile araştırma sonuçlarından yola çıkarak mevcut

durumun özetlendiği ve gelecekle ilgili önerilerin yer aldığı Sonuç ve Öneriler bölümlerinden meydana gelmiştir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Organ nakil problemi, gıda, ilaç vb ürünlerin soğuk tedarik zinciri problemi gibi değerlendirilebilir. Ürünlerin soğuk tedarik zincirinde sıcaklık en önemli parametre iken, taşınan ürünlerin soğuk dengesini kaybetmesi halinde bozulma riskine karşı sıcaklığın ürünün özelliğine göre dengede tutulması gerekmektedir. Organ nakli süreçlerinde de organların vericiden (donörden) alınıp alıcıya (hastaya) nakledilinceye kadarki süreçte soğuk zincirin her aşamada muhafaza edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ancak organ nakil probleminde diğer soğuk zincir ürünlerinin taşınmasından farklı olarak zaman kısıtı daha ön plandadır. Organların iskemi süresinin aşılması durumunda hem organ nakledilme özelliğini kaybedebilecek, hem de organ bekleyen hasta hayatını kaybedebilecek ya da hayata tutunma ümitleri ertelenebilecektir. Bu çalışmada, Türkiye’de önemli sayıda organ bekleyen hastaların böbrek organı, karaciğer organı ve kalp organı nakline ilişkin sürenin en küçüklenmesi için hasta hareketliliğinin en küçüklenmesi ve verici ile alıcının en uzak coğrafi mesafesini minimize edecek bir karma tam sayılı doğrusal doğrusal matematiksel model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu konudaki çalışmalarıma doğrudan veya dolaylı olarak ışık tutacak alanyazındaki çalışmalar tezin kaynak araştırması bölümünde eleştirel açıdan incelenmiştir.

Organ nakil problemleri ile ilgili alanyazındaki ilk çalışmalar daha çok organ nakil merkezlerinin yer seçimleri üzerine yapılmıştır. Stahl ve ark., (2005), ABD’deki karaciğer nakil sistemi için donör ve hasta arasındaki atama ve nakil merkezi yer seçimi problemi üzerine çalışmışlardır. Araştırmacılar, tasarladıkları modelde verici ve alıcı arasındaki mesafe artıkça planlanan bir organ naklinin gerçekleşme olasılığının da azaldığını belirtmişlerdir.

Mehrez ve ark., (1996), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yaklaşımıyla olarak konum tahsis modellerini kullanarak İsrail’de yeni bir hastanenin yerini belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada p-medyan yöntemi kullanılarak problemi analiz edilmiştir.

Bruni ve ark., (2006), İtalya’da sağlık hizmetlerinde bölgesel eşitliği sağlamak amacıyla organ nakil sisteminin optimizasyonu için bir konum modeli önermişlerdir. Araştırmacılar özellikle, nakil merkezlerinin coğrafi dağılımının yanı sıra nakil sürecinde zamanın kritik rolüne odaklanmışlardır. Yazarlar çalışmalarında organların alıcılara dağıtımında eşitlik ve verimliliği bozabilecek sistem engellerini belirleyerek, nakil sisteminin ülke çapında yeniden düzenlenmesinin göz önünde bulundurulması bakımından

yeni bir karma tam sayılı doğrusal matematiksel program geliştirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca geliştirdikleri model sayesinde boşa giden organ sayısında azalmanın yanı sıra, organ bekleyen hasta sayılarında da bir azalmanın meydana gelebileceğini bildirmişlerdir.

Rogrilie ve Shi (2007), verici ve alıcı arasındaki uyumayı analiz eden ve sonuca göre organ nakil merkezi ile hasta arasında atama yapan bir matematiksel model önermişlerdir.

Alagoz ve ark., (2009), organ nakil merkezlerinin uzun dönemli yer seçimi için karma tamsayılı bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, vericiden elde edilen organın ilgili kişiye (alıcıya) ulaştırılmasına kadar geçen süreyi minimize edecek bir matematiksel model üzerinde durmuşlardır. Donör-hasta arasında optimal organ atamasının nasıl yapılması gerektiği ile ilgili geçmiş çalışmalar hakkında detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu çalışmada organ atama problemi hasta ve sosyal açıdan olmak üzere iki farklı perspektifte ele alınmıştır. Hasta perspektifinde yapılan çalışmalarda, hasta ve bağışlanan organ arasındaki klinik benzerlikler göz önüne alınarak bağışlanan organın en iyi hastaya nakledilmesi konusu ele alınmıştır. Sosyal açıdan ele alınan yaklaşımlarda ise genellikle ülkenin farklı bölgelere bölümlendirilip bölümler arası organ naklinin en küçüklenmesi üzerine yapılan çalışmalara değinilmiştir.

Kong ve ark., (2010), ABD'deki karaciğer nakil ağının verimini en büyükmek için dal-fiyat algoritması geliştirmişler ve bölgesel temelde elde ettikleri sonuç ile mevcut sistemi karşılaştırmışlardır.

Belien ve ark., (2011), organ nakil sürecinde bir donör bulunduktan sonra organın taşınma süresini en küçükmek amacıyla karma tamsayılı bir matematiksel model önermişlerdir. Model kullanılarak, belirli bir ülkede potansiyel nakil merkezi lokasyonlarının önceden belirli olduğu durumda, hangi potansiyel lokasyonlara hangi organlar için nakil merkezi kurulacağı ile taşıma acentelerinin lokasyonları eş zamanlı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Belçika'nın organ nakil verileri kullanılarak bir uygulama ve senaryo analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler, amaç fonksiyonunda yalnızca soğuk iskemi süresini etkileyen bileşenlerin yanı sıra bir bütçe kısıtlaması veya bağlayıcı olmayan zaman kısıtlaması dikkate alındığında, nakil merkezlerinin merkezileşmesine yol açtığını göstermektedir. Modelin, potansiyel taşıma acentesi sayısının çok fazla olduğu durum dışında çözüm süresi açısından iyi performans gösterdiği belirtilmiştir.

Çay (2012), Türkiye'de organ nakli lojistiği üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada çeşitli kısıtlamalar altında ve farklı alternatifler ile organ taşımacılığı

gerçekleştirilebilecek şekilde, ülkenin bölgelere ayrılmasını sağlayacak bir matematiksel model geliştirilmiştir. Ayrıca geliştirilen simülasyon modeli ile de elde edilen sistemin gerçek veriler üzerinde nasıl davranacağı araştırılmış ve gerçek veriler kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır.

Sha ve Huang (2012), Çin'in acil durum kan tedarik sistemleri için çok dönemli bir yer tahsisi modeli önermişlerdir. Model mümkün olduğu kadar çok kan bağışçısını kapsarken, taşıma mesafelerini kısaltmayı amaçlayan Lagrangian gevşeme yöntemine dayalı bir çözüm önermişlerdir. Araştırmada çok periyotlu dinamik yerleşim problemi olarak bilinen alt problem, pratik bir yer tahsisi probleminin gereksinimlerine ulaşmak için konuların nasıl atanacağını amaçlamaktadır.

Beliën ve ark., (2013), farklı bazı organların nakil lojistiği için karma tamsayılı bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Havayolu ulaşımını da kapsayan modeli Belçika'daki organ nakil ağı sistemine uygulamışlardır.

Koizumi ve ark., (2013), karaciğer organının nakil ağı için mevcut sistemden daha iyi kapsama alanına sahip yeni bir lojistik ağı kurmuşlardır. Mevcut nakil merkezlerinin yerlerini optimum şekilde tespit etmek için matematiksel modelden faydalanmışlardır.

Zahiri ve ark., (2014a), belirsizlik altında bir organ nakli nakil ağının tasarımı için yeni yer tahsisi modeli önermişlerdir. Önerilen model, nakledilecek organların önceliklerini göz önünde bulundurarak, nakil operasyonu için sırada bekleme süresi de dahil olmak üzere toplam maliyeti ve süreyi en aza indiren iki amaçlı bir matematiksel programlama modelidir. Yazarlar, küçük ve orta büyüklükteki problemleri optimize etmek için bulanık çok amaçlı programlama tabanlı bir yaklaşım sunmuşlardır. Daha büyük problemler için ise iki meta-sezgisel tabanlı algoritma önermişlerdir. Geliştirdikleri matematiksel modeli İran'da mevcut organ nakil ağı üzerinde uygulamışlardır.

Zahiri ve (2014b), organ nakli tedarik zincirinde toplam maliyetleri en aza indirmek için bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli tasarlamışlardır. Çalışılan ağın kesin olmayan doğası nedeniyle, model belirsizlik altında ele alınmıştır. İran organ nakli tedarik zinciri verileri kullanılarak hem sağlam hem de deterministik modeller çalıştırılarak sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Özer (2016), yüksek lisans tez çalışmasında mevcut organ nakli prosedür ve süreçlerinin sunumunu gerçekleştirerek sistemin sonraki adımlarında olası problemlere karşı mesafe optimizasyonu üzerinde çalışmıştır. Çalışmasında GAMS 23.5 CPLEX yazılımını kullanmıştır. Problemin çözümünde organ nakli için gerekli süreler anlamında

taşıma süresi Marmara Bölgesi için bir problem olmadığından, mesafe minimizasyonu üzerinde durmuştur.

Aghazadeh ve ark., (2017), organ nakil merkezlerinin sabit maliyetlerinin minimize edildiği, güvenlik katsayısının maksimize edildiği ve toplam zamanın minimize edildiği çok amaçlı bir organ nakil ağı modeli geliştirmişlerdir.

Rajmohan ve ark (2017), Hindistan'da, Türkiye'deki karşılığı Bölgesel Koordinasyon Merkezi olan Organ Tedarik Merkezlerinin (OTM) nereye kurulacağını belirlenmesi problemini ele alınmışlardır. Bu problemin çözümü için alternatif tesisler ile organ nakli ihtiyacı olan noktalar arasındaki ilişkiyi basit p-medyan problemi olarak kabul etmişlerdir. Çalışmalarında sadece nakil bekleyen hastalar ile alternatif OTM'ler arasındaki mesafeden kaynaklı toplam maliyetin en küçüklenmesi üzerinde çalışmışlardır. Organ nakli ile ilgili diğer kısıtlara çalışmalarında yer vermemişlerdir.

Caruso ve Daniele (2018), önceki çalışmalardan farklı olarak toplam maliyeti en küçükleyecek şekilde organ nakil ağını optimize edecek bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modeli İtalya'daki organ nakil ağına uygulamışlardır.

Cacchiani ve ark., (2018), çalışmalarında insan organ nakli için en uygun hava aracı konumlarının belirlenmesi ve bu konumlarda hava araçlarına hangi organların tahsis edileceğinin belirlenmesi üzerine odaklanmışlardır. Çalışmalarında optimizasyon modeli kullanarak, insan organ taşımacılığı için en uygun havaalanları ve hava araçlarını belirlemişlerdir. Modeli, organların aciliyeti, çeşidi, boyutu, hedef bölge ve uçuş maliyetleri gibi faktörleri dikkate alarak en uygun taşıma planını oluşturmak için tasarlamışlardır. Sonuçta modelin, insan organ taşımacılığı için en uygun havaalanları ve hava araçlarını belirlemek için önemli kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Yazarlar geliştirdikleri modelin, insan organ taşımacılığı için daha verimli, hızlı ve güvenli bir ulaşım sistemi oluşturmak için kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Ahmadvand and Pishvae (2018), organ naklinin son 50 yıldaki teknolojik ve tıbbi gelişmelerden dolayı en başarılı ve popüler tedavi metotlarından biri haline geldiğini bildirmişlerdir. Böbrek hastalıklarının en son aşaması için en iyi maliyet etkin tedavi metotlarından birisinin karaciğer, akciğer ve kalp rahatsızlıklarının son aşaması için tek çözüm yöntemi olarak düşünüldüğünü bildirmişlerdir. Sağlık alanındaki bütün gelişmelere ve dünyadaki birçok ülkede nakil sayısındaki artışa rağmen her yılın sonunda organ nakli bekleyen binlerce hasta bulunmakta ve bu hastaların büyük bir kısmı organ nakil işlemi gerçekleşmeden önce ölmektedir. Eylül 2015 itibariyle ABD'de organ nakil listesinde bekleyen 122,544 kişi bulunduğunu bildiren yazarlar, organ nakli için bekleyen

aday listesine her on dakikada bir kişi eklendiğini ve her gün 22 kişinin organ nakli gerçekleştirilmediği için hayatını kaybettiğini ifade etmektedirler. Organlara olan talebin sürekli olarak arz miktarını aştığını belirten yazarlar, hiçbir ülkenin çözüm bulamadığı organ nakli alanında çok karmaşık bir ikilemin yaşandığını ifade etmişlerdir. Bu sebeple organların ulusal değerli kıt kaynaklar olarak düşünülmesi gerektiğini ve organların nakil tedarikini yönetmek için etkin politikaların ve stratejilerin planlanmasının gerekli olduğundan bahsetmişlerdir. Yazarlar; bağış, satınalma, koruma, taşıma ve organların nakil faaliyetlerinden oluşan organ naklinin etkin ve işbirlikçi bir yönetim ile iyi bir şekilde organize edilmiş nakil ağının tasarımı ve bu faaliyetlerin planlanmasının öneminden bahsetmişlerdir.

Ghane ve Tavakkoli-Moghaddam (2018)'ye göre, kritik kaynakların coğrafi ağ üzerindeki konumuna ilişkin karar verme, birçok endüstride önem arz etmektedir. Sağlık sisteminde, bu kararlar acil durum ve önleyici bakımın yerini içermektedir. Acil durumlarda arz ve talep noktaları arasındaki seyahat süresini ve müdahale süresini belirlemesi nedeniyle yer kararları çok önemli bir rol oynamaktadır. Organlar, her ürünün çeşidinin belirli bir bozulma süresi olan, yüksek derecede bozulabilir ürünler olarak kabul edilmektedir. Bu alanın önemine rağmen, sağlık sektörünün sadece küçük bir kısmı bu alana ayrılmıştır. Bağışlanan bir organ için en iyi alıcıyı eşleştirmek ve bulmak, bu alandaki en büyük sorunlardan biridir ve aynı zamanda genel organ nakli süreci için de kritiktir. Organ nakli tedarik zincirinde talep ve arzı dengelemek için bekleme listesini azaltmak belirli bir zamanlama ve başarılı bir yönetim gerektirmektedir. Yazarlara göre, çalışmalarının literatüre ana katkısı, alıcı bölgelerinin tedarik zincirinin başka bir bileşeni olarak ele alınması; ayrıca ulaşım süresinin ve bekleme listelerinin önemi iki amaçlı bir model düşünülmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca girdi verilerinin belirsizliği syazarları çalışmalarında stokastik bir çözüm yaklaşımına yöneltmiştir.

Aghazadeh ve ark., (2018) tarafından organ nakli tedarik zinciri için belirsizlik koşulları altında çok amaçlı bir model önerilmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak önerilen modelde; beklenen donör sayısı, seçilen bir lokasyonun soğuk iskemi süresine bağlı olarak diğer bölgeleri kapsama oranı ve deprem vb. doğal ya da doğal olmayan olaylara bağlı güvenlik endeksi gibi parametreleri modele dahil etmişlerdir.

Savaşer ve ark., (2019), soğuk iskemi süresi sınırları içinde potansiyel uyumlu verici-alıcı eşleşmelerinin en üst düzeye çıkarılması tproblemını ele almışlardır. Araştırmacılar, Türkiye'nin organ nakli taşımacılığı yapısını dinamiklerine göre analiz

etmişler ve belirlenen zaman sınırlarını karşılarken farklı ulaşım türlerini değerlendirerek potansiyel ağırlıklı bölge içi organ nakli akışını en üst düzeye çıkarmak için yeni matematiksel modeller sunmuşlardır.

Paganelli ve ark., (2019a), İtalya'daki böbrek nakli vakalarında organların donörden alındıktan sonra nakil işleminin yapılacağı noktaya taşınması sürecinde İtalya yüksek hızlı tren ağının kullanılabilirliğini araştırmışlar ve böbrek nakil veri tabanı ile yüksek hızlı tren ağının sefer çizelgeleri bütünleştirilmeye çalışmışlardır. Alıcının bir adada veya çok uzak bir noktada bulunduğu nadir vakalar haricinde soğuk iskemi süresi içerisinde yüksek hızlı tren seferlerinin de organ taşınmasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca alıcının donöre çok yakın olduğu bazı vakalarda da karayolunun tercih edilebileceği belirtilmiştir. Tamamen havayolu veya karayolu ile taşıma durumuna kıyasla yüksek hızlı tren seferlerinin kullanılmasının bölgesel nakil merkezlerinin toplam maliyetini düşürebileceği, araç filoları ve karayolu seferlerinde çalışan personelin iş yükünün azalacağı, bu durumun da bölgesel nakil merkezleri için iyileştirme fırsatları sunduğu ifade edilmiştir.

Paganelli ve ark., (2019b), insan organ taşımacılığı için en uygun uçak lokasyonlarını belirlemek için bir ağ modeli oluşturmuşlardır. Bu amaçla, birçok farklı faktör dikkate alınarak, insan organ taşımacılığı ağının analiz edilmesi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmanın kapsamını, İtalya'daki organ taşımacılığı ağındaki mevcut durumun analizi ve mevcut lokasyonların etkililiğinin ve verimliliğinin değerlendirilmesi oluşturmuştur. Çalışmada, mevcut uçak filosunun konumları, organ merkezlerinin konumları, mevcut nakliye yolları, mevcut organ taşımacılığı planlama yöntemleri ve hava koşulları gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Yöntem olarak, seçtikleri ağ modelinde, organ merkezleri, havaalanları, nakliye yolları ve diğer ilgili bileşenler birbirine bağlanmıştır. Daha sonra, her bir organ merkezinin talepleri ve hava alanlarının kapasiteleri dikkate alınarak en uygun organ/hasta ve havaalanı eşleştirmesi yapılmıştır. Araştırma sonuçları, mevcut uçak filosunun konumlarının organ taşımacılığı ağındaki etkinliği ve verimliliği önemli ölçüde artırabileceğini göstermiştir.

Rabbani ve Talebi (2019), donörden organ çıkarma merkezleri ile nakil merkezlerinin yerleşimi ve eşleştirilmesi problemi için bir matematiksel model önermişlerdir. Önerilen model iki amaçlı doğrusal olmayan bir programlama modelidir. Toplam sistem maliyetinin şimdiki değerine ilave olarak coğrafi eşitsizlikler de en küçüklenmeye çalışılmıştır. Maliyet, nakil süresi vb. bazı problem parametreleri belirsizlikle ilişkilendirilerek bulanık kümeler olarak ele alınmıştır. Bir organ nakil

tedarik zinciri tasarlanmış ve İran verileri üzerinden bir gerçek hayat uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Balster (2019), donör ve alıcının birbirlerine çok uzak bölgelerde bulunduğu ve organın havayolu ile taşınacağı durumlar için, organı alıcının olduğu bölgeye en hızlı şekilde ulaştırmak üzere, çok sayıda alternatif uçuş çizelgesinden hangisinin tercih edilmesi gerektiğini belirlemek üzere bir etiketleme algoritması önermiştir. Problem, kaynak kısıtlı en kısa yol problemi olarak ele alınmıştır. Brezilya'dan 25 farklı organ nakil vakası ele alınarak önerilen yöntem ile çözülmüş ve Brezilya'da mevcut durumda herhangi bir bilimsel yöntem kullanılmadan el ile yapılan çözümlerle kıyaslandığında, önerilen yöntemin soğuk iskemi süresinde ortalama olarak %37,46 iyileşme, organ taşıma sürelerinde de ortalama %44,17 kısalma sağladığı ifade edilmiştir.

Usul ve ark., (2020), Türkiye'de Ocak 2017-Aralık 2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen organ nakillerinde Sağlık Bakanlığı tarafından organize edilen organ nakil sistemini incelenmişlerdir. Organ tipleri, uçuş süresi, vericinin bulunduğu şehirler ve nakil merkezleri gibi veriler çalışmaya dahil edilmiştir. Verici hastanelerden nakil merkezlerine organ gönderilirken güvenlik, kalite, güvenilirlik, izlenebilirlik, uyumluluk, program etkinliği ve maliyet gibi kısıtlar üzerinde durmuşlardır. Uçuş süreleri dikkate alındığında organ nakli için ortalama uçuş süresinin uçakla 77 dakika, helikopterle ortalama uçuş süresinin 102 dakika olarak gerçekleşmiş olduğunu bildirmişlerdir. Organın vericiden alınıp koruyucu sıvılara konulması ile başlayan soğuk iskemi sürecinin, organ naklinin başarısı için en önemli kriter olduğunu belirtmişlerdir. Kabul edilebilir soğuk iskemi süresinin akciğer için 4 saat, kalp için 4 saat, böbrek için 18 saat ve karaciğer için 11 saat olduğu varsayımı ile, hava yolu ile ortalama organ taşıma sürelerinin organ nakillerinin başarısına katkı sağladığı görüşünde olduklarını bildirmişlerdir.

De Oliveria Mota ve ark., (2020), tarafından Brezilya'da karaciğer nakil vakaları üzerinde bir saha araştırması yapılmış ve ilgili profesyonellerden anket yöntemiyle toplanan verilere göre 2014 ile 2018 yılları arasında toplam 5502 adet karaciğer donörü mevcut olduğu, bu donörlerden alınan karaciğerlerin 2678'inin (%48,7) hastalara nakledildiği, geriye kalan 2824 organın ise taşıma ve elleçleme benzeri lojistik problemler nedeniyle naklinin gerçekleşmediği tespit edilmiştir. Organ nakil sürecinde yaşanan problemlerin nedenleri ortaya koyulmaya çalışılarak, tedarik zinciri yönetimi bakış açısıyla tıp ve mühendislik bilimlerinin birlikte kullanıldığı süreç iyileştirme önerileri ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Özkan, B., Özceylan, E., (2020), bir donörden alınan organın mümkün olan en kısa sürede alıcısına ulaştırılması için organ nakli merkezlerinin verici/alıcı kapsamını en üst düzeye çıkaran mekansal dağılımları optimize etmek için 81 ilde 99 nakil merkezi (hastanesi) bulunan Türkiye'nin organ nakli sürecini incelemişlerdir. Araştırmada coğrafi bilgi sistemini (CBS) kullanarak 923 ilçe belirlemişlerdir. Çalışmalarında maksimal kapsama konum modelini kullanmışlardır. Organların soğuk iskemi süresini ve hastanelerin yerlerini dikkate alarak verici / alıcıların (hastaların) kapsamını maksimize etmeyi amaçlamışlardır. Türkiye'nin organ nakil ağı için azami bir kapsama yeri modeli geliştirmişlerdir. Hastaların en çok ihtiyaç duyduğu üç organ olan kalp, karaciğer ve böbrek için senaryolaştırdıkları çözüm sonucunda kalp nakli bekleyen hastaların, soğuk iskemi süresi içinde uygun hastaneler tarafından tamamen kapsanmadığı sonucuna varmışlardır.

Kargar ve ark., (2020), çalışmalarında karaciğer nakli için organ taşıma ve tahsis problemini ele alınmışlardır. Çalışmanın amacı, tıbbi belirsizlik altında organ taşıma ve tahsisinde karşılaşılan zorlukları incelemek ve gerçek bir vaka çalışması üzerinden çözüme yönelik bir yaklaşım sunmaktır. Çalışma, bir hastanenin gerçek verileri kullanılarak yapılmıştır. Yöntem olarak, karar ağacı analizi (Decision Tree Analysis) ve stokastik programlama modeli kullanılmıştır. Sonuçlar, farklı senaryolarda optimal kararların alınabileceğini göstermektedir. Tıbbi belirsizlikler bu kararlarda önemli derecede etkili olmaktadır.. Çalışmanın sonuçlarının, organ tahsisinde ve taşınmasında karşılaşılan zorlukları anlamak ve daha iyi bir karar verme süreci tasarlamak için faydalı olabileceğini bildirmişlerdir.

Rouhani ve ark., (2021), arz ve bütçe belirsizlikleri altında organ nakli ağlarının tasarlanması için uygun stratejik kararların alınmasına yönelik yeni birçok dönemli yer tahsisi modelleme yaklaşımı önermeye odaklanmışlardır. Bu amaca hizmet etmek için, ağ duyarlılığını en üst düzeye çıkarmak ve toplam maliyeti en aza indirmek olan iki amaçlı bir olasılıksal programlama modelini geliştirmişlerdir. Çoklu amaç fonksiyonu modellerini çözmek ve bunların ilgili istek seviyelerinden sapmalarını kontrol etmek için bulanık bir hedef programlama yaklaşımını benimsemişlerdir.

Cole (2021), çalışmasında, tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının ABD'deki organ nakli sürecine nasıl uygulandığını açıklamıştır. Bu uygulamaların, nakil için mevcut organların hacmini artırmaya katkı sağlasa da, aslında tedaviye erişimdeki mevcut eşitsizlikleri daha da kötüleştirebileceğini belirtmiştir. Hali hazırda organ nakli bekleme listesinde olan insan sayısının, organ kıtlığı krizi olarak adlandırılan bir durum

olan ve nakil için mevcut organ sayısını çok aştığı göz önüne alındığında, bunun özellikle acil bir sorun olduğunu belirtmiştir. Bu eşitsizliğe katkıda bulunan bir başka faktörün, nakil sürecinin zamana duyarlı ve zaman yoğun olduğu düşünüldüğünde, nakil merkezlerinin, donörlerin ve alıcıların mekansal-zamansal dağılımının olduğunu ileri sürmüştür. Buna yanıt olarak sağlık sektörü, standartlaştırılmış, veri odaklı ve anında devreye alınabilen bir lojistik ağ oluşturarak organların tedarikini ve dağıtımını kolaylaştıran ve hızlandıran sistemler geliştirebilmektedir. Yazar, organ nakli uzmanlarının ve diğer tıp uzmanlarının, bu uygulamaları organ nakli ağına uygulamanın zaten avantajlı olan hastalara ayrıcalık tanıyabileceğini, bunun yerine gerçekten adil bir organdağıtım ağının ABD'deki adaletsiz nakil ortamına katılması gerektiğinin savunulduğunu belirtmektedir. Ayrıca, bu teknolojilere doğrudan karşı çıkılmaması gerektiği, bunun yerine kârlılığın sürdürülmesi yerine hastalara evrensel erişim adına adaletli bir yönetimin benimsenmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Bellotti ve Francoso (2021), Brezilya'daki organ nakil sistemi hakkında bilgiler verdikleri çalışmalarında; Brezilya'daki insan organı nakil planına ve ulaşım planının detaylandırılmasının karar verme aşamasına yardımcı olan bir veri tabanı oluşturmak için gerekli araçları sağlamayı amaçlayan haritalar ve arama siteleri gibi internette bulunan ücretsiz kaynakların kullanıldığını belirtmektedirler. Söz konusu süreç, emek yoğun ve hatta önemli ölçüde zaman alıcıdır. Kara taşımacılığının kullanımına, esas olarak ilgili işletme maliyetleri nedeniyle öncelik verilmektedir. Gerektiğinde multimodal kombinasyonlar kullanılmakta ve organların toplanması, kaybın azaltılması ve daha kısa yer değiştirme süresi içinde nakil prosedürlerinin etkinleştirilmesi için kapsama yarıçapının genişletilmesi amaçlanmaktadır. Diğer ülkelerde yürürlükte olan yaygın uygulamalar ve protokollerin gözden geçirilmesinden sonra yazarlar, iskemi süresini ve geçerli mevzuatı dikkate alarak, tıbbi ekiplerin yanı sıra donörler ve alıcılar arasındaki insan organları için nakil planlarını ayrıntılı olarak hazırlayan ulusal bir sistem geliştirmeyi amaçlamışlardır. EOS olarak adlandırılan sistem, tek ve çok modlu taşımayı hesaba katarak toplanan organlar ve tıbbi ekipler için yer değiştirme seçeneklerini analiz etmektedir. Sistem, Sao Paulo Eyaletinde toplanan verilere dikkate alınarak geliştirilmiş ve test edilmiştir.

Salimian ve Mousavi (2022a)'ye göre, sağlık tedarik zinciri yönetiminde, özellikle acil durum tesislerinde, organ nakli ağı önemli bir rol oynamaktadır. Donör hastanesinin yeri ve organ tahsisi, nakil ağının temel unsurları arasındadır. Tahsis kararları alanında hava koşulları, organların kalitesi, araç türleri organ alıcısı için hayati

tehlike arz etmektedir. İklim değişikliği ile belirsiz koşullar, organların kalitesi ve farklı araç türleri ile ilgili yer tahsisi ve organ nakli ağı tasarım problemlerini kapsayan çalışmaların eksikliği nedeniyle, yazarlar çalışmalarında yeni bir çok amaçlı karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama (ÇAKTP) modeli önermişlerdir. Organ nakli ağ modeli, eş zamanlı olarak ağ maliyeti ve süresini en aza indirmeyi ve nakledilen organların kalitesini ekonomik ve sosyal açıdan en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Geliştirilen ÇAKTP modeli, organ taleplerindeki, iklim değişikliğindeki ve tedarikteki organ kalitesindeki dalgalanmalarla başa çıkmak için birden fazla bağış kullanan çok organlı bir nakil tedarik zincirinde tasarımı uyarlamak için uygundur. Hibrit çözüm prosedürü, literatürden bir uygulama örneğinde, özellikle bu tür risklere karşı savunmasız olan organ nakli tedarik zincirine atıfta bulunularak incelenmiştir. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın kullanılmasıyla amaç fonksiyonlarının sırasıyla %35,5, %74,1 ve %19 arttığını göstermiştir çıkararak organın kalitesinin %17,8 arttığını göstermiştir.

Rouhani ve Amin (2022)'ye göre, sağlık sistemleri arasında en karmaşık ve zorlu ağlardan biri olan organ nakil ağı, etkili bir tedarik zinciri tasarımı gerektirmektedir. Yazarlar çalışmalarında, bir organ nakli ağı tasarlamak için yeni bir iki amaçlı hiyerarşik yer tahsisi modeli geliştirmişlerdir. Amaç, aynı anda toplam süreyi ve maliyetleri en aza indirmek ve arz ve talep belirsizliği altında ağdaki coğrafi pariteyi en üst düzeye çıkarmaktır. Geliştirilen modellerde ağda farklı ulaşım modları ele alınmış ve model çözüldükten sonra optimal ulaşım modu seçilmiştir. Artırılmış ϵ -kısıtlama tekniği, çok amaçlı problemi çözmek için uygulanmıştır. Ayrıca, parametrelerin belirsiz doğasının üstesinden gelmek için dışbükey sağlam bir optimizasyon yaklaşımı geliştirilmiştir. Son olarak, bir vaka çalışması sunulmuş ve geliştirilen modellerin optimal çözümleri hesaplanmış ve analiz edilmiştir.

Salimian ve Mousavi (2022b)'ye göre, organ nakli ağ tasarımı, insan yaşamının devamı için kritik bir konudur. Yazarlar çalışmalarında bozulma senaryolarına uyarlanabilen nakil ağlarının tasarımı için yeni bir üç amaçlı sağlam optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Model, senaryo tabanlı bir nakil tedarik zinciri oluşturmak için yeni bir karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama (KTDOP) modelidir. Bu bağlamda, önerilen senaryo tabanlı modelin amaç fonksiyonları, organların bozulma sonrası teslim süresini en aza indirmek ve organların kalitesini ve kan gruplarının uyumunu en üst düzeye çıkarmaktır. Nakil merkezlerinde sınırlı kapasite ile çalışma ve insanların nakil için bekleme sırasına alınması nakil operasyonu sayısını azaltabilir ve ölüm riskine yol açabilir. Bu nedenle durumu yansıtan ve zaman içinde değişen bir kuyruk sistemi

tasarlamının gerekli olduğundan bahsetmişlerdir. Yazarlar iklim değişikliği riski üzerinde durmuşlardır. İklim değişikliği riski nakil olacak hasta sırasının uzamasına ve organların kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. İklim değişikliği riski organların nakil merkezleri tarafından alınmasını geciktirdiğinde, kan gruplarının uyumluluğu ameliyat oranlarını yönetmek ve ölüm oranını azaltmak için yararlı bir yöntemdir. Ayrıca nakil sürecinde yöneticilerin kararlarını etkileyen diğer konulardan biri de belirsiz koşulları dikkate alarak uygun karar verme ile ilgilidir. Bu nedenle, yazarlar çalışmalarında, bir optimizasyon modelindeki farklı belirsizliklerin üstesinden gelmek için senaryo tabanlı sağlam optimizasyon yaklaşımına ve uzlaşmacı çözüm yöntemine dayalı yeni bir hibrit çözüm yaklaşımı önermişlerdir. Ek olarak, önerilen model NP-zordur ve bu nedenle yazarlar çalışmalarında problemi çözmek için genetik algoritma (GA) ve kara dul optimizasyonu (KDO) dahil olmak üzere iki metasezgisel optimizasyon algoritması kullanmışlardır.

Goli ve ark., (2022), taşıma süresi belirsizliği altında organ nakli tedarik zincirini optimize etmek için matematiksel bir formülasyon ve çözüm yöntemi önermişlerdir. Organ nakli merkezlerinin konumu, tahsisi ve dağıtımı için olasılıksal programlama modeli ve simülasyon tabanlı çözüm yöntemi geliştirmişlerdir. Önerilen matematiksel model, organ taleplerinin ve nakliye süresinin bulanık belirsizliğini dikkate alarak toplam maliyeti optimize etmektedir. Ayrıca, matematiksel modelin optimizasyonundaki belirsizlikle başa çıkmak için güvenilirlik teorisi kullanılarak yeni bir simülasyon tabanlı optimizasyon uygulanmıştır.

Jalilvand ve ark., (2023), organ nakli tedarik zinciri ağını tasarlamak için, stratejik ve operasyonel maliyetler dahil, toplam maliyetleri ve belirsizlik altında karşılanamayan talep sayısını en aza indirmeyi amaçlayan iki amaçlı bir karma tamsayı doğrusal olmayan programlama modeli önermişlerdir. Geliştirilen model, her bir organ için kurulacak ve donatılacak optimum tesis sayısını, bunlar arasındaki akışları ve soğuk zincir araçlarının optimum tahsisini hesaplamaktadır. Karşılanamayan talep durumunda potansiyel alıcı (hasta) hasta ölümlerini mümkün olduğunca önlemek için hayatını kaybetme olasılığı daha yüksek olan yüksek riskli alıcılara, düşük riskli alıcılara göre öncelik verilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Tablo 2.1. Organ nakli alanında yapılan çalışmalara ilişkin literatür özeti

Yazar(lar)	Amaç	Çalışılan Organlar	Çözüm Yöntemi
Bruni ve ark., (2006)	Sağlık hizmetlerinde bölgesel eşitliği sağlamak amacıyla nakledilebilir organların bölgelere göre dağıtılması	Kalp, Karaciğer, Böbrek	Tam sayılı Doğrusal Programlama
Alagoz ve ark., (2009)	organ nakli merkezlerinin yerinin optimize edilmesi ve organın cerrahi olarak çıkarılması ile alıcıya ulaştırılması arasında geçen süreyi en aza indirme	Organlar	Karma tam sayılı Doğrusal Programlama
Kong ve ark., (2010)	Karaciğer tahsis bölgelerinin yeniden tasarlanması yoluyla bölge içi nakillerin verimliliğini en üst düzeye çıkarılması	Karaciğer	Karma Tam sayılı Doğrusal Programlama
Beliën ve ark., (2011)	Potansiyel bir bağışçıya bildirildiği andan itibaren, organın alıcısına mümkün olan en kısa sürede ulaşmasını sağlamak.	Kalp Karaciğer Akciğer Böbrek Pankreas	Karma Tam sayılı doğrusal programlama
Çay, (2012)	Bu çalışmada, Türkiye örneği için organ nakli sistemindeki lojistik sorunlara odaklanılmıştır. Amaç, bazı bölgesel koordinasyon merkezlerini bulmak ve her bölgedeki organ akışını en üst düzeye çıkaran şehirleri bölgesel koordinasyon merkezlerine tahsis etmektir.	Karaciğer Kalp Böbrek	Karma Tam sayılı Doğrusal Programlama Simülasyon
Sha ve Huang (2012),	Çin'in acil durum kan tedarik sistemleri için çok önemli bir yer tahsisi mümkün olduğu kadar çok kan bağışçısına karşı taşıma mesafelerinin kısaltması amaçlanmıştır.	Kan	Lagrange gevşetmesi yöntemi
Beliën ve ark., (2013)	Organ nakli merkezlerinin konumunu optimize etmek için bir karma Tam sayılı doğrusal programlama karar modeli sunulmuştur. Amaç, bir donör organın kullanıma hazır hale geldiği an ile alıcının vücuduna nakledildiği an arasındaki ağırlıklı zaman bileşenlerinin toplamını en aza indirmektir.	Kalp, Karaciğer, Akciğer Böbrek, Pankreas	Karma Tam sayılı doğrusal programlama
Zahiri ve ark., (2014a)	Belirsizlik altında farklı organlar için çok öncelikli kuyruk sistemi göz önünde bulundurarak organ nakli tedarik zinciri ağ tasarlamak.	Tüm Organlar	Bulanık Çok Amaçlı Programlama Tavlama Benzetimi Algoritması
Zahiri ve ark., (2014b)	Girdi verilerinin doğal belirsizliği altında bir organ nakli tedarik zincirinde çok önemli bir yer tahsisinde toplam maliyetin minimizasyonu amaçlanmıştır.	Kalp, Karaciğer	Karma Tam sayılı Doğrusal Programlama
Özer (2016)	Organ nakli ağı içerisinde bulunan hastaneler arasında kullanılacak olan araçların alacakları mesafelerin minimize edilmesi	Organlar	Tam sayılı Doğrusal Programlama
Aghazadeh ve ark., (2017)	Açılan merkezlerin, nakliye edilen organların, bilgi ve tahsislerin maliyetlerini en aza indirmek ve nihai toplam minimum süreye sahip rotaları bulmak	Tüm Organlar	İki Aşamalı Karma Tam sayılı Doğrusal Programlama
Rajmohan ve ark., (2017)	Organ alıcılarının ağırlıklı mesafesini en aza indirmek amacıyla organ dağıtım merkezlerinin konumu p-medyan modeli yardımıyla belirlenmiştir.	Böbrek	Tam sayılı Doğrusal Programlama
Cacchiani ve ark., (2018)	Belirli merkezler kümesinden ve İtalyan nakil veri tabanından elde edilen talepler altında, hava yoluyla organ taşıma faaliyetlerinde kullanılan uçak sayısı ve toplam seyahat mesafesinin ağırlıklı toplamını minimize etmek	Tüm Organlar	Tam sayılı Doğrusal Programlama
Caruso ve ark., (2018)	Organ nakilleri ile ilgili toplam maliyetleri en aza indirmek amacıyla ağırlara dayalı matematiksel bir model sunulmuştur.	Karaciğer, Böbrek	Lagrange Gevşetmesi
Ahmadvand ve Pishvae (2018)	İyi organize edilmiş bir organ nakli ağına tasarımı	Böbrek	Karma Tam sayılı Doğrusal Programlama Bulanık Programlama
Ghane ve Tavakkoli-Moghaddam (2018)	Organ nakli merkezlerinin yer tahsisi problemi için iki amaçlı bir stokastik matematiksel model sunulmuştur. Amaç toplam taşıma süresini ve maksimum organ kısıtlığını minimize etmektir.	Tüm Organlar	Stokastik Programlama
Aghazadeh ve ark., (2018)	Taşıma maliyetlerini minimize etmek ve verimliliği artırmak	Tüm Organlar	İki Amaçlı Karma Tam sayılı Doğrusal Programlama
Savaşer ve ark., (2019)	Soğuk iskemi zaman sınırları (bir organın kanlanmadan hayatta kalabileceği süre) dahilinde potansiyel uyumlu donör-alıcı eşleşmesini maksimize etmek.	Kalp Karaciğer Böbrek	Simülasyon
Paganelli ve ark., (2019a)	Organların kısa sürede alıcıya ulaştırılmasında hızlı tren seçeneği üzerinde durulmuştur.	Böbrek	Literatür araştırması

Tablo 2.1. (Devamı)

Yazar(lar)	Amaç	Çalışılan Organlar	Çözüm Yöntemi
Paganelli ve ark., (2019b)	Bu çalışmada, farklı zaman aralıkları ve hizmet tasarımı senaryoları ile ilgili performans endekslerini karşılaştırarak İtalya topraklarındaki uçakların optimal sayılarını ve konumları araştırılmıştır.	Tüm Organlar	Tam sayılı Doğrusal Programlama
Rabbani ve Talebi (2019)	Organ toplama merkezlerinin ve nakil merkezlerinin yer tahsisi için bir model geliştirilmiştir. Amaç toplam sistem maliyetlerinin bugünkü değerini ve coğrafi eşitsizlikleri minimize etmektir.	Kalp Akciğer Karaciğer	ε-kısıtlama Yöntemi
Balster (2019)	Organın cerrahi olarak çıkarılması ile nakli arasında geçen sürenin en aza indirilmesi	Organlar	Karma Tam sayılı Doğrusal Programlama
Rabbani ve Talebi (2019)	Organ toplama merkezlerinin ve nakil merkezlerinin yer tahsisi için bir model geliştirilmiştir. Amaç toplam sistem maliyetlerinin bugünkü değerini ve coğrafi eşitsizlikleri minimize etmektir.	Kalp Akciğer Karaciğer	ε-kısıtlama Yöntemi
Savaşer ve ark., (2019)	Soğuk iskemi zaman sınırları (bir organın kanlanmadan hayatta kalabileceği süre) dahilinde potansiyel uyumlu donör-alıcı eşleşmesini maksimize etmek.	Kalp Karaciğer Böbrek	Simülasyon
De Oliveira Mota ve ark., (2020)	Bu çalışmanın amacı, lojistik analizlere dayalı mühendislik yöntemlerini kullanarak bağış sürecini, organların alınmasını ve transplantasyonun kendisini araştırmaktır.	Karaciğer	Veri Toplama ve Veri Analizi
Özkan, B., Özceylan, E., 2020	organ nakli merkezlerinin verici/alıcı kapsamını en üst düzeye çıkaran mekansal dağılımları optimize etmek	Kalp, Karaciğer, Böbrek	Maksimal kapsama metodu
Usul ve ark. (2020)	Ocak 2017-Aralık 2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen organ nakillerinde Sağlık Bakanlığı tarafından organize edilen organ nakil sistemi incelenmesi	Karaciğer Kalp Akciğer Böbrek Kornea İnce bağırsak	Literatür araştırması
Kargar ve ark., (2020)	Verimlilik ve hakkaniyet arasındaki ödünleşimi göz önünde bulundurarak bir karaciğer nakli ve tahsis problemi için bir modeli geliştirilmiştir. Model, hastaların hayatta kalma oranını maksimize ederken, ulaşım maliyetini ve süresini minimuma indirmektedir.	Karaciğer	Olasılıklı Programlama
Cole (2021)	Tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının ABD'de organ nakli sürecine nasıl uygulandığını açıklamaktadır.	Tüm Organlar	Literatür araştırması
Bellotti ve Francoso (2021)	iskemi süresini ve ilgili mevzuatı dikkate alarak, tıbbi ekipler ve ayrıca donörler ve alıcılar arasındaki insan organları için nakil planlarını detaylandıran ulusal bir sistem geliştirilmesi	Kalp Akciğer	Literatür araştırması
Rouhani ve ark., (2021)	Arz ve bütçe belirsizlikleri altında organ nakli ağlarını tasarlamak ve uygun stratejik kararlar almak. Bu amaca hizmet etmek için, amacı ağ yanıtını en üst düzeye çıkarmak ve toplam maliyeti en aza indirmek olan iki amaçlı bir olasılıklı programlama modeli formüle edilmiştir.	Karaciğer Böbrek	Bulanık karar verme Olasılıklı Programlama
Gali ve ark. (2022)	organ nakil merkezleri için adaptifliği artırmak ve toplam maliyetleri azaltmak	Tüm organlar	Simülasyon tabanlı optimizasyon
Rouhani ve Amin (2022)	Organ nakli ağı tasarımı için yeni bir iki amaçlı konum tahsisi modeli geliştirilmiştir. Amaç, arz ve talep belirsizliği altında ağdaki toplam zaman ve maliyetleri eşzamanlı olarak en aza indirmek ve coğrafi pariteyi en üst düzeye çıkarmaktır.	Karaciğer Böbrek	ε-kısıtlama Yöntemi Robust Eniyileme Yaklaşımı
Salimian ve Mousavi (2022a)	Önerilen senaryo tabanlı modelin amaç fonksiyonları, organların bozulma sonrası teslim süresini en aza indirmek ve organ kalitesini ve kan gruplarının uyumluluğunu en üst düzeye çıkarmaktır.	Tüm Organlar	Karma Tam sayılı Doğrusal Olmayan Programlama Robust Eniyileme Yaklaşımı
Salimian ve Mousavi (2022b).	Organ nakli ağı modelini, ağ maliyetini ve süresini en aza indirmeyi ve iletilen organların kalitesini ekonomik ve sosyal boyutta aynı anda en üst düzeye çıkarmayı amaçlamışlardır.	Tüm Organlar	Karma Tam sayılı Doğrusal Olmayan Programlama

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak Türkiye’de Sağlık Bakanlığı, Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü’ne bağlı olarak faaliyet gösteren Doku, Organ Nakli ve Diyaliz Hizmetleri Dairesi Başkanlığı yönetiminde Ulusal Organ ve Doku Nakli Koordinasyon Sistemi, Ulusal Organ ve Doku Nakli Koordinasyon Merkezi, Bölgesel Koordinasyon Merkezleri ve bu merkezlere bağlı olarak faaliyet gösteren böbrek, karaciğer ve kalp nakli yapma yetkisine haiz Organ ve Doku Nakli Merkezi bulunan hastaneler yer almaktadır.

Tez kapsamı içerisinde yer alan **“organ”** kavramından, böbrek, karaciğer ve kalp organları kastedilmektedir. Dolayısı ile bu çalışmada Türkiye’de böbrek organı, karaciğer organı ve kalp organlarının nakil ağının optimizasyonu için coğrafi bilgi sistemi ve matematiksel model tabanlı çözüm önerisi üzerinde durulduğundan, doku, ilik, kornea ve kompozit organların nakli ile ilgili hususlar kapsam dışı tutulmuştur.

Türkiye’de organ nakli ile ilgili hukuki mevzuat ise aşağıdaki hukuki normlardan oluşmaktadır (<https://www.saglik.gov.tr/>):

a) Kanunlar

- 2238 sayılı Organ ve Doku Alınması, Saklanması, Aşılması ve Nakli Hakkında Kanun,

b) Yönetmelikler

- Organ Nakli Hizmetleri Yönetmeliği

c) Yönergeler

-Organ Nakli Merkezleri Yönergesi

-Ulusal Organ ve Doku Nakli Koordinasyon Sistemi Yönergesi

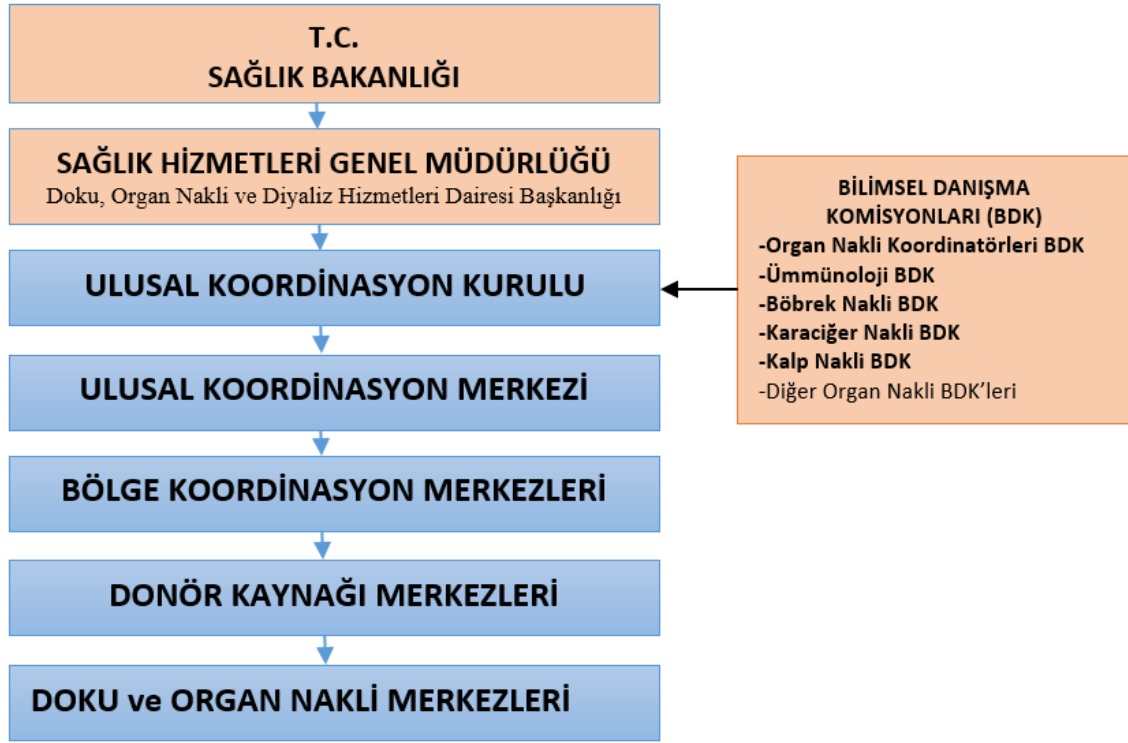
-Kompozit Doku Nakli Merkezleri Yönergesi

-Doku Tipleme Laboratuvarları Yönergesi

-Göz Bankası ve Kornea Nakli Merkezleri Yönergesi

-Kemik İliği Nakli Merkezleri ve Kemik İliği Nakli Doku Bilgi İşlem Merkezleri Yönergesi.

Yukarıda belirtilen Organ Nakli Hizmetleri Yönetmeliği ve Ulusal Organ, Doku Nakli Koordinasyon Sistemi Yönergesi ve Organ Nakli Merkezleri Yönergesi içeriğinde yer alan ilkeler doğrultusunda tez çalışmasına konu olan yapıya ilişkin hiyerarşi şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Ulusal organ ve doku nakli koordinasyon sistemi

3.1.1. Ulusal Koordinasyon Sistemi (UKS)

Doku ve organ nakli alanında çalışan tüm kurum ve kuruluşların koordinasyonunu sağlamak, bağışlanan doku ve organları bilimsel kurallar çerçevesinde saklamak ve naklini sağlamak amacıyla, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı tarafından, 2000 yılında Doku ve Organ Nakli Koordinasyon Sistemi kurulmuştur. Sistemin kuruluşunun temel hedefi, vericiden alınan organın en doğru alıcıya en kısa sürede nakledilmesi işlemini gerçekleştirmektir (Çınaroğlu, 2017)

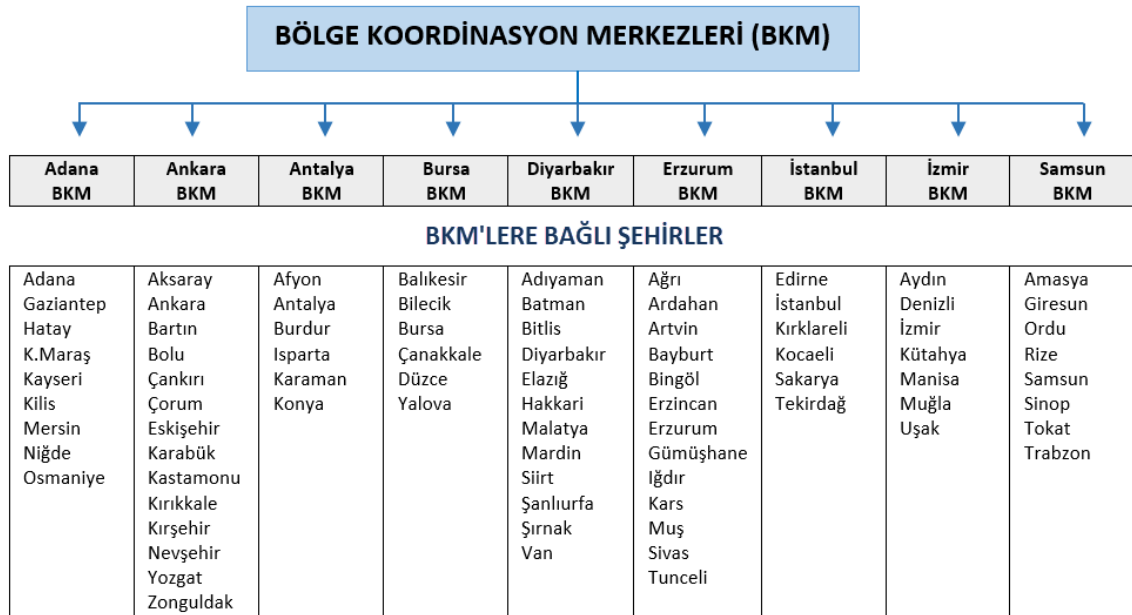
3.1.2. Ulusal Koordinasyon Merkezi (UKM)

Türkiye genelinde organ nakli çalışmalarını düzenlemek, özellikle beyin ölümü gerçekleşen bağışçılardan (kadavradan) sağlanan organ bağışı miktarını artırmak ve bağışlanan organların ülke çapında uygun alıcılara dağıtımlarını sağlamak amacıyla,

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı tarafından, 2001 yılında Ulusal Koordinasyon Merkezi (UKM) kurulmuştur. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı bünyesindedir ve Ankara’da bulunmaktadır (Tay, 2016).

3.1.3. Bölge koordinasyon merkezleri (BKM)

Organ ve Doku Nakli Bölge Koordinasyon Merkezleri (BKM) UKM’ye bağlı olarak çalışan bölgesel merkezlerdir. BKM’ler, kendilerine bağlı illerde hizmetin yürütülmesinde koordinasyonu sağlamaktadır. Operasyonel kararlar BKM’lerin sorumluluğunda alınmaktadır. Adana, Ankara, Antalya, Bursa, Diyarbakır, Erzurum, İstanbul, İzmir, Samsun olmak üzere dokuz ilde Organ ve Doku Nakli Bölge Koordinasyon Merkezleri (BKM) kurulmuştur. Bölgesel Koordinasyon merkezleri ve bağlı iller şekil 3.2’de verilmiştir (organkds.saglik.gov.tr/dss/PUBLIC/ONM_General.aspx.)



Şekil 3.2. BKM’ler ve bağlı şehirler

1 Temmuz 2022 tarihi itibari ile Sağlık Bakanlığından böbrek organı, karaciğer organı ve kalp organı nakli yapma izin/yetkisi almış Sağlık Bakanlığına bağlı hastaneler, Devlet ve Vakıf Üniversite hastaneleri ve Özel Hastaneler/Sağlık kurumlarının BKM ve bağlı şehirlere dağılımı sırası ile tablo 3.1 – 3.9’da verilmiştir.

Tablo 3.1. Adana BKM ve bağılı şehirlerdeki organ nakli yapılan sağlık kuruluşları

BKM	Şehir	Yetkili Organ Nakil Merkezleri'nin Bulunduğu Sağlık Kuruluşları	Nakil Yapılan Organlar		
			Böbrek	Karaciğer	Kalp
ADANA	Adana	Başkent Üniversitesi Dr. Turgut Noyan UAM	+	+	+
		Çukurova Üniversitesi Tıp Fak. Balcalı Hst. SEAM	+	-	-
		Adana Şehir Hastanesi	+	+	-
	Gaziantep	Gaziantep Üniversitesi Şahinbey Hastanesi	+	+	-
		Özel Sani Konukoğlu Hastanesi	+	+	-
	Kayseri	Erciyes Üniversitesi Tıp Fak. Hastanesi	+	+	-
		Kayseri Şehir Hastanesi	+	-	-
	K.Maraş	K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi AUH	+	-	-
	Mersin	Mersin Üniversitesi SAUM	+	-	-
	Hatay				
	Kilis				
	Niğde				
	Osmaniye				
	TOPLAM		9	5	1

Tablo 3.1'in incelenmesinden görüleceği üzere, çalışmada ele alınan böbrek, karaciğer ve kalp organlarının Adana BKM sorumluluk ve yetki alanındaki dokuz şehirde dokuz adet böbrek nakli merkezi, beş adet karaciğer nakli merkezi ve bir adet kalp nakli merkezi bulunmaktadır. Organ nakil merkezleri beş şehirde toplanmış durumdadır.

Tablo 3.2. Ankara BKM ve bağılı şehirlerdeki organ nakli yapılan sağlık kuruluşları

BKM	Şehir	Yetkili Organ Nakil Merkezleri'nin Bulunduğu Sağlık Kuruluşları	Nakil Yapılan Organlar		
			Böbrek	Karaciğer	Kalp
ANKARA	Ankara	Hacettepe Üniversitesi Tıp Fak. Hastanesi	+	+	+
		Ankara Üniversitesi Tıp Fak. Cebeci AUH	+	+	+
		Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi.	+	+	+
		Ankara Şehir Hastanesi	+	+	+
		Dışkapı Yıldırım Beyazıt EAH	+	+	-
		Gazi Üniversitesi AUH	+	+	-
		Ufuk Ü. Tıp Fakültesi Dr. Rıdvan Ege SAUM	+	-	-
		Özel Ankara Güven Hastanesi	+	+	-
		Özel Medicana International Ankara Hastanesi	+	-	-
	Eskişehir	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi EUAH	+	-	-
	Aksaray				-
	Bartın				-
	Bolu				-
	Çankırı				-
	Çorum				-
	Karabük				
	Kastamonu				
	Kırıkkale				
	Kırşehir				
	Nevşehir				
	Yozgat				
	Zonguldak				
	TOPLAM		10	7	4

Tablo 3.2'nin incelenmesinden görüleceği üzere, çalışmada ele alınan böbrek, karaciğer ve kalp organlarının Ankara BKM sorumluluk ve yetki alanındaki 14 şehirde tümü Ankara şehir merkezinde olmak üzere 10 adet böbrek nakli merkezi, yedi adet karaciğer nakli merkezi ve dört adet kalp nakli merkezi bulunmaktadır. Organ nakil merkezleri iki şehirde toplanmış durumdadır.

Tablo 3.3. Antalya BKM ve bağılı şehirlerdeki organ nakli yapılan sağlık kuruluşları

BKM	Şehir	Yetkili Organ Nakil Merkezleri'nin Bulunduğu Sağlık Kuruluşları	Nakil Yapılan Organlar		
			Böbrek	Karaciğer	Kalp
ANTALYA	Antalya	Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	+	+	+
		Antalya Eğitim e Araştırma Hastanesi	+	+	-
		Özel Medicalpark Antalya Hastane Kompleksi	+	+	-
	Konya	Başkent Üniversitesi Konya UAM	+	-	-
		Necmettin Erbakan Ü. Meram Tıp Fakültesi Hastanesi	+	+	-
	Afyon				
	Burdur				
	Isparta				
	Karaman				
	TOPLAM		5	4	1

Tablo 3.3'ün incelenmesinden görüleceği üzere, çalışmada ele alınan böbrek, karaciğer ve kalp organlarının Antalya BKM sorumluluk ve yetki alanındaki altı şehirde beş adet böbrek nakli merkezi, dört adet karaciğer nakli merkezi ve bir adet kalp nakli merkezi bulunmaktadır. Organ nakil merkezleri iki şehirde toplanmış durumdadır.

Tablo 3.4. Bursa BKM ve bağılı şehirlerdeki organ nakli yapılan sağlık kuruluşları

BKM	Şehir	Yetkili Organ Nakil Merkezleri'nin Bulunduğu Sağlık Kuruluşları	Nakil Yapılan Organlar		
			Böbrek	Karaciğer	Kalp
BURSA	Bursa	Uludağ Üniversitesi SUAM	+	+	+
		Bursa Yüksek İhtisas EAH	+	-	-
		Özel Acıbadem Bursa Hastanesi	+	+	-
		Bursa Şehir Hastanesi	+	+	-
	Çanakkale	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi AUH	+	-	-
	Düzce	Düzce Üniversitesi AH	+	+	-
	Balıkesir				
	Bilecik				
	Yalova				
	TOPLAM		6	4	1

Tablo 3.4'ün incelenmesinden görüleceği üzere, çalışmada ele alınan böbrek, karaciğer ve kalp organlarının Bursa BKM sorumluluk ve yetki alanındaki altı şehirde altı adet böbrek nakli merkezi, dört adet karaciğer nakli merkezi ve bir adet kalp nakli merkezi bulunmaktadır. Organ nakil merkezleri üç şehirde toplanmış durumdadır.

Tablo 3.5. Diyarbakır BKM ve bağılı şehirlerdeki organ nakli yapılan sağlık kuruluşları

BKM	Şehir	Yetkili Organ Nakil Merkezleri'nin Bulunduğu Sağlık Kuruluşları	Nakil Yapılan Organlar		
			Böbrek	Karaciğer	Kalp
DİYARBAKIR	Diyarbakır	Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	+	+	-
		Diyarbakır Gazi Yaşargil EAH	+	-	-
	Elazığ	Fırat Üniversitesi AUH	+	+	-
	Malatya	İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi	+	+	-
	Adıyaman				
	Batman				
	Bitlis				
	Hakkari				
	Mardin				
	Siirt				
	Şanlıurfa				
	Şırnak				
	Van				
	TOPLAM		4	3	-

Tablo 3.5'in incelenmesinden görüleceği üzere, çalışmada ele alınan böbrek, karaciğer ve kalp organlarının Diyarbakır BKM sorumluluk ve yetki alanındaki 12 şehirde dört adet böbrek nakli merkezi ve üç adet karaciğer nakli merkezi bulunmaktadır. Diyarbakır BKM sorumluluk ve yetki alanındaki şehirlerin hiçbirinde kalp nakli merkezi bulunmamaktadır. Organ nakil merkezleri ise üç şehirde toplanmış durumdadır.

Tablo 3.6. Erzurum BKM ve bağlı şehirlerdeki organ nakli yapılan sağlık kuruluşları

BKM	Şehir	Yetkili Organ Nakil Merkezleri'nin Bulunduğu Sağlık Kuruluşları	Nakil Yapılan Organlar		
			Böbrek	Karaciğer	Kalp
ERZURUM	Erzurum	Atatürk Ü. Yakutiye-Aziziye Araştırma Hastanesi	+	+	-
	Sivas	Cumhuriyet Üniversitesi SHUAH	+	+	-
	Ağrı				
	Ardahan				
	Artvin				
	Bayburt				
	Bingöl				
	Erzincan				
	Gümüşhane				
	İğdır				
	Kars				
	Muş				
	Tunceli				
	TOPLAM		2	2	-

Tablo 3.6'nın incelenmesinden görüleceği üzere, çalışmada ele alınan böbrek, karaciğer ve kalp organlarının Erzurum BKM sorumluluk ve yetki alanındaki 13 şehirde iki adet böbrek nakli merkezi ve iki adet karaciğer nakli merkezi bulunmaktadır. Erzurum BKM sorumluluk ve yetki alanındaki şehirlerin hiçbirinde kalp nakli merkezi bulunmamaktadır. Organ nakil merkezleri ise iki şehirde toplanmış durumdadır.

Tablo 3.7. İstanbul BKM ve bağlı şehirlerdeki organ nakli yapılan sağlık kuruluşları

BKM	Şehir	Yetkili Organ Nakil Merkezleri'nin Bulunduğu Sağlık Kuruluşları	Nakil Yapılan Organlar		
			Böbrek	Karaciğer	Kalp
İSTANBUL	İstanbul	Başkent Üniversitesi İstanbul SUAM	+	-	+
		Dr.Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi EAH	-	-	+
		Kartal Koşuyolu Yüksek İhtisas EAH	-	+	+
		Mehmet Akif Ersoy Göğüs Kalp ve Dam. Cer. EAH	-	-	+
		Yeni Yüzyıl Ü. Özel Gaziosmanpaşa Hastanesi	+	+	+
		Altınbaş Üniversitesi Özel Medikalpark Hastanesi	+	+	-
		Bahçeşehir Ü. Özel Medical Park Göztepe Hast. Komp.	+	+	-
		Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi	+	+	-
		Beykent Üniversitesi Özel Beykent Hastanesi	+	+	-
		Biruni Ü. Özel Medicana International İst. Hastanesi	+	+	-
		Göztepe Prof. Dr. Süleyman Yalçın Şehir Hastanesi	+	-	-
		Aydın Üniversitesi SUAM	+	+	-
		Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Hastanesi	-	+	-
		Özel Medipol Mega Hastaneler Kompleksi	+	+	+
		Bakırköy Dr.Sadi Konuk Eğitim Araştırma Hastanesi	+	-	-
		Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	+	-	-
		Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi	+	-	-
		İstinye Üniversitesi SUAM	+	+	-
		Koç Üniversitesi SEUM	+	+	-
		Maltepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	+	-	-
		Okan Üniversitesi SUAM	+	-	-
		Özel Memorial Hizmet Hastanesi	+	-	-
		Marmara Üniversitesi Pendik EAH	+	-	-
		Şişli Hamidiye Etfal Eğitim Ve Araştırma Hastanesi	+	+	-
		Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi	+	+	-
		İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Hastanesi	+	-	-
		İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Hastanesi	+	+	-
		Özel Acıbadem Atakent Hastanesi	+	+	-
		Özel Acıbadem Altunizade Hastanesi	+	-	-
		Özel Acıbadem International Hastanesi	+	-	-
		Özel İstanbul Florence Nightingale Hastanesi	+	+	-
		Özel Liv Hospital Vadi İstanbul Hastanesi	+	-	-
		Özel Medicana Ataşehir Hastanesi	+	-	-
		Özel Medicana Hospitals Bahçelievler	+	-	-
		Özel Memorial Bahçelievler Hastanesi	+	+	-
		Özel Memorial Şişli Hastanesi	+	+	-
		Prof. Dr. Cemil Taşcıoğlu Şehir Hastanesi	+	-	-
		Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi	+	-	-
	Kocaeli	Kocaeli Derince Eğitim ve Araştırma Hastanesi	+	-	-
	Sakarya	Sakarya Üniversitesi EAH	+	-	-
	Edirne				
	Kırklareli				
	Tekirdağ				
	TOPLAM		36	19	6

Tablo 3.7'nin incelenmesinden görüleceği üzere, çalışmada ele alınan böbrek, karaciğer ve kalp organlarının İstanbul BKM sorumluluk ve yetki alanındaki 14 şehirde tümü İstanbul şehrinde olmak üzere 19 adet karaciğer nakli merkezi ve altı adet kalp nakli merkezi bulunmaktadır. İstanbul BKM sorumluluk ve yetki alanındaki toplam üç şehirde 36 adet böbrek nakli merkezi bulunmaktadır. Organ nakli merkezlerinin çok büyük oranda İstanbul şehrinde toplanmış olduğu görülmektedir.

Tablo 3.8. İzmir BKM ve bağlı şehirlerdeki organ nakli yapılan sağlık kuruluşları

BKM	Şehir	Yetkili Organ Nakil Merkezleri'nin Bulunduğu Sağlık Kuruluşları	Nakil Yapılan Organlar		
			Böbrek	Karaciğer	Kalp
İZMİR	İzmir	Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	+	+	+
		İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Atatürk EAH	-	-	+
		Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	+	+	-
		İzmir Ekonomi Üniversitesi Medicalpark Hastanesi	+	+	-
		Özel Kent Hastanesi	+	+	-
		İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi	+	+	-
		Bozyaka Eğitim ve Araştırma Hastanesi	+	+	-
	Aydın	Adnan Menderes Üniversitesi Hastanesi	+	+	-
	Muğla	Muğla Şehir Hastanesi	+	-	-
	Denizli	Denizli Pamukkale Üniversitesi SAUM	+	-	-
	Kütahya				
	Manisa				
	Uşak				
	TOPLAM		9	7	2

Tablo 3.8'in incelenmesinden görüleceği üzere, çalışmada ele alınan böbrek, karaciğer ve kalp organlarının İzmir BKM sorumluluk ve yetki alanındaki yedi şehirde dokuz adet böbrek nakli merkezi, yedi adet karaciğer nakli merkezi ve bir adet kalp nakli merkezi bulunmaktadır. Organ nakil merkezleri yoğunluklu olarak İzmir şehri olmak üzere toplam dört şehirde toplanmış durumdadır.

Tablo 3.9. Samsun BKM ve bağlı şehirlerdeki organ nakli yapılan sağlık kuruluşları

BKM	Şehir	Yetkili Organ Nakil Merkezleri'nin Bulunduğu Sağlık Kuruluşları	Nakil Yapılan Organlar		
			Böbrek	Karaciğer	Kalp
SAMSUN	Samsun	Ondokuz Mayıs Üniversitesi SUAH.	+	+	-
	Amasya				
	Giresun				
	Ordu				
	Rize				
	Sinop				
	Tokat				
	TOPLAM		1	1	-

Tablo 3.6'nın incelenmesinden görüleceği üzere, çalışmada ele alınan böbrek, karaciğer ve kalp organlarının Samsun BKM sorumluluk ve yetki alanındaki yedi şehirden sadece Samsun şehrinde bir adet böbrek nakli merkezi ve bir adet karaciğer nakli merkezi bulunmaktadır. Samsun BKM sorumluluk ve yetki alanındaki şehirlerin hiçbirinde kalp nakli merkezi bulunmamaktadır.

3.1.4. Donör kaynağı merkezleri (DKM)

Yoğun bakım ünitesi olan ve beyin ölümü gerçekleşen vakalarda kişinin ailesi ile görüşerek kadavradan organ bağışı ve kadavra donör temin edilmesini sağlamakla

görevlendirilmiş hastanelerdir. Beyin ölümü gerçekleşen kişinin ailesi organ bağışında bulunur ise bu durumu BKM'ye bildirmek ve UKM'nin talimatı ile nakil hastanelerinde kadavradan organ çıkarılmasına yardımcı olurlar.

Türkiye'de doku ve organ bağışı ve doku ve organ naklini artırmak amacı ile Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı tarafından 2002 yılında bütün il merkezlerinde ve nüfusu 100 bini aşan ilçe hastanelerinde donanımlı yoğun bakım üniteleri kurulmuştur (Topbaş ve Bingöl, 2016).

3.1.5. Doku ve organ nakli merkezleri (DONM)

Doku ve Organ Nakli Merkezleri, bağışlanan doku ve organların alıcılara nakil işleminin yapıldığı hastanelerdir. Canlı vericilerden alınan organların naklinde tüm süreçler bu sağlık kurumlarında yürütülür. Kadavradan nakillerde ise verici kaynağı merkezi hastanelerden sağlanan organların UKM ve BKM aracılığı ile bu merkezlere ulaştırılması sağlanır. Organın uygun alıcıya nakli ve sonrasındaki tüm süreçlerin yürütümü de bu merkezlerde yapılır.

3.2. Metot

3.2.1. Problemin tanımı

Literatürde, şehir, ilçe, mahalle gibi coğrafi bölgelerin değişik amaçları en iyilemek için gruplanması problemine Politik Bölgeleme Problemi (PBP) adı verilmektedir. PBP'nin uygulama alanlarından bazıları seçim bölgesi tasarımı, satış bölgesi tasarımı, elektrik sayaçlarının okunması, sokakların süpürülmesi, çöp toplama gibi yerel yönetim hizmetlerinin tasarlanması şeklinde gerçekleşmektedir.

PBP'de komşu bölgelerin, nüfus dengesi (tüm bölgelerin yaklaşık aynı nüfusa sahip olması) ve/veya kompaktlık (her ilçe yakın ve düzgün bir şekilde bir araya getirilmesi) gibi amaçları en iyileyecek şekilde, önceden belirlenmiş sayıda bölgede bir araya getirilmesi hedeflenmektedir. Bu grupların ise aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir.

- **Bütünlük:** Hiçbir bölge iki veya daha fazla grup arasında bölünemez.
- **Bitişiklik:** Her grup içerisindeki bölgeler coğrafi olarak bitişik olmalıdır, yani grubun herhangi bir noktasından herhangi başka bir noktasına grup dışına çıkmadan erişilebilmelidir.

PBP 50 yılı aşkın süredir üzerinde çalışılmış ve problemin çözümü için çok sayıda çözüm tekniği geliştirilmiştir (Duque ve ark., 2007; Tasnádi, 2011; Ricca ve ark., 2013). Bu tez kapsamında üzerinde çalışılan problem de birçok açıdan PBP'ye benzerlik göstermektedir. Bu nedenle benzer bir yaklaşım ile ele alınan problem modellenmiştir. Ele alınan problem notasyonel olarak şu şekilde tanımlanmaktadır.

$G = (N, E)$ bağlı bir şebeke olsun, burada $N = 0, 1, 2 \dots n$ düğümler kümesi ve $E = \{(i, j) : i, j \in N\}$ bağlantıyı temsil eden hatların kümesidir. Düğüm kümesindeki "0" numaralı düğüm modelin kurulumu için kullanılan sanal bir düğüm, $N_c = 1, 2, \dots n$ ise şehirleri temsil eden düğümlerdir. N_c kümesi içerisindeki bazı düğümler merkez şehir olup ($N_m \subset N_c$) merkez şehirlerden diğer şehirlere hizmet verilmektedir. N_c kümesindeki tüm şehirler için nüfusu temsil eden ve $P_i : i \in N_c$ ile gösterilen, organ nakli yapabilen hastane sayısını temsil eden ve $H_i : i \in N_c$ ile gösterilen değerler tanımlıdır.

E kümesi ise N kümesi içerisindeki sanal düğüm de dahil olmak üzere şehirler arasındaki bağlantıları tanımlamaktadır. Bu kümede sanal düğüm ile merkez düğümler arasında ve komşu şehirler arasında direkt bir bağlantı bulunmaktadır ve bu bağlantının $c_{ij} : i, j \in N$ tanımlı mesafesi belirli ve biliniyor.

Bu varsayımlar altında amaç, aşağıdaki kısıtlamalar altında, organ nakli esnasında hasta hareketini en küçükleyecek ve gruplanmış bölgelerin kompaktlığını en iyileyen şehir-merkez atamalarını gerçekleştirmektir. Kısıtlamalar ise şu şekildedir;

- Her şehir mutlaka bir merkeze atanmak zorunda
- Bir merkeze atanmış herhangi iki şehir çiftine grubun dışına çıkmadan ulaşılabilir.
- Organ nakil merkezi bulunmayan bir şehirdeki hastalar aynı bölge içerisinde organ nakli yapabilen en az bir hastaneye sahip ve o şehre en yakın şehirde operasyon geçirebilir.

3.2.2. Önerilen matematiksel model ve karar değişkenleri

Karar Değişkenleri:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ şehri direkt olarak } j \text{ şehrine bağlandıysa } (\forall (i, j) \in E) \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$z_{iq} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ şehri } j \text{ merkezine atandıysa } (i \in N_c; q \in N_m) \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ şehrindeki hastaların operasyonları} \\ & j \text{ şehrinde yapılacaksa } (\forall (i,j) \in N_c) \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

F_{ij} : Bölgeler arasındaki yük dengesini kontrol etmek için kullanılan geçici değişken
($\forall (i,j) \in E$)

D_i : i şehrinde hastaların operasyonlarının yapılacağı şehre olan mesafesi ($\forall i \in N_c$)

D_{max} : Gruplandırılmış bölgeler içerisinde aralarındaki en büyük mesafe

Matematiksel Model:

Yukarıda bahsedilen parametreler ve karar değişkenleri ışığında karma tam sayılı doğrusal matematiksel model aşağıdaki gibidir.

Model:

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{i \in N_c} P_i D_i \quad (1)$$

$$\text{Min } Z_2 = D_{max} \quad (2)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N_c \quad (3)$$

$$x_{ij} + x_{ji} \leq 1 \quad \forall i, j \in N_c \quad (4)$$

$$\sum_{q \in N_m} z_{iq} = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (5)$$

$$x_{ij} + z_{iq} + \sum_{p \in N_m: p \neq q} z_{jp} \leq 2 \quad \forall i, j \in N_c; q \in N_m \quad (6)$$

$$D_{max} \geq c_{ij}(z_{iq} + z_{jq} - 1) \quad \forall i, j \in N_c; q \in N_m \quad (7)$$

$$\sum_{j \in N_c} w_{ij} = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (8)$$

$$w_{ij} + z_{iq} + \sum_{p \in N_m: p \neq q} z_{jp} \leq 2 \quad \forall i, j \in N_c; q \in N_m: H_i = 0 \text{ ve } H_j \geq 1 \quad (9)$$

$$D_i = \sum_{j \in N_c} c_{ij} w_{ij} \quad \forall i \in N_c \quad (10)$$

$$\sum_{j \in N_m} F_{0j} = \sum_{i \in N_c} P_i \quad (11)$$

$$\sum_{i \in N} F_{ij} - \sum_{i \in N} F_{ji} = P_j \quad \forall j \in N_c \quad (12)$$

$$F_{ij} \leq (B\ddot{u}y\ddot{u}kM)x_{ij} \quad \forall i, j \in N \quad (13)$$

$$x_{ij}, w_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N_c \quad (14)$$

$$z_{iq} \in \{0,1\} \quad \forall i \in N_c; q \in N_m \quad (15)$$

$$F_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \in N \quad (16)$$

$$D_i \geq 0 \quad \forall i \in N_c \quad (17)$$

$$D_{max} \geq 0 \quad (18)$$

Burada *Büyük M* ile gösterilen değer yeterince büyük bir sabit sayı olup bu model için $\sum_{i \in N_c} P_i$ olarak kabul edilmiştir. Modeldeki ilk amaç fonksiyonu (1) nakil için gerçekleşecek hasta hareketlerinden kaynaklı toplam hareket mesafesinin en küçüklenmesini hedeflemektedir. (2) numaralı amaç fonksiyonu ise bölgeler içerisinde birbirine en uzak olan iki şehir arasındaki mesafeyi en küçükmeyi hedeflemektedir.

(3) numaralı denklem bir şehrin başka bir komşu şehre mutlaka bağlı olmasını garanti etmektedir. Bu sayede gruplar içerisinde birbiri ile bağlı olmayan herhangi iki şehir kalmayacaktır. (4) numaralı kısıtlar ise bağlantı kısıtlarının tamamlayıcı bir kısıtı olup iki şehir çifti arasında en fazla bir bağlantı kurulmasını sağlamaktadır. (5) numaralı kısıt grubu her şehrin mutlaka bir bölgeye atanmasını sağlarken, (6) numaralı kısıtlar farklı gruplara atanmış şehirlerarasında bağlantı kurulmasını engellemektedir. (7) numaralı kısıt grubu bütün gruplar içerisindeki tüm şehir çiftleri arasındaki uzaklıkları belirleme görevini üstlenmiştir. (8) ve (9) numaralı kısıtlar ise sırasıyla, her grup içerisinde bir şehrin organ nakli için mutlaka bir şehirden hizmet alması gerekliliğini ve bu eşleştirmelerin farklı gruplar içerisinde olmamasını garanti etmektedir. Bu kısıtlar ile bir şehrin organ nakil hastanesi varsa hastaların kendi şehrinde, organ nakli hastanesi yoksa başka bir şehirden hizmet almasını sağlamaktadır. (10) numaralı kısıt ise her bir şehrin kendisinin atandığı şehir ile arasındaki mesafeyi belirlemektedir. Eğer bir şehir içerisinde organ nakil hastanesi varsa bu değer “0” olmaktadır. Modelde şehirlerarası uzaklık (km) olarak Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğü’nün karayolları haritasından yararlanılmıştır (http://turkiyeharitasi.com/karayollari_haritasi/)

(11), (12) ve (13) numaralı kısıtlar ise birbirine bağlı şehirlerin nüfuslarına göre grup içerisindeki personel akışı miktarlarını belirlemektedir. Ayrıca bu kısıtlar şebeke içerisinde alt turların oluşumunu da engelleyerek merkezden bağımsız gruplaşmaları engellemektedir.

Son olarak (14)-(18) arasındaki kısıtlar işaret kısıtları olup karar değişkenlerinin belirlenen özelliklerde değerle almasını garantilemektedir.

Bu bölümde önerilen karma tam sayılı matematiksel model birden fazla amaç fonksiyonuna sahip olup doğrudan çözüm üretilebilecek yapıda değildir. Bu nedenle, hedef programlama yaklaşımları ile aşağıdaki adımlar takip edilerek tek amaç fonksiyonuna sahip bir model elde edilmiştir.

$\overline{Z_1}(\overline{Z_2})$ ve $\underline{Z_1}(\underline{Z_2})$ sırasıyla, (1) ve (2) numaralı amaç fonksiyonlarının tek başına çalıştırılması ile elde edilen en büyük ve en küçük amaç fonksiyonu değerleri olsun. Her iki amaç fonksiyonu farklı birimler üzerinde geliştirilmiş olmasına rağmen aşağıdaki denklem ile her ikisi de ortak bir birim üzerinden tek bir amaç fonksiyonunu dönüştürülmüştür.

$$\text{Min } Z = \alpha \frac{(\sum_{i \in N_c} P_i D_i) - \underline{Z_1}}{(\overline{Z_1} - \underline{Z_1})} + (1 - \alpha) \frac{D_{\max} - \underline{Z_2}}{(\overline{Z_2} - \underline{Z_2})} \quad (19)$$

Burada α amaç fonksiyonlarının ağırlığını belirleyen bir değer olup $[0 - 1]$ aralığında bir reel sayıdır. α için değişik değerler belirlenerek amaç fonksiyonlarının önem derecelerine göre farklı çözümler elde edilebilmektedir. Bu çalışmada α değerleri için $[0.00 - 1.00]$ aralığında 0.10 artış ile elde edilen 11 seviye belirlenerek matematiksel model ile çözümler gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Şehir ataması uyumu indeksi

Sağlık Bakanlığı Ulusal Organ ve Doku Nakli Sistemi'nde yer alan Ulusal Organ ve Doku Nakli Merkezi'ne bağlı olarak çalışan Adana, Ankara, Antalya, Bursa, Diyarbakır, Erzurum, İstanbul, İzmir ve Samsun BKM'leri altında yer alan şehirlerin matematiksel model çözümü sonrasında yeniden belirlenen dokuz adet BKM grubunda ortaya çıkan farklılık, aşağıda formülize edilen Şehir Ataması Uyumu İndeksi (ŞAUİ) ile değerlendirilmiştir.

$$\text{ŞAUİ} = [1 - (\frac{DMAŞS}{MMAŞS})] \times 100$$

Burada;

DMAŞS: Matematiksel model çözümü sonucu mevcut BKM'lerden diğer Merkezlere atanan şehir sayısını,

MMAŞS: Bakanlıkça mevcut BKM'ye atanmış şehir sayısını, göstermektedir.

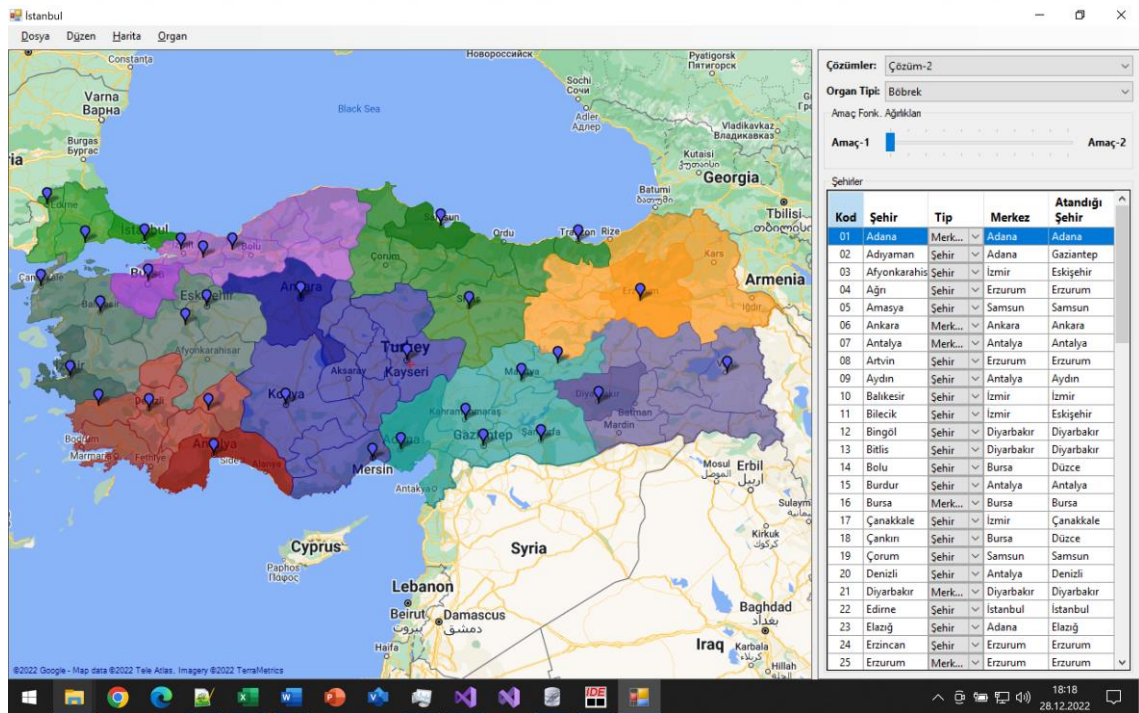
4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde, Türkiye'nin organ nakil ağının optimizasyonu için geliştirilen karma tam sayılı doğrusal matematiksel modelin çözümü ile elde edilen sonuçlar şekil ve tablolar halinde verilerek yorumlanmıştır.

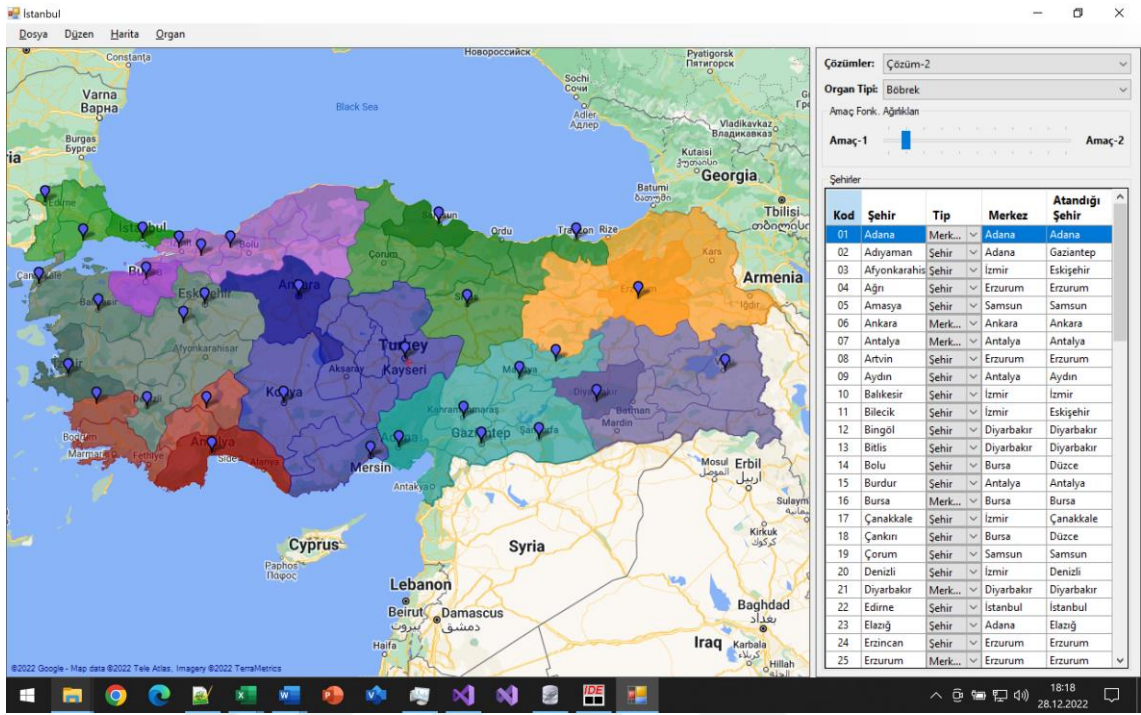
4.1. Böbrek Nakli İçin Önerilen BKM'ne Göre İllerin Dağılımı

Geliştirilen matematiksel modelin mevcut BKM'ler ve bu BKM'lere bağlı illerin tüm α seviyeleri için yeniden dağılımına ilişkin çözüm sonuçları sırası ile Şekil 4.1-4.11 de verilmiştir.

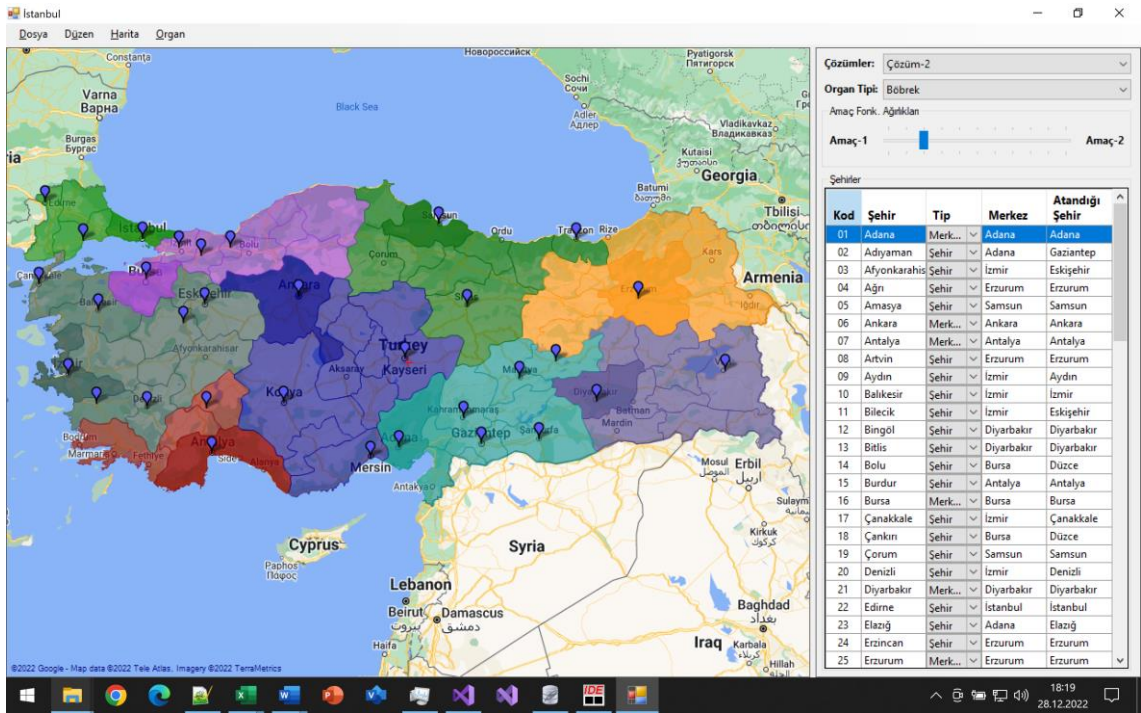
Geliştirilen matematiksel modelin çözüm sonuçlarına göre, böbrek organı için Sağlık Bakanlığı Ulusal Organ ve Doku Nakli Sisteminde yer alan Ulusal Organ ve Doku Nakli Merkezine bağlı olarak çalışan Adana, Ankara, Antalya, Bursa, Diyarbakır, Erzurum, İstanbul, İzmir ve Samsun BKM'lerine tüm α seviyelerine göre gruplandırılması gereken illerin dağılımı sırası ile Tablo 4.1-4.9'da verilmiştir.



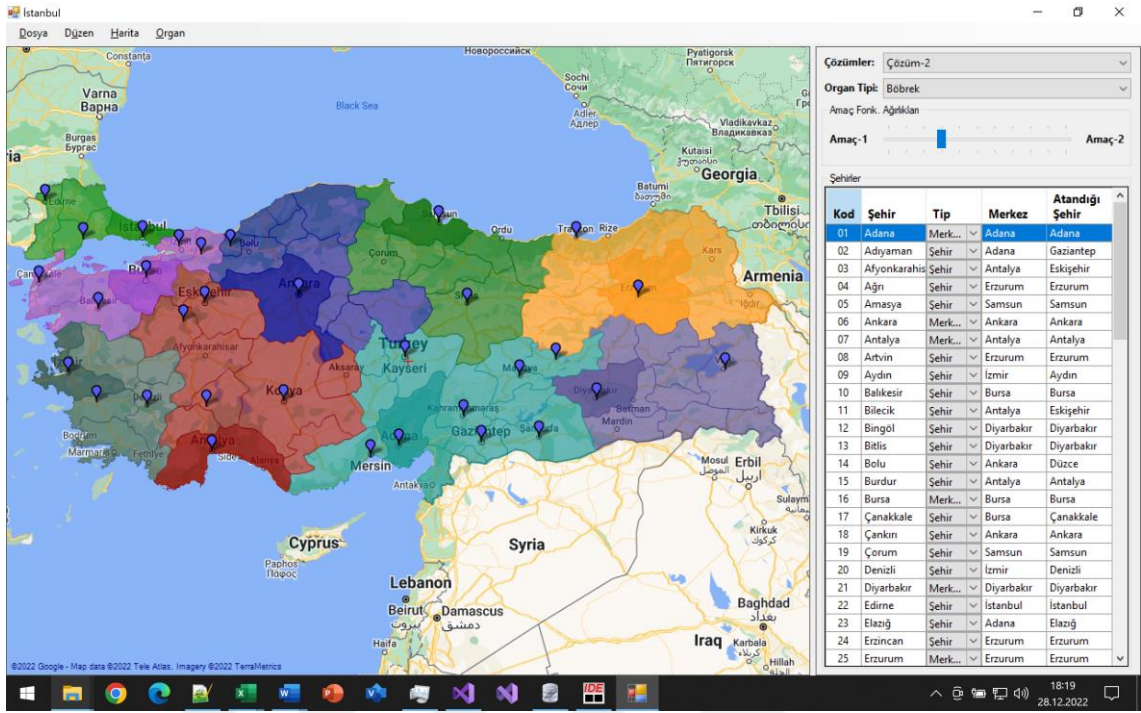
Şekil 4.1. Böbrek için $\alpha=0.00$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



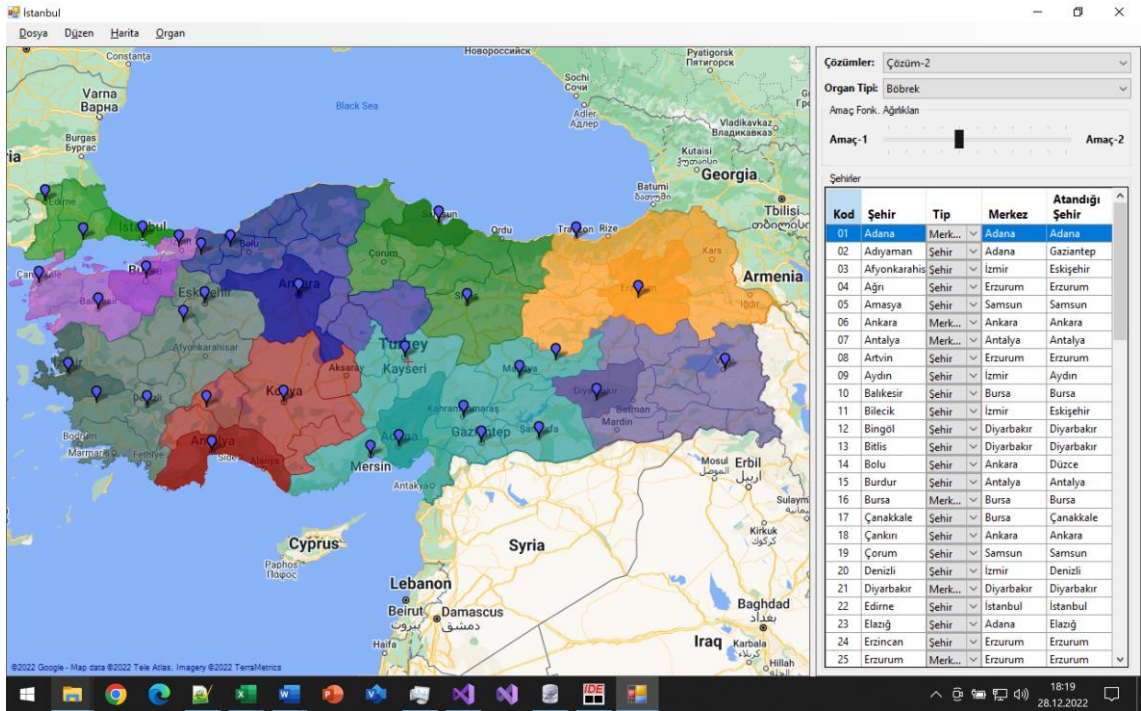
Şekil 4.2. Böbrek için $\alpha=0.10$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



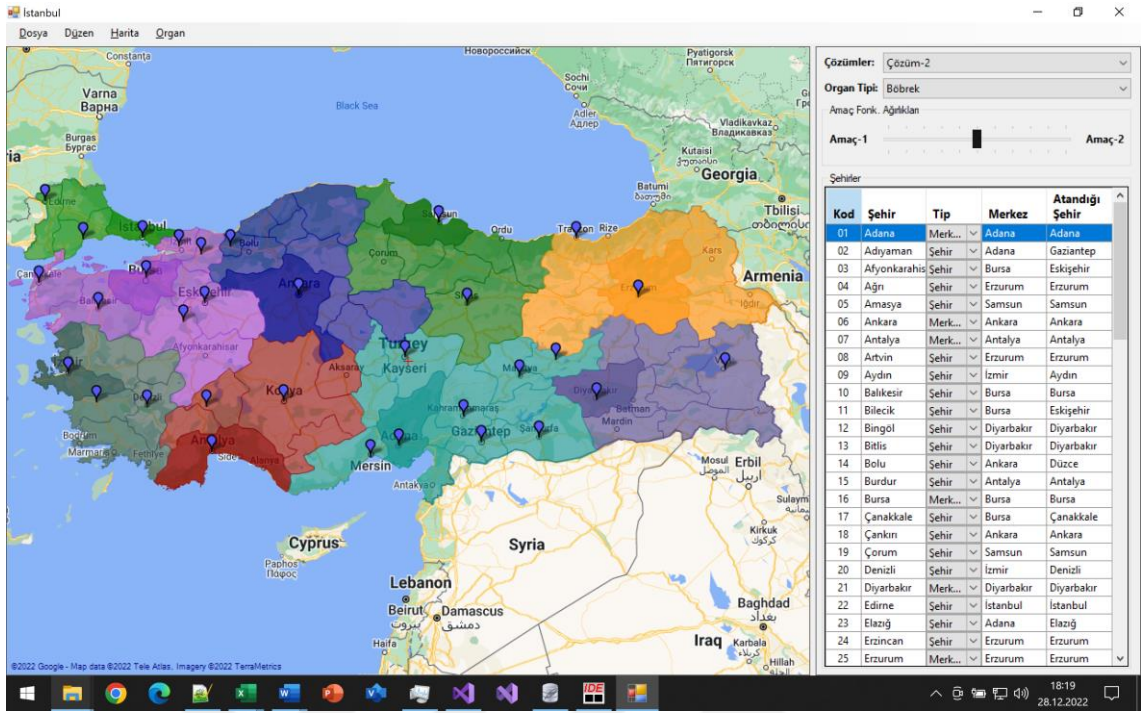
Şekil 4.3. Böbrek için $\alpha=0.20$ 'ye göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



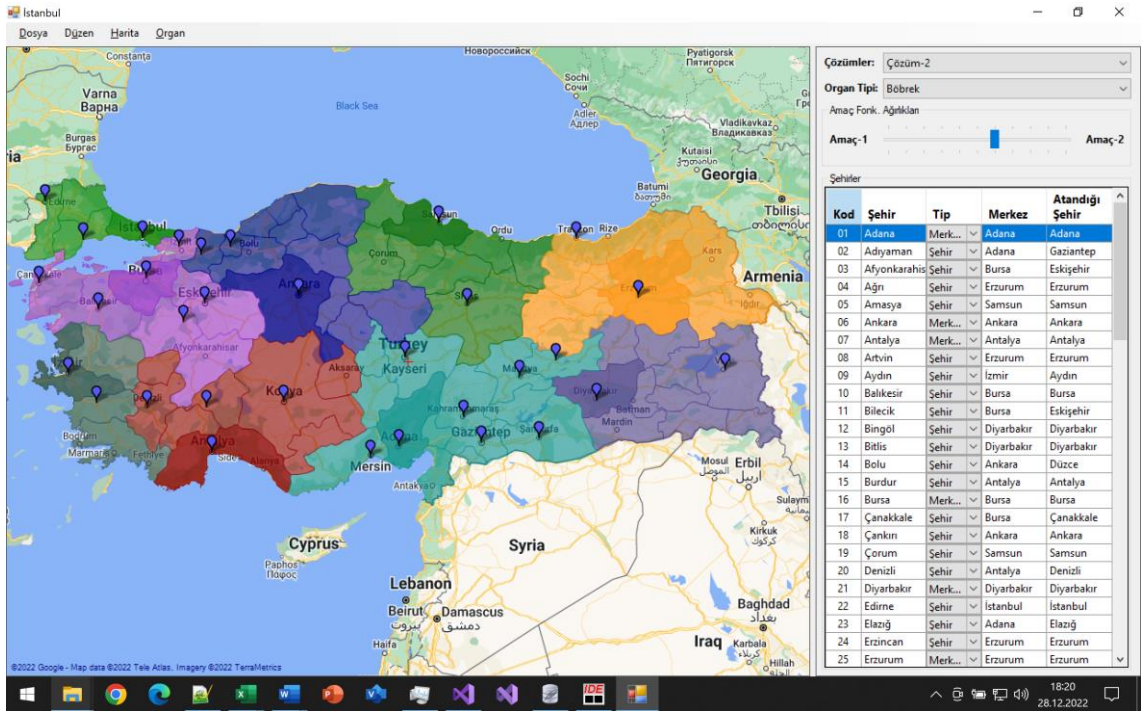
Şekil 4.4. Böbrek için $\alpha=0.30$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



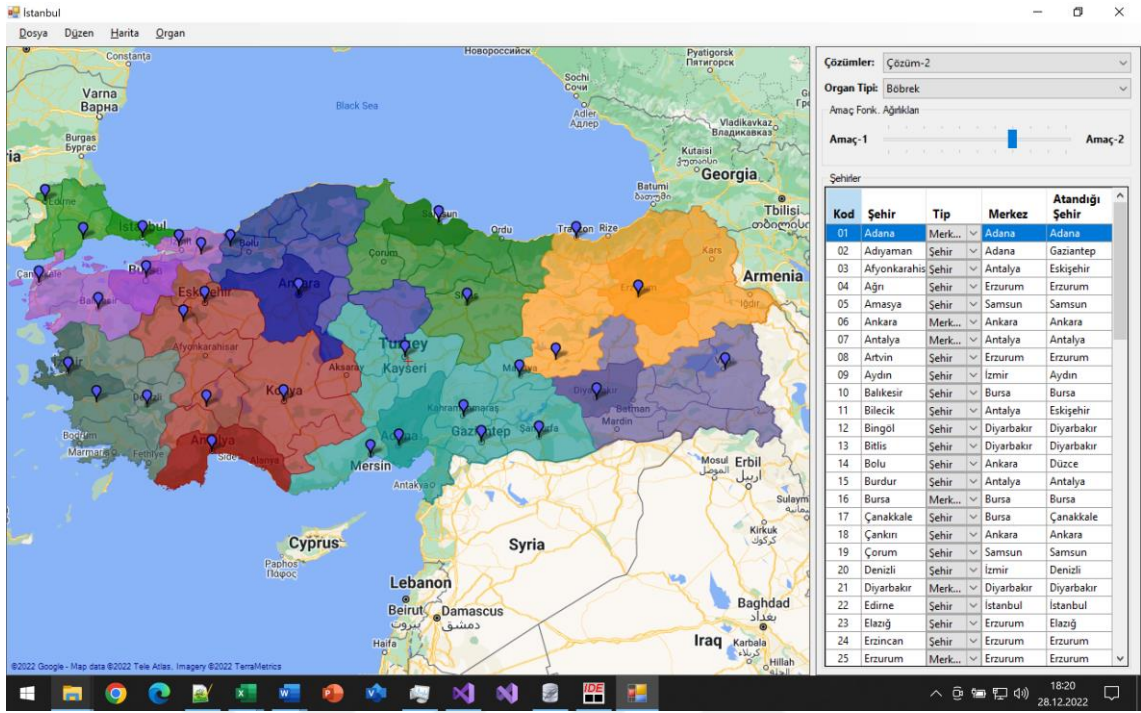
Şekil 4.5. Böbrek için $\alpha=0.40$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



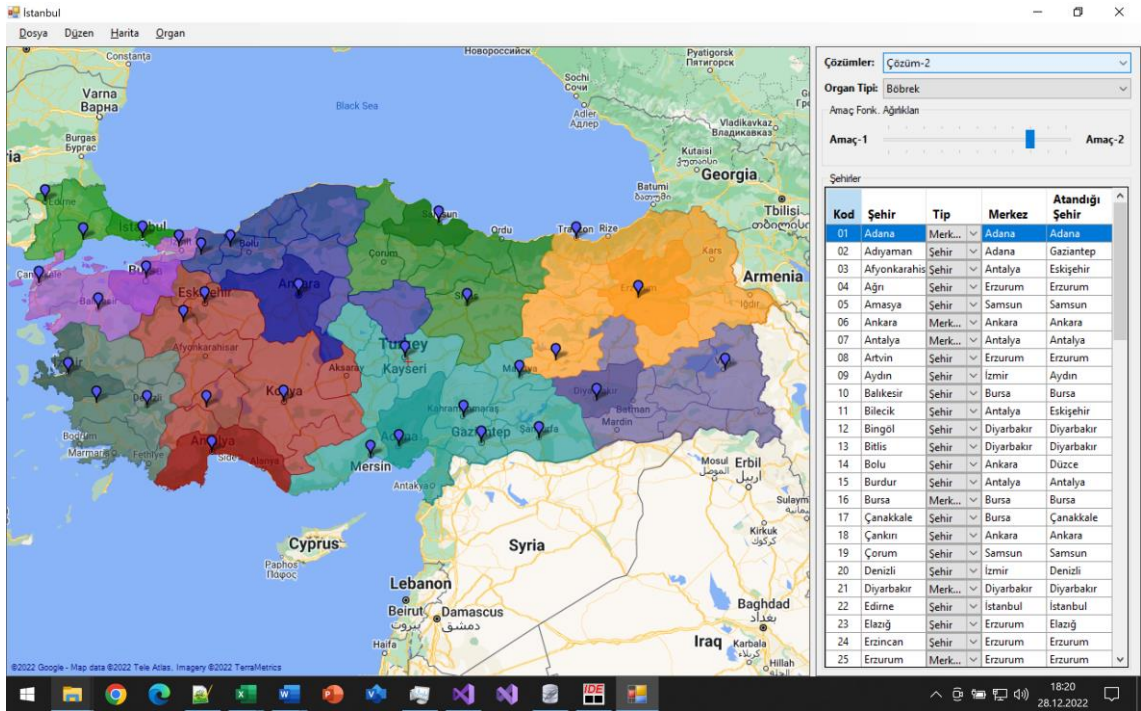
Şekil 4.6. Böbrek için $\alpha=0.50$ 'ye göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



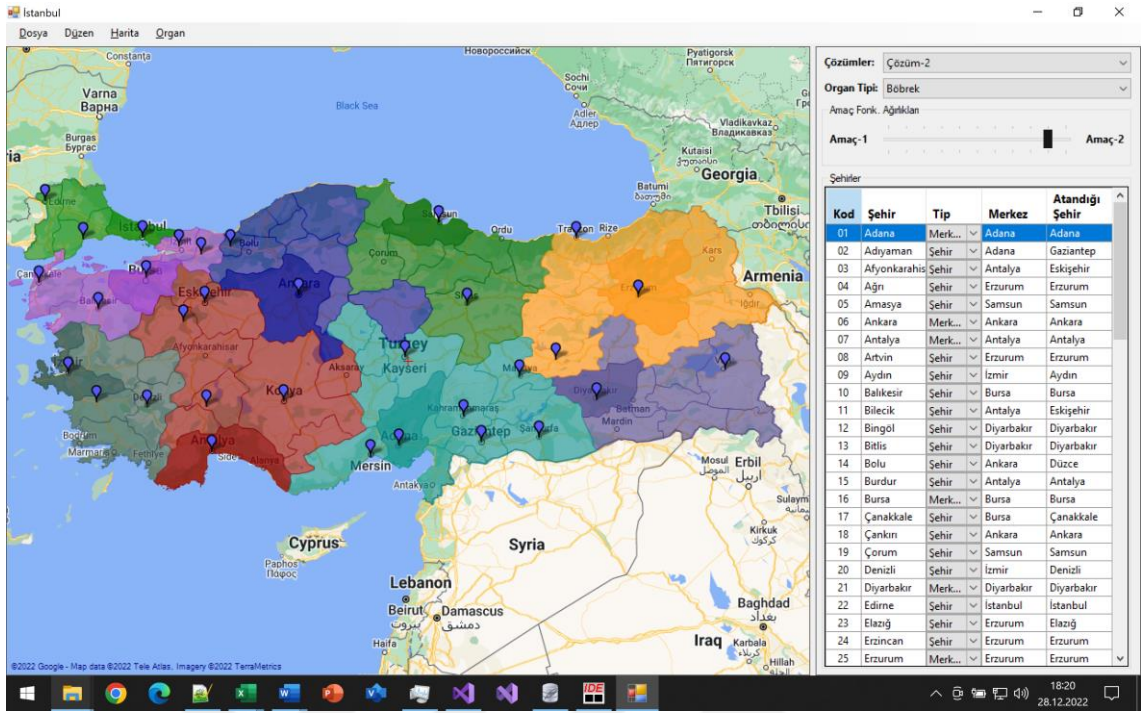
Şekil 4.7. Böbrek için $\alpha=0.60$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



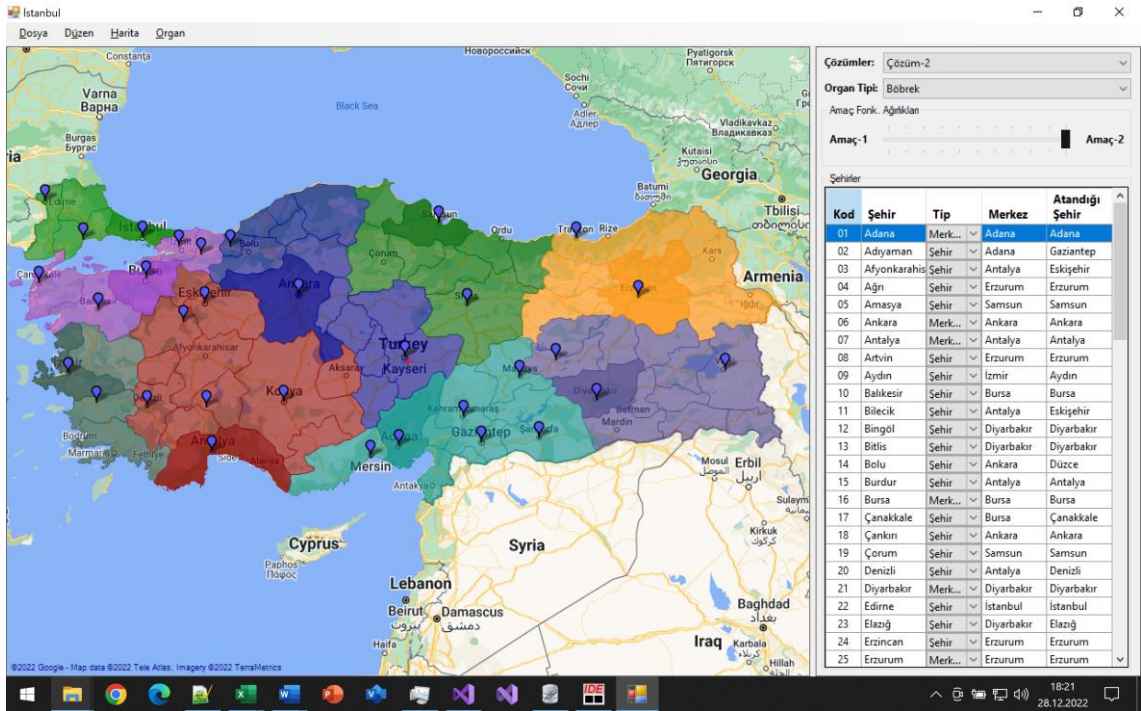
Şekil 4.8. Böbrek için $\alpha=0.70$ 'e göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



Şekil 4.9. Böbrek için $\alpha=0.80$ 'e göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



Şekil 4.10. Böbrek için $\alpha=0.90$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



Şekil 4.11. Böbrek için $\alpha=1.00$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları

Tablo 4.1. Böbrek organında Adana BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Böbrek Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ADANA	ADANA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	GAZİANTEP	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	HATAY	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	KAHRAMANMARAŞ	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	KAYSERİ	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ANKA
ADANA	KİLİS	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	MERSİN	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	NİĞDE	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ANKA
ADANA	OSMANİYE	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN

Adana BKM için matematiksel model çözüm sonucuna göre $\alpha=0.00, 0.10$ ve 0.20 düzeyinde Kayseri, Mersin ve Niğde illerinin Ankara BKM'ne bağlanması önerilmektedir. $\alpha=1.0$ düzeyinde ise Kayseri ve Niğde illerinin Ankara BKM'ne bağlanması önerilmektedir. Adana BKM genelinde ise şehir ataması uyumu %88,89 dur.

Tablo 4.2. Böbrek organında Ankara BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Böbrek Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ANKARA	AKSARAY	ANKA	ANKA	ANKA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANKARA	ANKARA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	BARTIN	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	BOLU	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ÇANKIRI	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ÇORUM	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS
ANKARA	ESKİŞEHİR	İZMİ	İZMİ	İZMİ	ANTA	İZMİ	BURS	BURS	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANKARA	KARABÜK	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	KASTAMONU	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	KIRIKKALE	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	KIRŞEHİR	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ANKA
ANKARA	NEVŞEHİR	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ANKA
ANKARA	YOZGAT	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ZONGULDAK	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA

Ankara BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Çorum'un her düzeyde Samsun BKM'ne, Eskişehir'in ise Ankara BKM dışındaki diğer muhtelif BKM'lerine bağlanmasının gerektiği görülmektedir. Bartın, Bolu, Çankırı, Karabük, Kastamonu illeri BKM'ne katılan illerin kompaktlığı amaçlandığında Bursa BKM merkezi için daha uygun olduğu görülmektedir. Amaç fonksiyonu α değeri 0.30'dan 1.00'a giderken, yani amaç fonksiyonu hasta hareketliliğini en küçüklemeyi öncelerken Aksaray'ın Antalya BKM'ye bağlanmasının daha uygun

olduğu anlaşılmaktadır. Ankara BKM'nin mevcut şehir ataması uyumunun %62,34 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3. Böbrek organında Antalya BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Böbrek Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ANTALYA	AFYONKARAHİSAR	İZMİ	İZMİ	İZMİ	ANTA	İZMİ	BURS	BURS	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	ANTALYA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	BURDUR	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	ISPARTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	KARAMAN	ANKA	ANKA	ANKA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	KONYA	ANKA	ANKA	ANKA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA

Kompaktlığın $\alpha=0.00...0.20$ olduğu durumda Konya ve Karaman illerinin Ankara BKM grubu için daha uygun olduğu; Afyonkarahisar ilinin ise İzmir BKM grubu için daha uygun olduğu anlaşılmaktadır. Antalya BKM'ye bağlı tüm illerin, hasta hareketliliğinin en küçüklenmesinin amaçlanması durumunda, tümüyle uygun bir merkez niteliği taşımaktadır. Antalya BKM'nin mevcut şehir ataması uyumunun %81,82 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4. Böbrek organında Bursa BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Böbrek Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
BURSA	BALIKESİR	İZMİ	İZMİ	İZMİ	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	BİLECİK	İZMİ	İZMİ	İZMİ	ANTA	İZMİ	BURS	BURS	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
BURSA	BURSA	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	ÇANAKKALE	İZMİ	İZMİ	İZMİ	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	DÜZCE	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
BURSA	YALOVA	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS

Kompaktlık önceliğinin yüksek olduğu durumda ($\alpha=0.00...0.20$), Balıkesir, Bilecik ve Çanakkale illerinin İzmir BKM grubu için daha uygun olduğu görülmektedir. Hasta hareketliliğinin en küçüklenmesinin amaçlandığı durumda ($\alpha=0.70...1.00$) ise Bilecik ilinin Antalya BKM grubunda, Düzce ilinin ise Ankara BKM grubunda yer almasının daha uygun olduğu saptanmıştır. Bursa BKM'nin mevcut şehir ataması uyumunun %65,15 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.5. Böbrek organında Diyarbakır BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Böbrek Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
DIYARBAKIR	ADIYAMAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DIYARBAKIR	BATMAN	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA
DIYARBAKIR	BİTLİS	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA
DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA
DIYARBAKIR	ELAZIĞ	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ERZU	ERZU	ERZU	DIYA
DIYARBAKIR	HAKKARİ	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA
DIYARBAKIR	MALATYA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DIYARBAKIR	MARDİN	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA
DIYARBAKIR	SİİRT	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA
DIYARBAKIR	ŞANLIURFA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DIYARBAKIR	ŞIRNAK	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA
DIYARBAKIR	VAN	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA

Diyarbakır BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa illerinin Adana BKM'ne, Elazığ ilinin ise amaç fonksiyonunun $\alpha=1.00$ seviyesi dışındaki amaç fonksiyonu seviyelerinde Diyarbakır BKM dışındaki diğer muhtelif BKM'lerine bağlanmasının gerektiği görülmektedir. Diyarbakır BKM'nin mevcut şehir ataması uyumunun %67,42 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6. Böbrek organında Erzurum BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Böbrek Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ERZURUM	AĞRI	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU
ERZURUM	ARDAHAN	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU
ERZURUM	ARTVİN	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU
ERZURUM	BAYBURT	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU
ERZURUM	BİNGÖL	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA
ERZURUM	ERZİNCAN	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU
ERZURUM	ERZURUM	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU
ERZURUM	GÜMÜŞHANE	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU
ERZURUM	İĞDIR	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU
ERZURUM	KARS	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU
ERZURUM	MUŞ	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	DIYA	ERZU	ERZU	ERZU	DIYA
ERZURUM	SİVAS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS
ERZURUM	TUNCELİ	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	DIYA

Erzurum BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Bingöl ilinin Diyarbakır BKM grubu içerisinde, Sivas ilinin ise Samsun BKM grubu içerisinde yer alması gerektiği görülmektedir. Muş ilinin $\alpha=0.00...0.60$ ve 1.00 kopaktlık seviyelerinde Diyarbakır BKM grubu içerisinde yer alması uygun bulunurken,

Tunceli ilinin $\alpha=1.00$ seviyesinde yani tam kompaktlık amaç fonksiyonuna göre yapılan çözümde Diyarbakır BKM grubu içerisinde yer alması uygun bulunmuştur. Erzurum BKM'nin mevcut şehir ataması uyumunun %78,32 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.7. Böbrek organında İstanbul BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Böbrek Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
İSTANBUL	EDİRNE	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA
İSTANBUL	İSTANBUL	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA
İSTANBUL	KIRKLARELİ	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA
İSTANBUL	KOCAELİ	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
İSTANBUL	SAKARYA	BURS	BURS	BURS	BURS	ANKA	BURS	ANKA	BURS	ANKA	BURS	BURS
İSTANBUL	TEKİRDAĞ	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA

İstanbul BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Kocaeli ilinin Bursa BKM grubu içerisinde, Sakarya ilinin ise farklı amaç fonksiyonu seviyelerinde yapılan çözümlerde İstanbul BKM grubu dışında Bursa BKM ve Ankara BKM gruplarının içerisinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. İstanbul BKM'nin mevcut şehir ataması uyumunun %66,67 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.8. Böbrek organında İzmir BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Böbrek Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
İZMİR	AYDIN	ANTA	ANTA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ
İZMİR	DENİZLİ	ANTA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	ANTA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	ANTA
İZMİR	İZMİR	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ
İZMİR	KÜTAHYA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	ANTA	İZMİ	BURS	BURS	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
İZMİR	MANİSA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ
İZMİR	MUĞLA	ANTA	ANTA	ANTA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ
İZMİR	UŞAK	ANTA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	ANTA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	ANTA

İzmir BKM için amaç fonksiyonunun $\alpha=0.00$ olduğu tam kompakt durumda Aydın, Denizli, Muğla ve Uşak illerinin Antalya BKM'ne atanmalarının uygun olduğu görülmektedir. Amaç fonksiyonunun $\alpha=1.00$ olduğu tam hasta hareketlerinin en küçüklenmesi durumu için ise Denizli, Kütahya ve Uşak illerinin Antalya BKM'ne atanmasının daha uygun olduğu görülmektedir. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, İzmir BKM'nin ŞAUİ'sinin %76.62 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.9. Böbrek organında Samsun BKM için şehir ataması uyumu

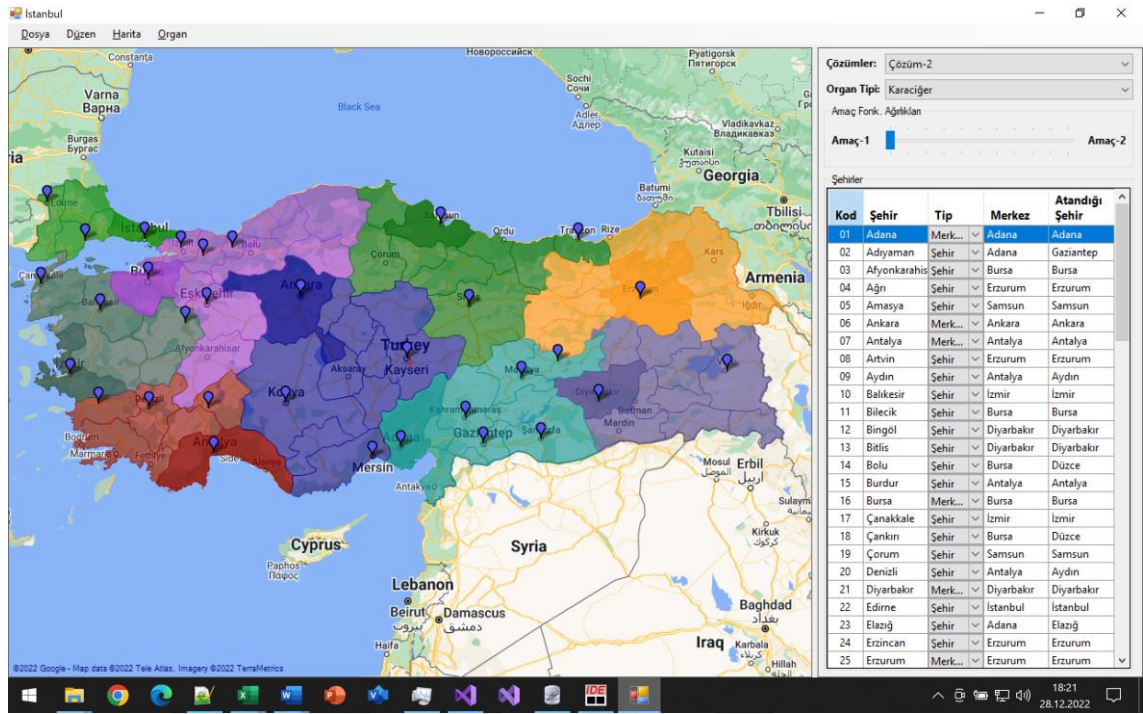
BKM	Bağlı İller	Böbrek Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)											
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
SAMSUN	AMASYA	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	GİRESUN	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	ORDU	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	RİZE	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
SAMSUN	SAMSUN	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	SİNOP	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	TOKAT	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	TRABZON	SAMS	SAMS	SAMS	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	

Samsun BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Rize ilinin Erzurum BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı şekilde hasta hareketliliğinin en küçüklenmesinin amaçlandığı $\alpha=0.30\ldots1.00$ amaç fonksiyonu seviyelerinde Trabzon ilinin de Erzurum BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğu görülmüştür. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Samsun BKM'nin ŞAUİ'sinin %78.41 olduğu görülmektedir.

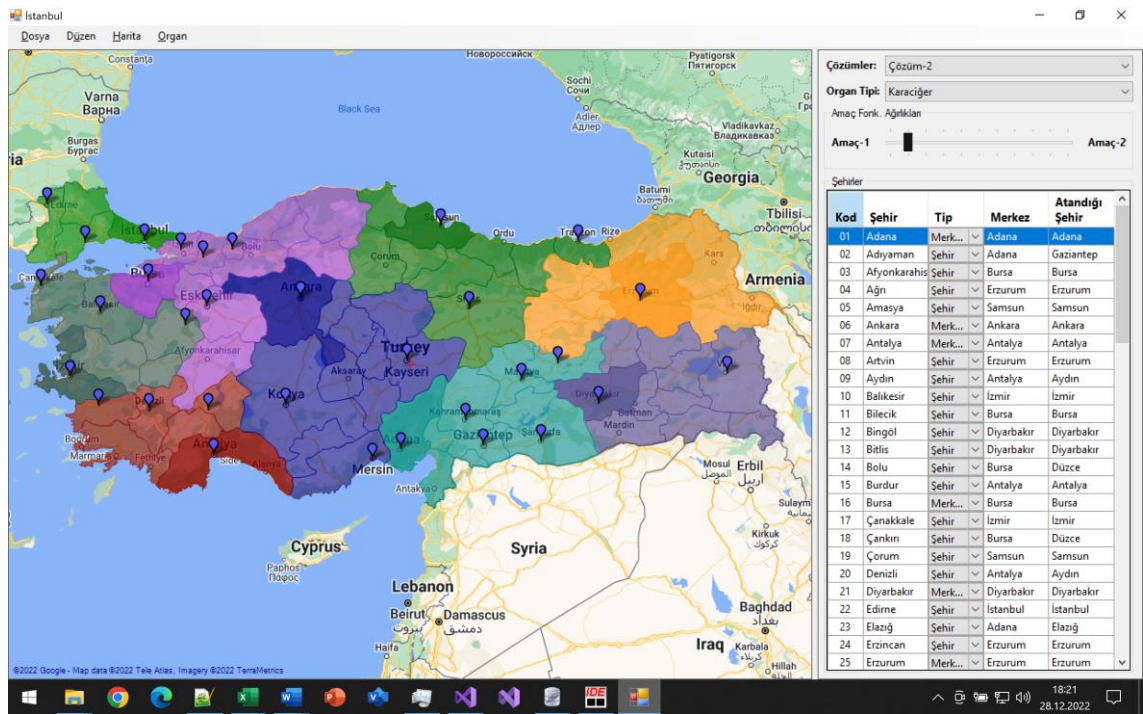
4.2. Karaciğer Nakli İçin BKM'ne Önerilen İllerin Dağılımı

Geliştirilen matematiksel modelin mevcut BKM'ler ve bu BKM'lere bağlı illerin tüm $\alpha=0.00\ldots1.00$ seviyeleri için yeniden dağılımına ilişkin çözüm sonuçları sırası ile Şekil 4.12-4.22 de verilmiştir.

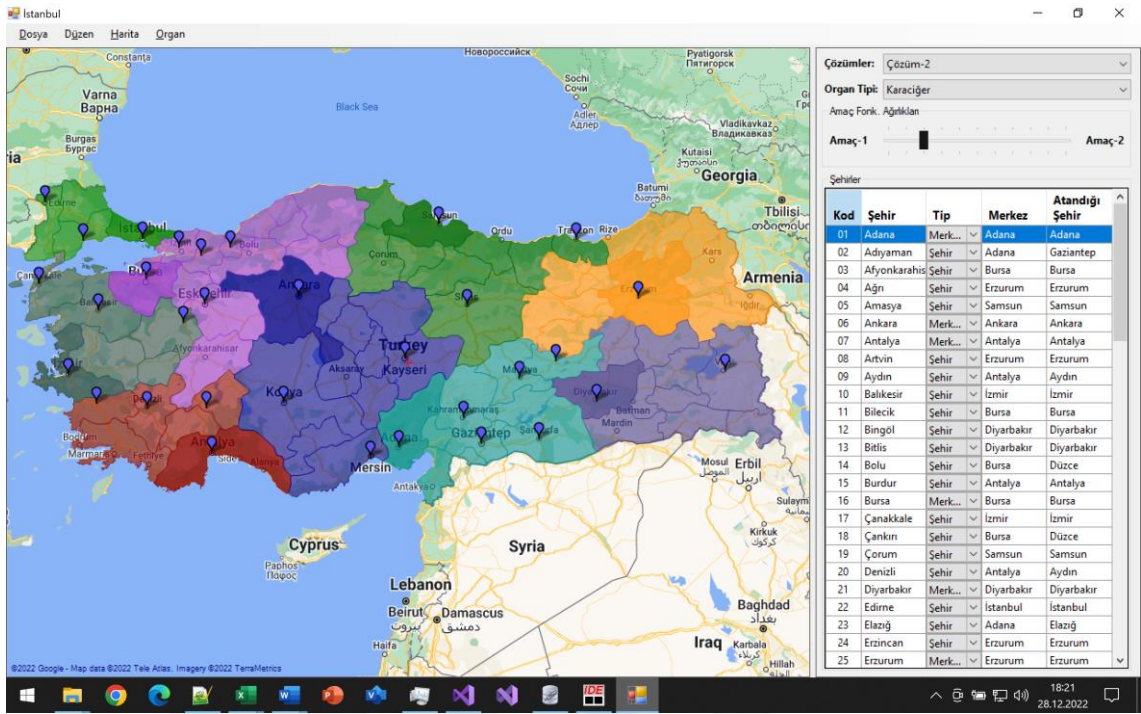
Geliştirilen matematiksel modelin çözüm sonuçlarına göre, karaciğer organı için Sağlık Bakanlığı Ulusal Organ ve Doku Nakli Sisteminde yer alan Ulusal Organ ve Doku Nakli Merkezine bağlı olarak çalışan Adana, Ankara, Antalya, Bursa, Diyarbakır, Erzurum, İstanbul, İzmir ve Samsun BKM'lerine amaç fonksiyonunun tüm $\alpha=0.00\ldots1.0$ seviyelerine göre şehir ataması uyumu bakımından çözümlenmesine ilişkin sonuçlar sırası ile Tablo 4.10-4.18'de verilmiştir.



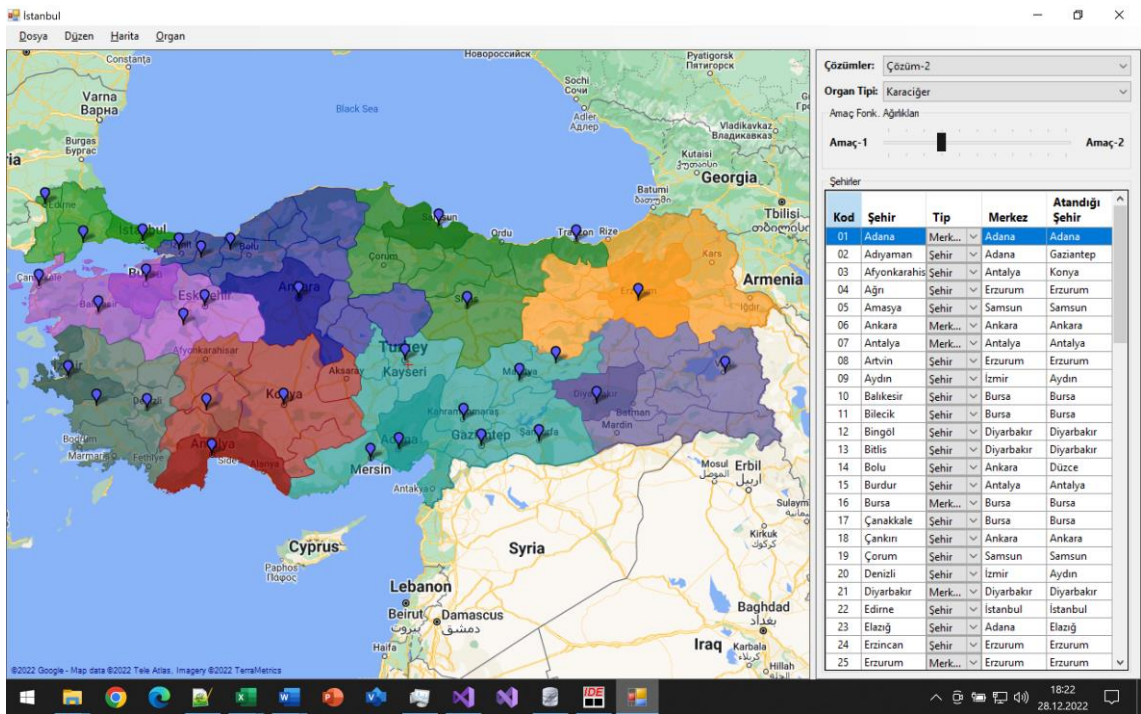
Şekil 4.12. Karaciğer için $\alpha=0.00$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



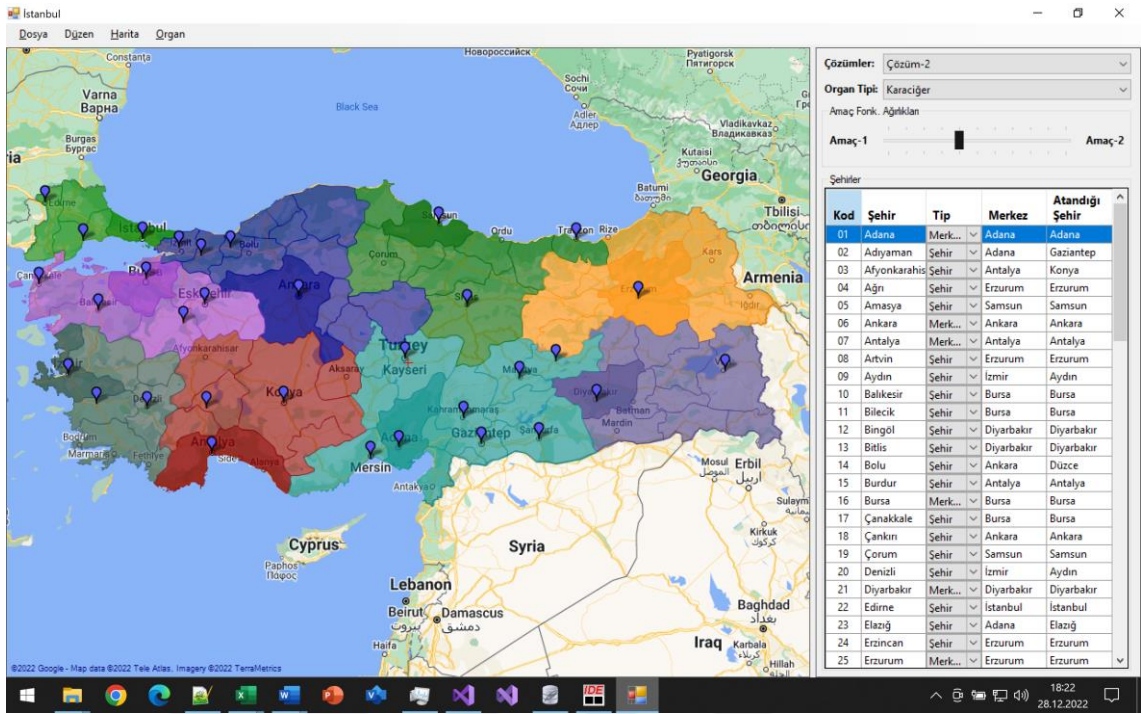
Şekil 4.13. Karaciğer için $\alpha=0.10$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



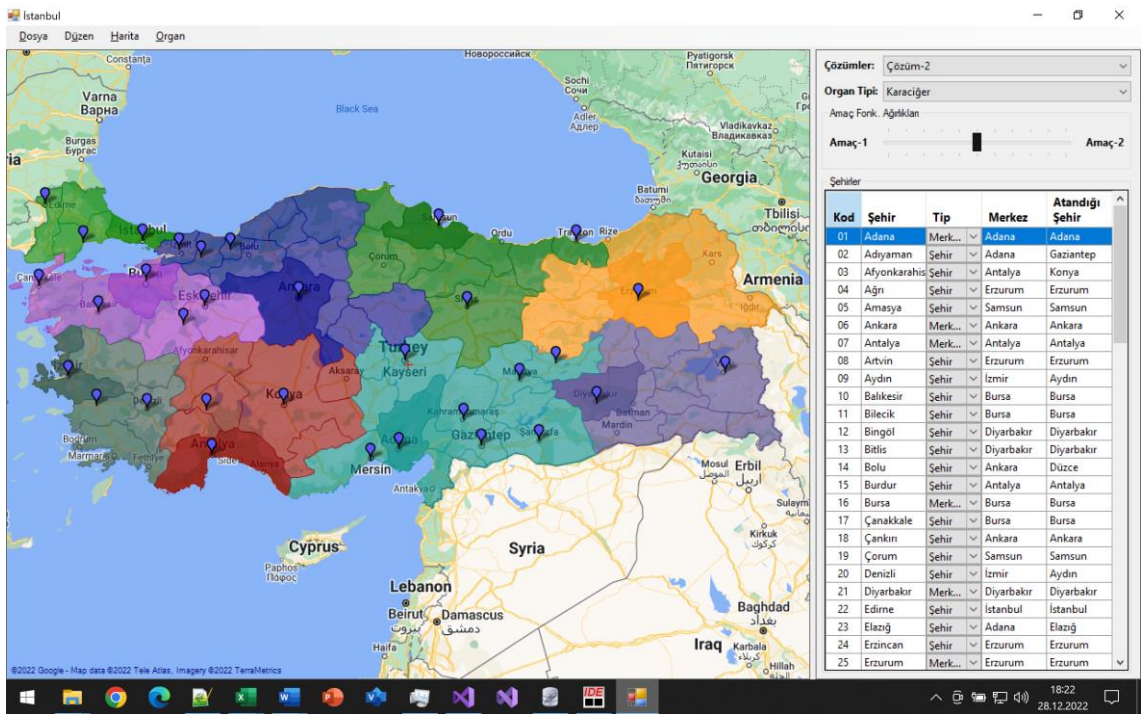
Şekil 4.14. Karaciger için $\alpha=0.20$ 'ye göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



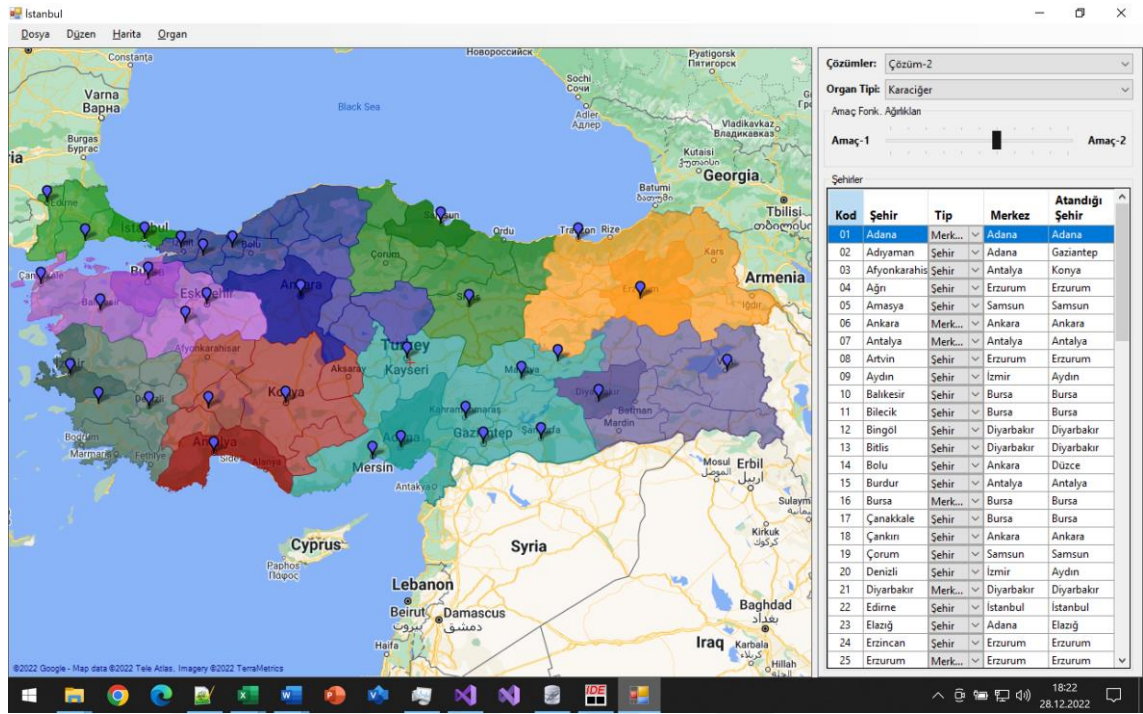
Şekil 4.15. Karaciger için $\alpha=0.30$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



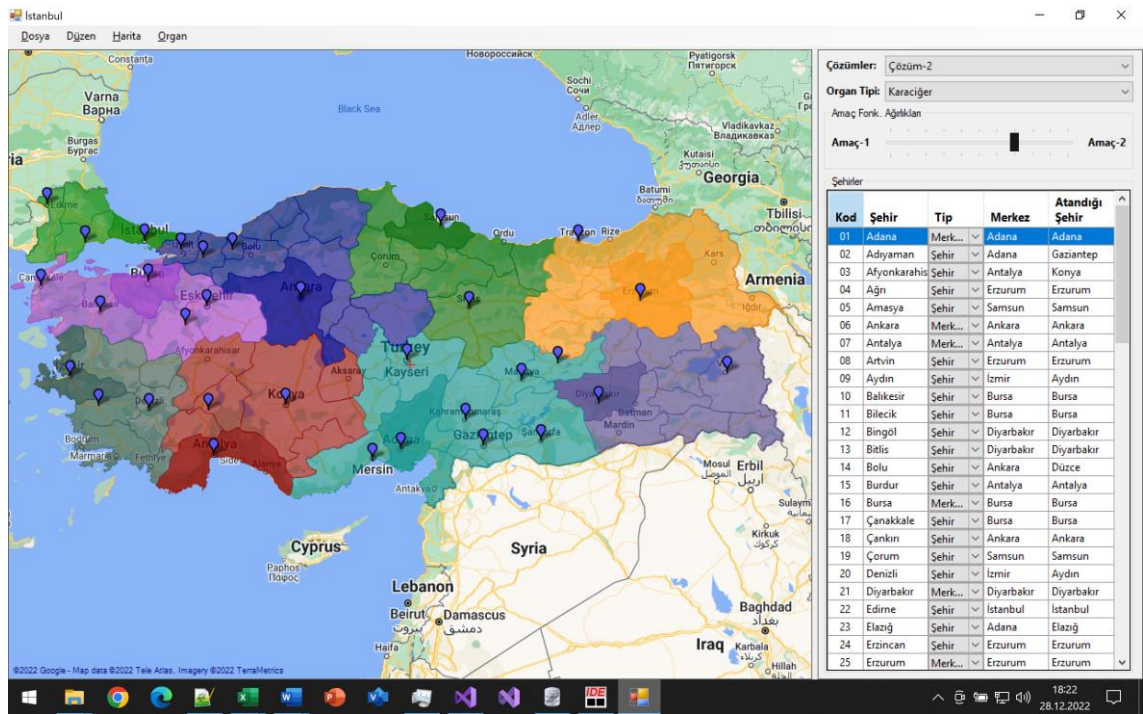
Şekil 4.16. Karaciger için $\alpha=0.40$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



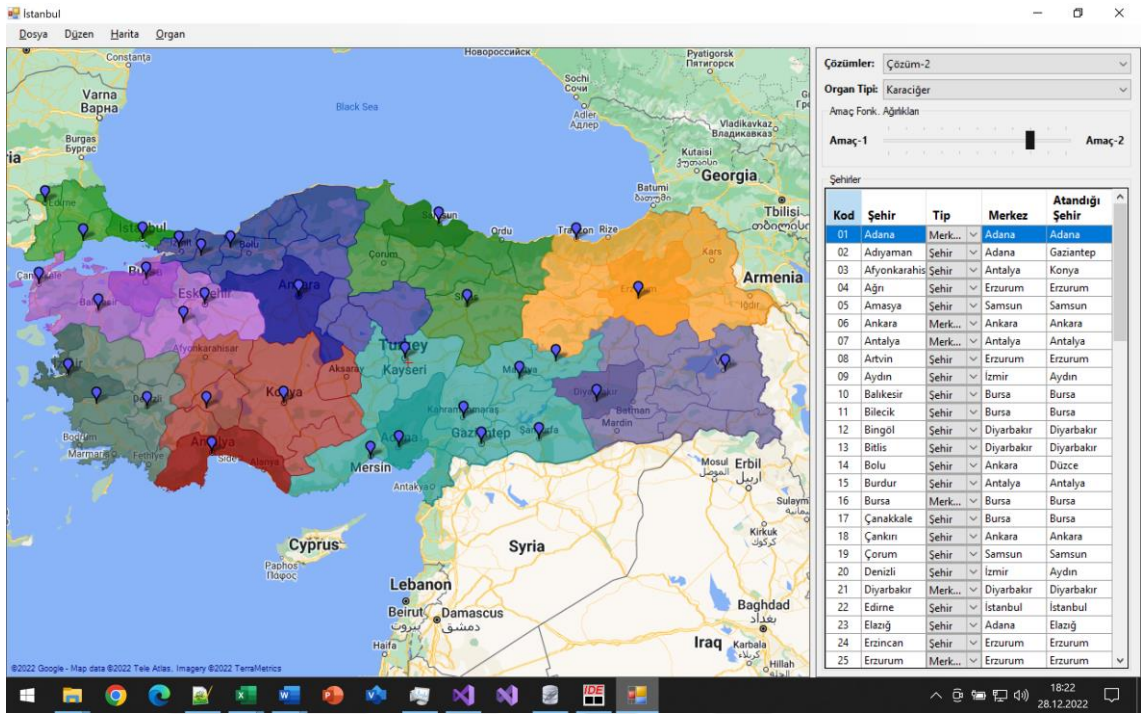
Şekil 4.17. Karaciger için $\alpha=0.50$ 'ye göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



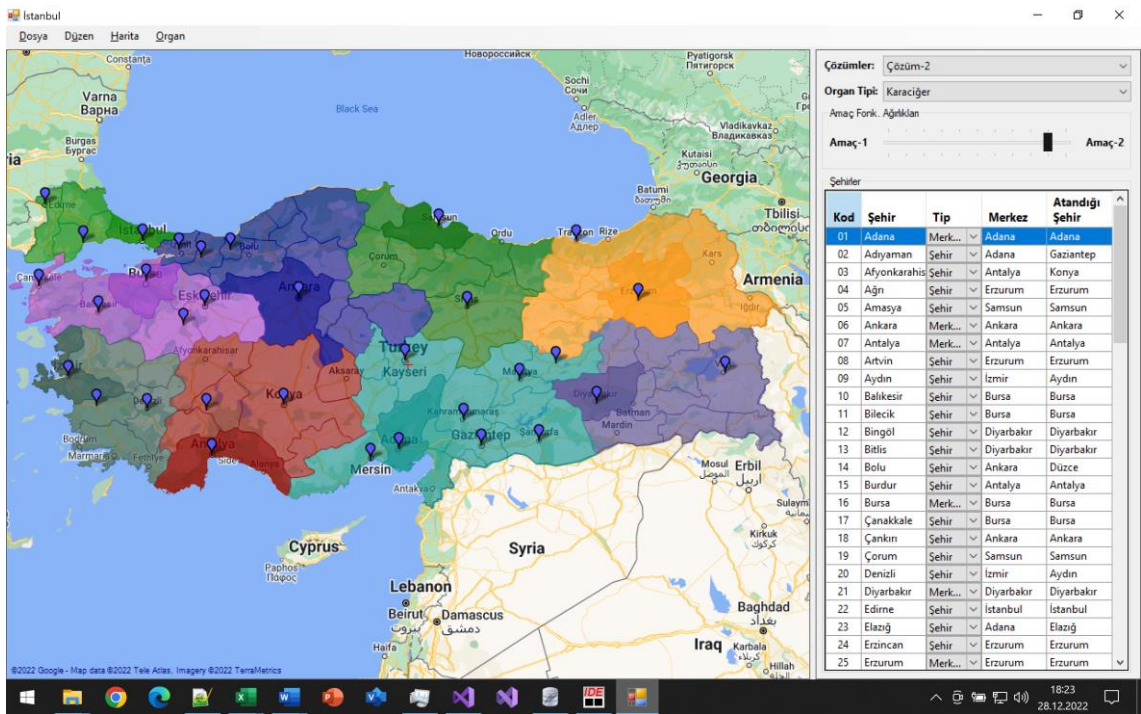
Şekil 4.18. Karaciger için $\alpha=0.60$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



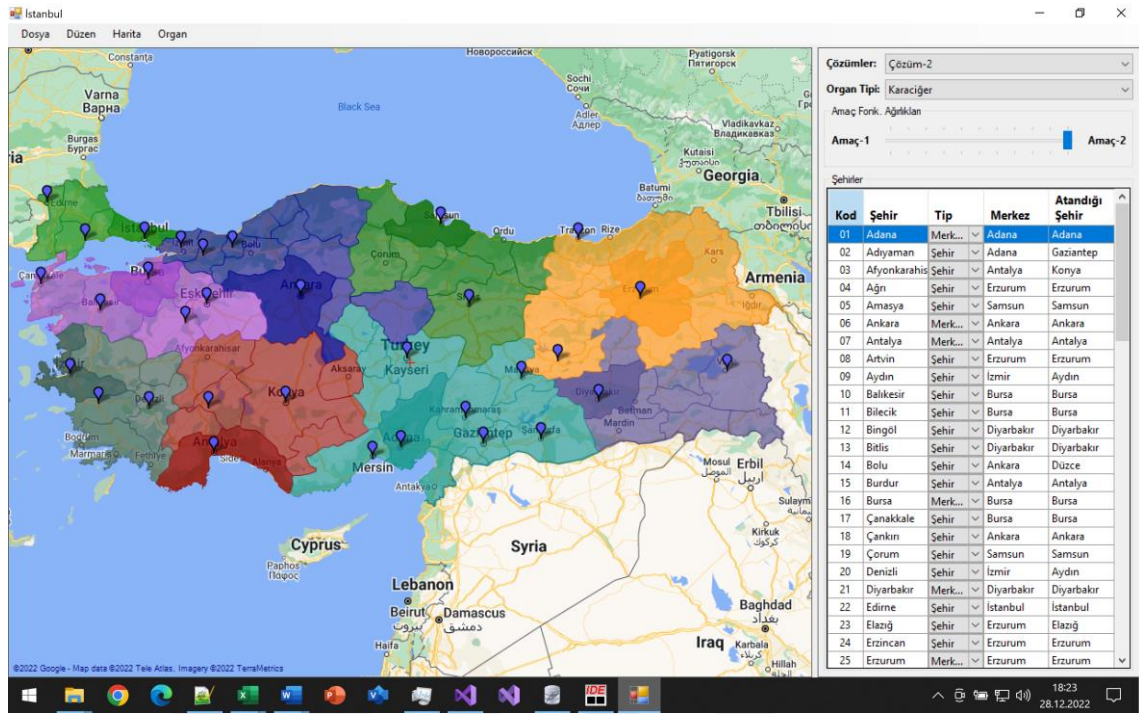
Şekil 4.19. Karaciger için $\alpha=0.70$ 'e göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



Şekil 4.20. Karaciger için $\alpha=0.80$ 'e göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



Şekil 4.21. Karaciger için $\alpha=0.90$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



Şekil 4.22. Karaciğer için $\alpha=1.00$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları

Tablo 4.10. Karaciğer organında Adana BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Karaciğer Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ADANA	ADANA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	GAZİANTEP	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	HATAY	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	KAHRAMANMARAŞ	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	KAYSERİ	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	KİLİS	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	MERSİN	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	NİĞDE	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	OSMANİYE	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN

Adana BKM için matematiksel model çözüm sonucuna göre $\alpha=0.00, 0.10$ ve 0.20 düzeyinde Kayseri, Mersin ve Niğde illeri Ankara BKM'ne bağlanmasının daha uygun olduğu bulunmuştur. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Adana BKM'nin ŞAUİ'sinin %90.91 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.11. Karaciğer organında Ankara BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Karaciğer Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ANKARA	AKSARAY	ANKA	ANKA	ANKA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANKARA	ANKARA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	BARTIN	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	BOLU	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ÇANKIRI	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ÇORUM	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS
ANKARA	ESKİŞEHİR	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
ANKARA	KARABÜK	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	KASTAMONU	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	KIRIKKALE	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	KIRŞEHİR	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN
ANKARA	NEVŞEHİR	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ANKARA	YOZGAT	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ZONGULDAK	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA

Ankara BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Çorum'un her düzeyde Samsun BKM'ne, Eskişehir'in ise Bursa BKM'sine bağlanmasının gerektiğini göstermektedir. Bartın, Bolu, Çankırı, Karabük, Kastamonu ve Zonguldak illerin BKM'lere katılan illerin kompaktlığı amaçlandığında Bursa BKM için daha uyumlu olduğu görülmektedir. Amaç fonksiyonu $\alpha=0.30\ldots1.00$ 'a aralığında yani amaç fonksiyonu hasta hareketliliğini en küçüklemeyi öncelenirken Aksaray ilinin Antalya BKM grubunda yer almasının, Nevşehir ilinin ise Adana BKM'ye bağlanmasının daha uygun olduğu anlaşılmaktadır. $\alpha=1.00$ olduğunda Kırşehir için uygun olan BKM'nin Adana BKM olduğu görülmektedir. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Ankara BKM'nin ŞAUİ'sinin %62.99 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.12. Karaciğer organında Antalya BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Karaciğer Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ANTALYA	AFYONKARAHİSAR	BURS	BURS	BURS	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	ANTALYA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	BURDUR	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	ISPARTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	KARAMAN	ANKA	ANKA	ANKA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	KONYA	ANKA	ANKA	ANKA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA

Kompaktlığın $\alpha=0.00, 0.10$ ve 0.20 olduğu durumda Konya ve Karaman illerinin Ankara BKM grubu için daha uygun olduğu; Afyonkarahisar ilinin ise Bursa BKM grubu için daha uygun olduğu anlaşılmaktadır. Antalya BKM'ye bağlı tüm illerin, hasta hareketliliğin en küçükleşmesinin amaçlanması durumunda, tümüyle uygun bir merkez

niteliği taşımaktadır. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Antalya BKM'nin ŞAUİ'sinin %86.36 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.13. Karaciğer organında Bursa BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Karaciğer Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
BURSA	BALIKESİR	İZMİ	İZMİ	İZMİ	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	BİLECİK	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	BURSA	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	ÇANAKKALE	İZMİ	İZMİ	İZMİ	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	DÜZCE	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
BURSA	YALOVA	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS

Kompaktlığın $\alpha=0.00$, 0.10 ve 0.20 olduğu durumda Balıkesir ve Çanakkale illerinin İzmir BKM grubu için daha uygun olduğu görülmektedir. Hasta hareketliliğinin en küçüklenmesinin amaçlandığı durumda ise Düzce ilinin Ankara BKM grubunda yer almasının daha uygun olduğu saptanmıştır. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Bursa BKM'nin ŞAUİ'sinin %78.79 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.14. Karaciğer organında Diyarbakır BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Karaciğer Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
DİYARBAKIR	ADIYAMAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	BATMAN	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA
DİYARBAKIR	BİTLİS	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA
DİYARBAKIR	DİYARBAKIR	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA
DİYARBAKIR	ELAZIĞ	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ERZU
DİYARBAKIR	HAKKARİ	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA
DİYARBAKIR	MALATYA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	MARDİN	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA
DİYARBAKIR	SİİRT	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA
DİYARBAKIR	ŞANLIURFA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	ŞIRNAK	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA
DİYARBAKIR	VAN	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA

Diyarbakır BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Adıyaman, Elazığ, Malatya ve Şanlıurfa illerinin Diyarbakır BKM dışındaki diğer BKM'lerde yer alması gerektiğini ortaya koymaktadır. Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa illerinin amaç fonksiyonun her seviyesi için Adana BKM'ne bağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Elazığ ilinin $\alpha=1.00$ seviyesinde Erzurum BKM'sine, diğer amaç fonksiyonu seviyelerinde ise Adana BKM'sine bağlanması gerektiğini

göstermektedir. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Diyarbakır BKM'nin ŞAUİ'sinin %66.67 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.15. Karaciğer organında Erzurum BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Karaciğer Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)											
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
ERZURUM	AĞRI	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
ERZURUM	ARDAHAN	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
ERZURUM	ARTVİN	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
ERZURUM	BAYBURT	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
ERZURUM	BİNGÖL	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	
ERZURUM	ERZİNCAN	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
ERZURUM	ERZURUM	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
ERZURUM	GÜMÜŞHANE	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
ERZURUM	İĞDIR	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
ERZURUM	KARS	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
ERZURUM	MUŞ	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	DİYA	ERZU	
ERZURUM	SİVAS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
ERZURUM	TUNCELİ	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	

Erzurum BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Bingöl ilinin Diyarbakır BKM grubu içerisinde, Sivas ilinin ise Samsun BKM grubu içerisinde yer alması gerektiği görülmektedir. Muş ilinin ise $\alpha=0.00...0.90$ amaç fonksiyonu seviyelerinde Diyarbakır BKM grubu içerisinde yer alması uygun bulunmuştur. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Erzurum BKM'nin ŞAUİ'sinin %77.62 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.16. Karaciğer organında İstanbul BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Karaciğer Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)											
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
İSTANBUL	EDİRNE	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	
İSTANBUL	İSTANBUL	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	
İSTANBUL	KIRKLARELİ	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	
İSTANBUL	KOCAELİ	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	
İSTANBUL	SAKARYA	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	
İSTANBUL	TEKİRDAĞ	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	

İstanbul BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Kocaeli ve Sakarya illerinin İstanbul BKM dışındaki diğer BKM'lere bağlanması gerektiğini göstermektedir. Amaç fonksiyonunun $\alpha=0.00, 0.10$ ve 0.20 seviyelerinde Kocaeli ve Sakarya illerinin Bursa BKM grubu içerisinde, amaç fonksiyonunun $\alpha=0.30...1.00$ düzeylerinde ise Ankara BKM gruplarının içerisinde yer

almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, İstanbul BKM'nin ŞAUİ'sinin %66.67 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.17. Karaciğer organında İzmir BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Karaciğer Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)											
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
İZMİR	AYDIN	ANTA	ANTA	ANTA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	
İZMİR	DENİZLİ	ANTA	ANTA	ANTA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	
İZMİR	İZMİR	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	
İZMİR	KÜTAHYA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	
İZMİR	MANİSA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	
İZMİR	MUĞLA	ANTA	ANTA	ANTA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	
İZMİR	UŞAK	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	

İzmir BKM için amaç fonksiyonunun $\alpha=0.00, 0.10$ ve 0.20 seviyelerinde ve nispeten kompaktlığı önceleyen yapıda Aydın, Denizli ve Muğla illerinin Antalya BKM'ye atanmalarının uygun olduğu görülmektedir. Amaç fonksiyonunun $\alpha=0.30...1.00$ olduğu ve nispeten hasta hareketlerinin en küçüklenmesini önceleyen yapıda ise Kütahya ilinin Bursa BKM'ye atanmasının daha uygun olduğu görülmektedir. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, İzmir BKM'nin ŞAUİ'sinin %77.92 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.18. Karaciğer organında Samsun BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Karaciğer Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)											
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
SAMSUN	AMASYA	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	GİRESUN	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	ORDU	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	RİZE	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	
SAMSUN	SAMSUN	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	SİNOP	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	TOKAT	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	
SAMSUN	TRABZON	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	SAMS	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	ERZU	

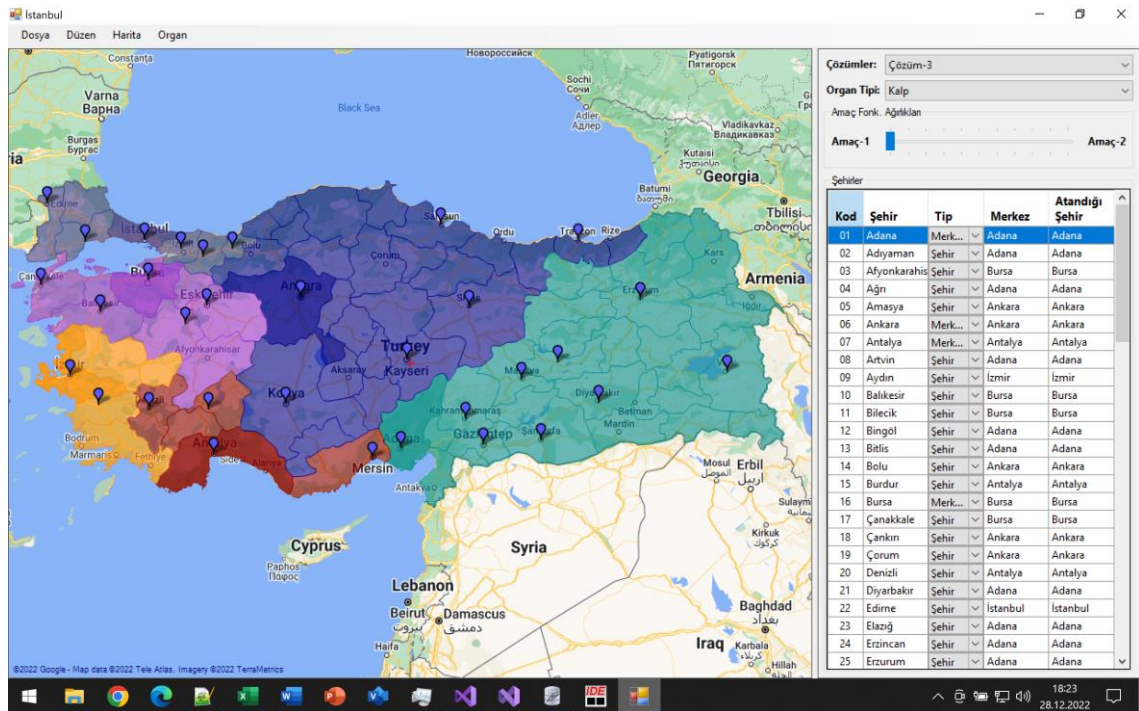
Samsun BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Rize ilinin Erzurum BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı şekilde hasta hareketliliğinin en küçüklenmesinin amaçlandığı $\alpha=0.60...1.00$ amaç fonksiyonu seviyelerinde Trabzon ilinin de Erzurum BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğu görülmüştür. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Samsun BKM'nin ŞAUİ'sinin %81.82 olduğu görülmektedir.

4.3. Kalp Nakli İçin BKM'ne Önerilen İllerin Dağılımı

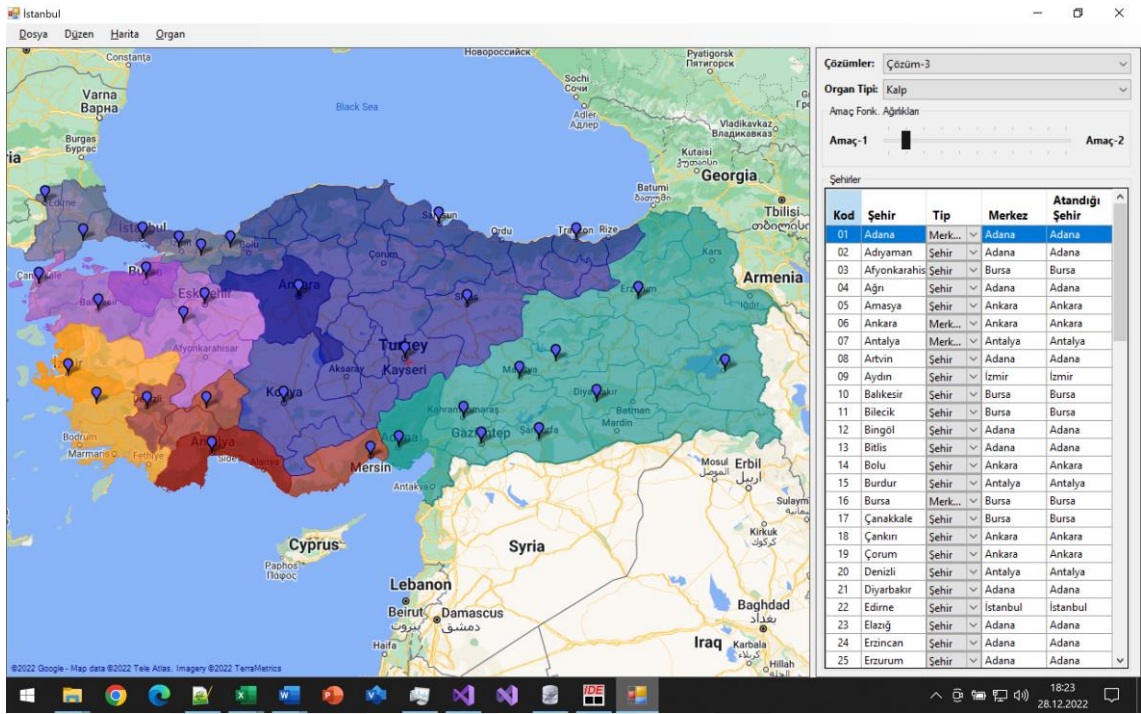
Geliştirilen matematiksel modelin mevcut 6altı adet BKM ve bu BKM'lere bağlı illerin tüm α seviyeleri için yeniden dağılımına ilişkin çözüm sonuçları sırası ile Şekil 4.23 - 4.33 de verilmiştir.

Geliştirilen matematiksel modelin çözüm sonuçlarına göre, böbrek organı için Sağlık Bakanlığı Ulusal Organ ve Doku Nakli Sisteminde yer alan Ulusal Organ ve Doku Nakli Merkezine bağlı olarak çalışan Adana, Ankara, Antalya, Bursa, İstanbul, İzmir BKM'lerine tüm α seviyelerine göre bağlanması gereken illerin dağılımı sırası ile Tablo 4.19 – 4.27'de verilmiştir.

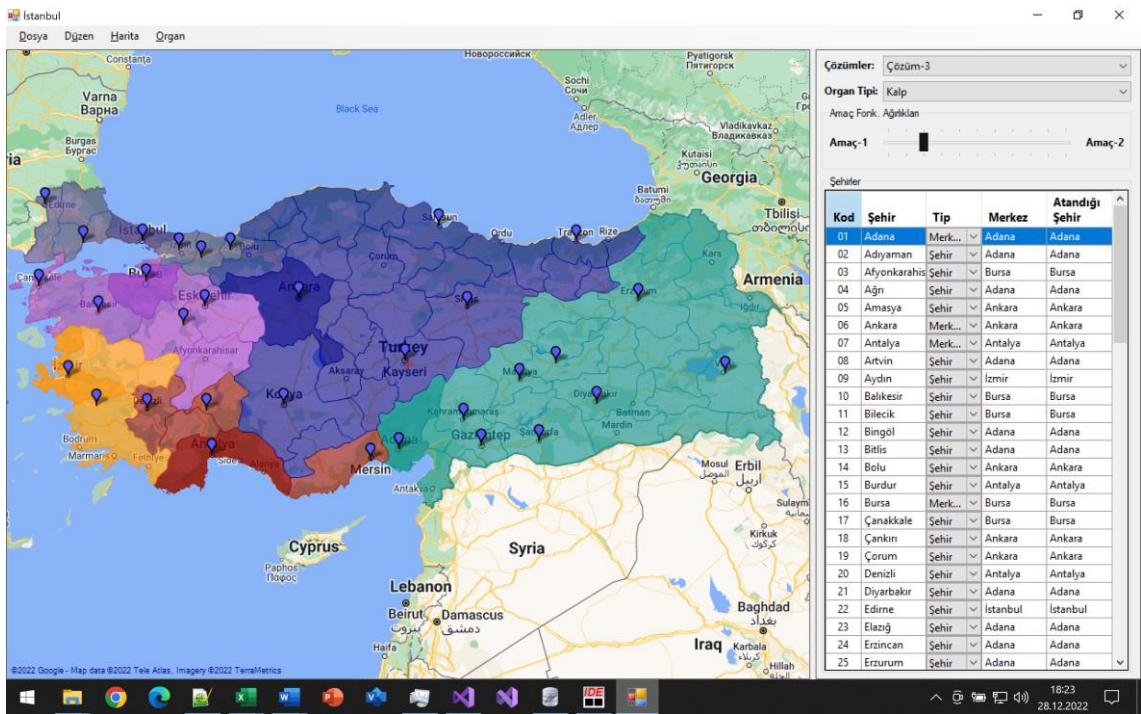
Sağlık Bakanlığı Ulusal Organ ve Doku Nakli Sisteminde yer alan Ulusal Organ ve Doku Nakli Merkezine bağlı olarak çalışan dokuz adet BKM bulunmaktadır. Bu dokuzmerkezden Diyarbakır BKM, Erzurum BKM ve Samsun BKM sorumluluk bölgelerinde yer alan merkezler kalp nakli yapma ile ilgili gerekli şartları sağlayamadıklarından bu BKM'lerde kalp nakil ameliyatı yapacak nakil merkezi bulunmamaktadır. Dolayısı ile bu üç BKM'ye bağlı illerde hastanelerde kalp nakli ameliyatı yapılamamaktadır. Ancak Sağlık Bakanlığı Ulusal Organ ve Doku Nakli Sisteminde kalp nakil süreçleri ile ilgili olarak dokuz adet BKM örgütsel varlığını devam ettirmektedir.



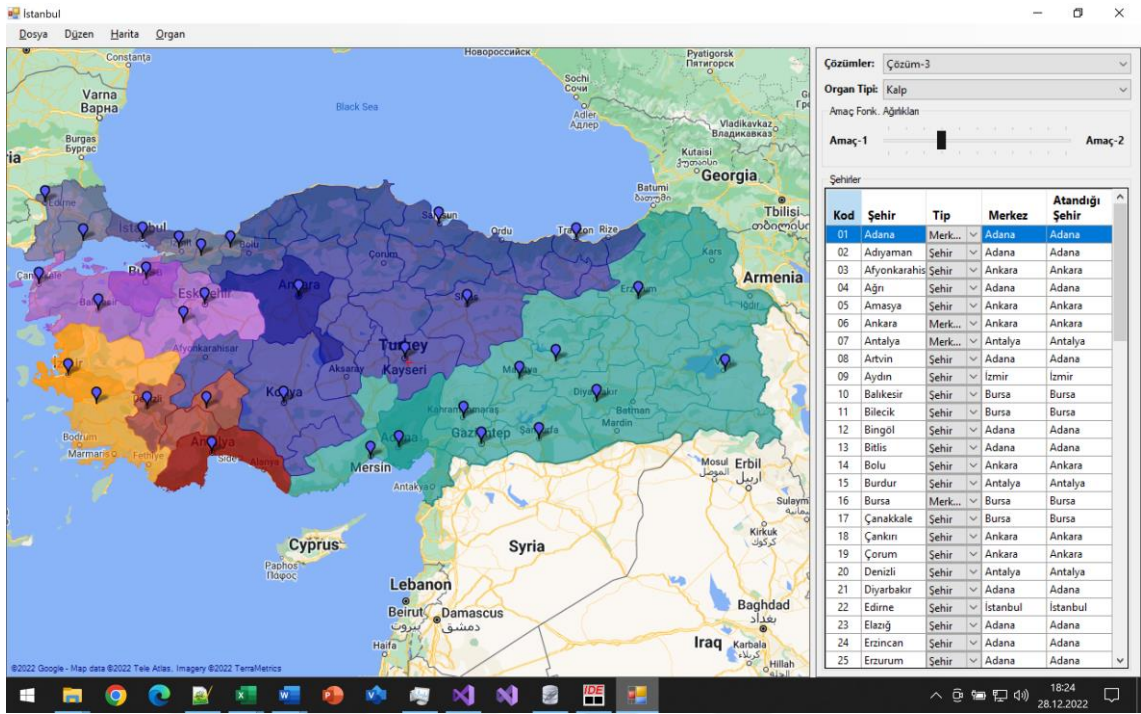
Şekil 4.23. Kalp için $\alpha=0.00$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



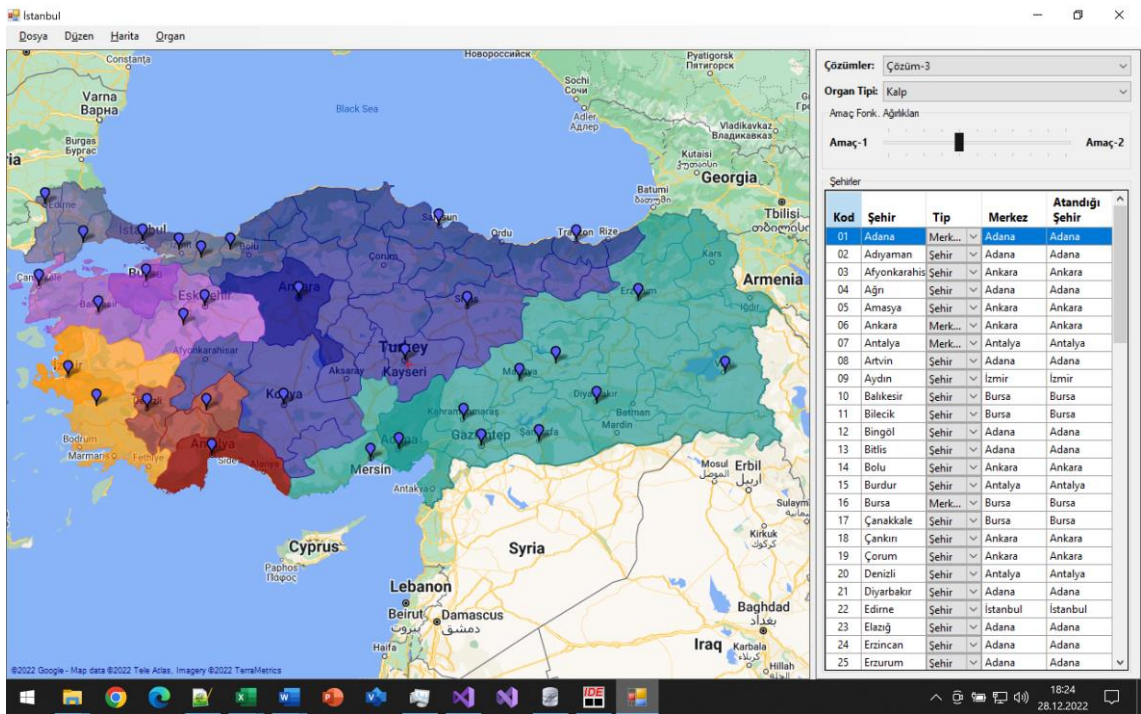
Şekil 4.24. Kalp için $\alpha=0.10$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



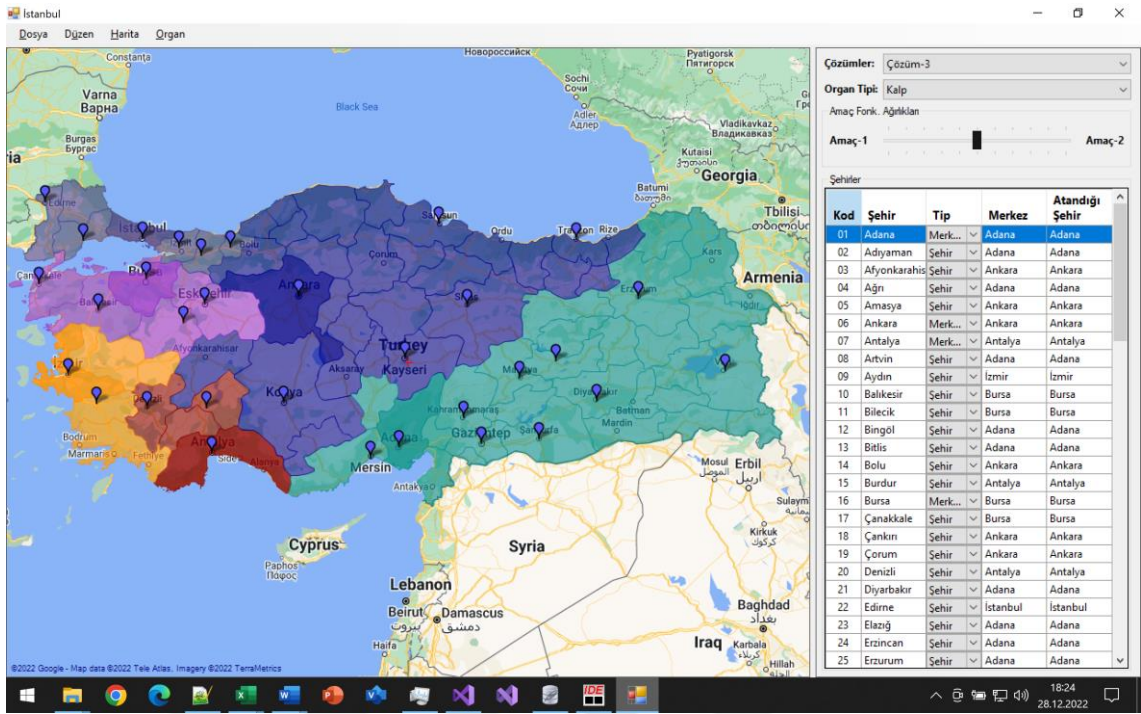
Şekil 4.25. Kalp için $\alpha=0.20$ 'ye göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



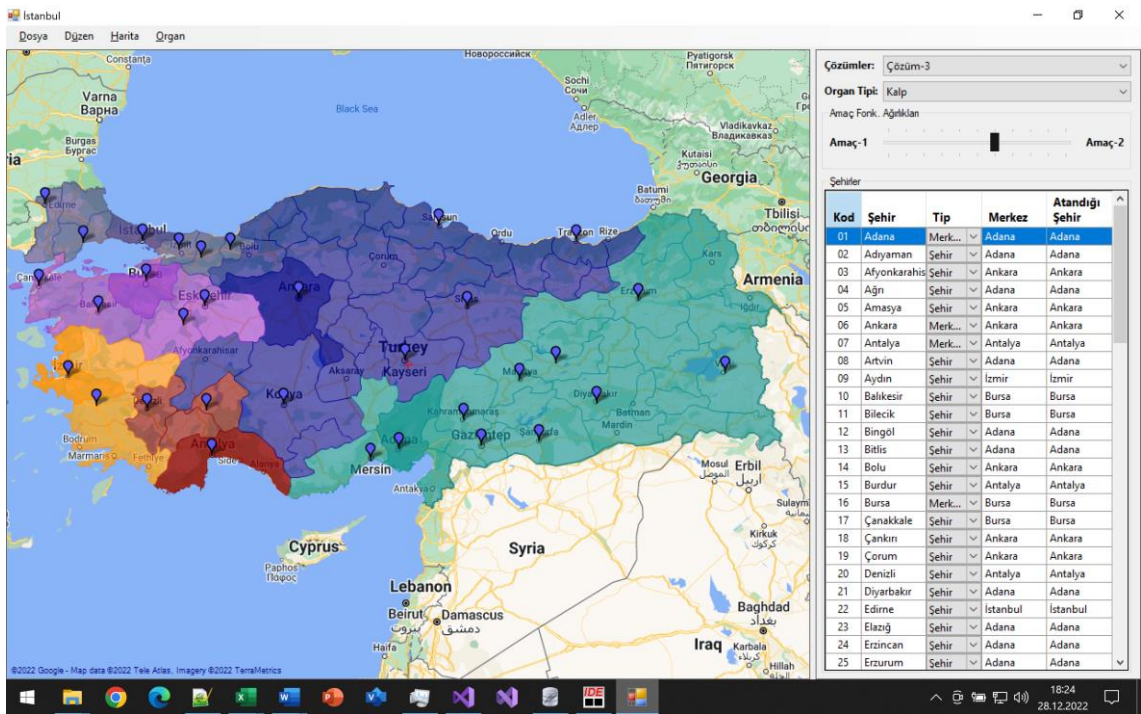
Şekil 4.26. Kalp için $\alpha=0.30$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



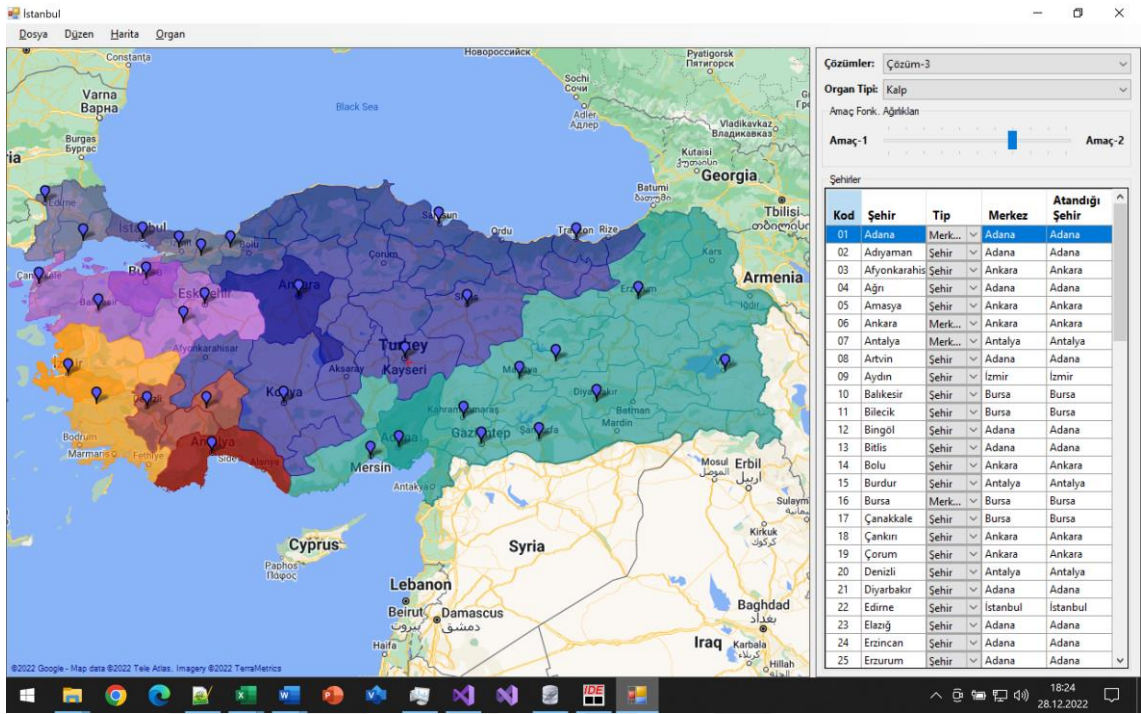
Şekil 4.27. Kalp için $\alpha=0.40$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



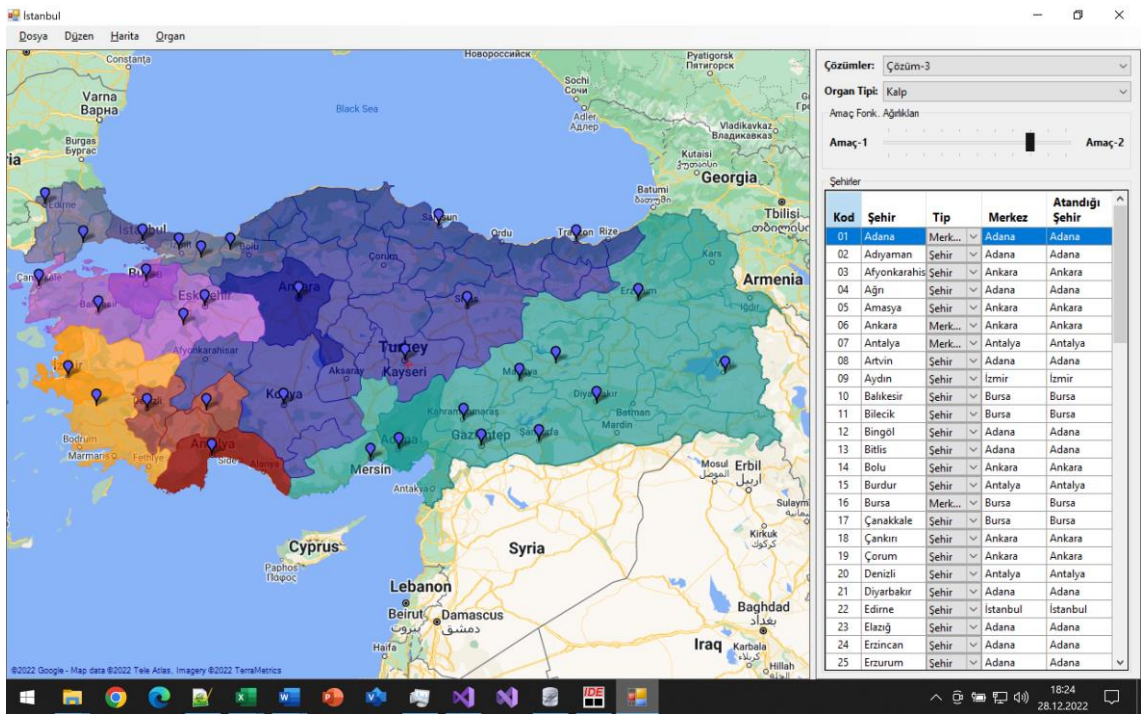
Şekil 4.28. Kalp için $\alpha=0.50$ 'ye göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



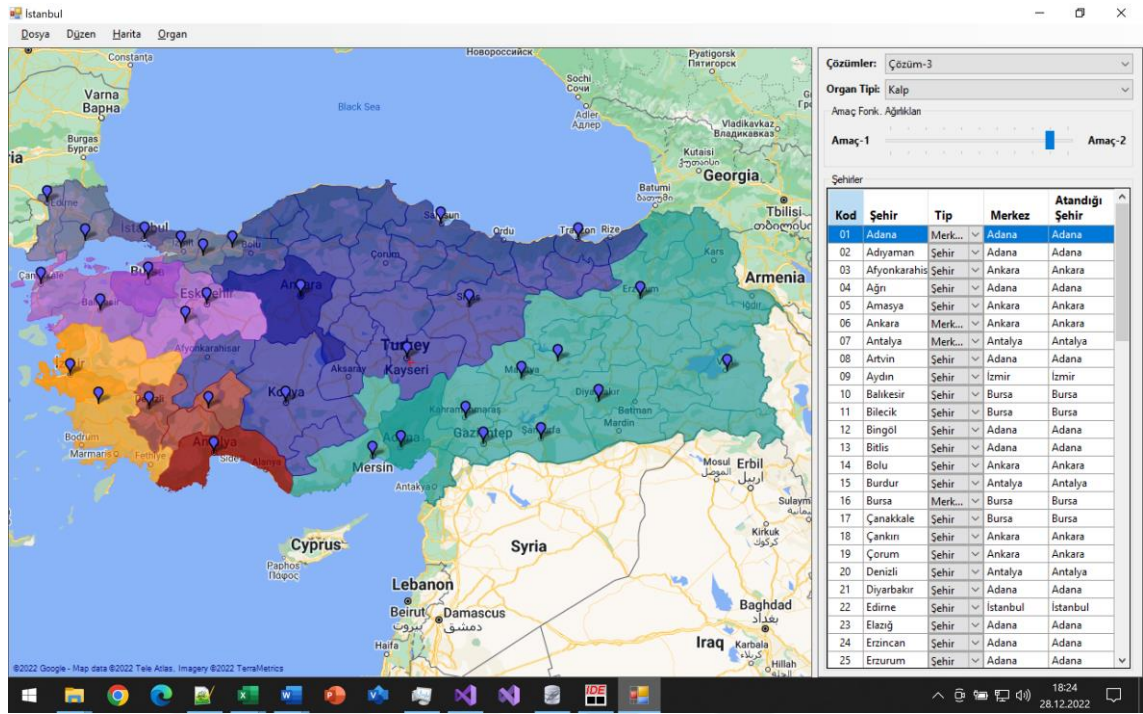
Şekil 4.29. Kalp için $\alpha=0.60$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



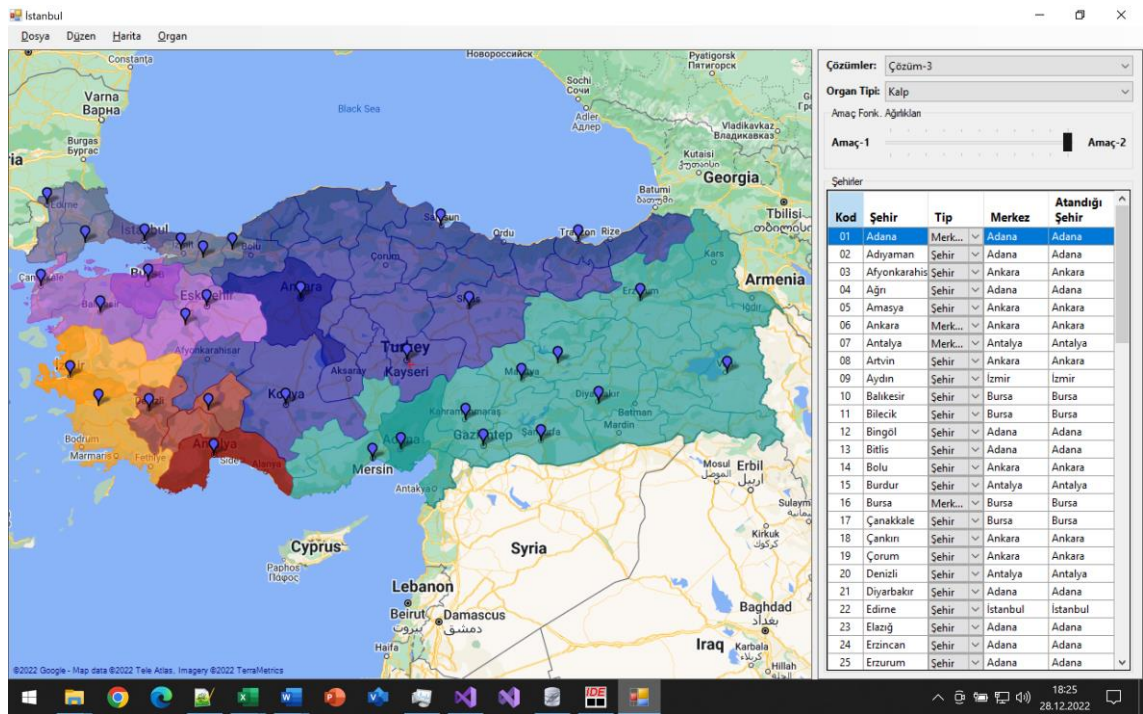
Şekil 4.30. Kalp için $\alpha=0.70$ 'e göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



Şekil 4.31. Kalp için $\alpha=0.80$ 'e göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



Şekil 4.32. Kalp için $\alpha=0.90$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları



Şekil 4.33. Kalp için $\alpha=1.00$ 'a göre önerilen matematiksel modelin çözüm sonuçları

Tablo 4.20. Kalp organında Adana BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Kalp Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ADANA	ADANA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	GAZİANTEP	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	HATAY	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	K.MARAŞ	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	KAYSERİ	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ADANA	KİLİS	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	MERSİN	ANTA	ANTA	ANTA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	NİĞDE	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ADANA	OSMANİYE	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN

Adana BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Kayseri ilinin Ankara BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı şekilde hasta hareketliliğinin kompaktlığının amaçlandığı $\alpha=0.00$, 0.10 ve 0.20 amaç fonksiyonu seviyelerinde Mersin ilinin Antalya BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu, Niğde ilinin ise Ankara BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Adana BKM'nin ŞAUI'sinin %82.83 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.21. Kalp organında Ankara BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Kalp Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ANKARA	AKSARAY	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ANKARA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	BARTIN	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	BOLU	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ÇANKIRI	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ÇORUM	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ESKİŞEHİR	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
ANKARA	KARABÜK	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	KASTAMONU	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	KIRIKKALE	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	KIRŞEHİR	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	NEVŞEHİR	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	YOZGAT	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANKARA	ZONGULDAK	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA

Ankara BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Eskişehir ilinin Bursa BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Ankara BKM'nin ŞAUI'sinin %92.86 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.22. Kalp organında Antalya BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Kalp Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ANTALYA	AFYON	BURS	BURS	BURS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ANTALYA	ANTALYA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	BURDUR	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	ISPARTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
ANTALYA	KARAMAN	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ADAN
ANTALYA	KONYA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA

Antalya BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Konya ilinin Bursa BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Karaman ilinin $\alpha=0.00 - 0.90$ amaç fonksiyonu seviyelerinde Ankara BKM'ne atamasının yapılması uygun bulunmuştur. Ancak amaç fonksiyonunun $\alpha=1.00$ olduğu durumda hasta hareketliliğinin en küçüklenmesi bakımından ise Karaman ilinin Adana BKM'ne atamasının yapılması uygun bulunmuştur. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Antalya BKM'nin ŞAUİ'sinin %50.00 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.23. Kalp organında Bursa BKM için şehir ataması uyumu

Mevcut Bölge	Şehir	Kalp Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
BURSA	BALIKESİR	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	BİLECİK	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	BURSA	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	ÇANAKKALE	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
BURSA	DÜZCE	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA
BURSA	YALOVA	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS

Bursa BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Düzce ilinin İstanbul BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Bursa BKM'nin ŞAUİ'sinin %83,33 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.24. Kalp organında Diyarbakır BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Kalp Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
DİYARBAKIR	ADIYAMAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	BATMAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	BİTLİS	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	DİYARBAKIR	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	ELAZIĞ	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	HAKKARİ	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	MALATYA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	MARDİN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	SIİRT	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	ŞANLIURFA	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	ŞIRNAK	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
DİYARBAKIR	VAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN

Diyarbakır BKM kapsamındaki illerde kalp nakil merkezi bulunmadığından, matematiksel model Diyarbakır BKM kapsamındaki şehirlerin tümünün Adana BKM bünyesinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Diyarbakır BKM'nin ŞAUİ'sinin %0.00 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.25. Kalp organında Erzurum BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Kalp Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
ERZURUM	AĞRI	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ERZURUM	ARDAHAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ERZURUM	ARTVİN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ANKA
ERZURUM	BAYBURT	ADAN	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ERZURUM	BİNGÖL	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ERZURUM	ERZİNCAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ERZURUM	ERZURUM	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ERZURUM	GÜMÜŞHANE	ADAN	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ERZURUM	İĞDIR	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ERZURUM	KARS	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ERZURUM	MUŞ	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN
ERZURUM	SİVAS	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
ERZURUM	TUNCELİ	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN	ADAN

Matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Erzurum BKM kapsamındaki illerde kalp nakil merkezi bulunmadığından, Erzurum BKM kapsamındaki şehirlerin Adana BKM ve Ankara BKM bünyesinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Bu illerden Ağrı, Ardahan, Bingöl, Erzincan, Iğdır, Kars, Muş ve Tunceli'nin Adana BKM bünyesinde yer almasının uygun olduğu bulunurken, Sivas ilinin Ankara BKM bünyesinde yer almasının uygun olduğu bulunmuştur. Artvin,

Bayburt ve Gümüşhane illerinin ise amaç fonksiyonunun farklı seviyelerinde Adana BKM veya Ankara BKM bünyesinde yer almalarının uygun olduğu bulunmuştur. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, Ezurum BKM'nin ŞAUİ'sinin %0.00 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.26. Kalp organında İstanbul BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Kalp Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
İSTANBUL	EDİRNE	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA
İSTANBUL	İSTANBUL	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA
İSTANBUL	KIRKLARELİ	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA
İSTANBUL	KOCAELİ	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA
İSTANBUL	SAKARYA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA
İSTANBUL	TEKİRDAĞ	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA	İSTA

İstanbul BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın BKM bünyesindeki illerin mevcut hali ile amaç fonksiyonunun tüm seviyeleri bakımından uygun atanmış olduğu saptanmıştır. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, İstanbul BKM'nin ŞAUİ'sinin %100 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.27. Kalp organında İzmir BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı iller	Kalp Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
İZMİR	AYDIN	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ
İZMİR	DENİZLİ	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA	ANTA
İZMİR	İZMİR	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ
İZMİR	KÜTAHYA	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS	BURS
İZMİR	MANİSA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ
İZMİR	MUĞLA	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ
İZMİR	UŞAK	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ	İZMİ

İzmir BKM için matematiksel model hangi amaç fonksiyonu ile çalıştırılırsa çalıştırılsın Denizli ilinin Antalya BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu, Kütahya ilinin ise Bursa BKM grubu içerisinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Matematiksel model çözümü sonucuna göre, İzmir BKM'nin ŞAUİ'sinin %71.43 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.28. Kalp organında Samsun BKM için şehir ataması uyumu

BKM	Bağlı İller	Kalp Nakil Merkezleri Göz Önüne Alındığında Önerilen Atamalar (Alfa)										
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
SAMSUN	AMASYA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
SAMSUN	GİRESUN	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
SAMSUN	ORDU	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
SAMSUN	RİZE	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
SAMSUN	SAMSUN	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
SAMSUN	SİNOP	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
SAMSUN	TOKAT	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA
SAMSUN	TRABZON	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA	ANKA

Samsun BKM kapsamındaki illerde kalp nakil merkezi bulunmadığından, matematiksel model Samsun BKM kapsamındaki şehirlerin tümünün Ankara BKM bünyesinde yer almasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumda matematiksel model çözümü sonucuna göre, Samsun BKM'nin ŞAUİ'sinin %0.00 olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Organ yetmezliği nedeniyle gerçekleşen vefatlar ve bunu engelleme çabaları çok uzun zamandır bilim insanlarının ilgi alanına girmiştir. Özellikle de son yıllarda tıp alanında gerçekleştirilen çalışmalar sayesinde bir kadavra ya da canlı bir insandan alınan neredeyse tüm organların ihtiyaç sahibi hastaya nakledilebildiği görülmektedir. Bu noktada yaşanan en büyük problem organ bağışlarında karşılaşılmaktadır. Halen yeteri kadar bilinçlenememiş toplumlarda ölüm sonrası organ bağışlarında yeteri seviyeye gelinemediği görülmektedir. Bu anlamda kıt kaynak olarak kabul edilebilecek olan organların en iyi uyum ile bozulmadan ihtiyaç sahibi hastalara nakledilmesi gerekmektedir.

Tüm dünyada bu süreçler devletlerin sağlık ile ilgili resmi kuruluşları tarafından yürütülmektedir. Ülkemizde de Sağlık Bakanlığı bünyesinde bir Ulusal Koordinasyon Merkezi ve buna bağlı dokuz Bölge Koordinasyon Merkezi (BKM) tarafından yürütülmekte olup hiyerarşik yöntemle eşleşmeler sağlanmaktadır. Bu yöntem ile ülkemiz birbirinden bağımsız dokuz bölgeye ayrılmış ve her bölgeye çok sayıda il sorumluluğu verilmiştir. Bu illerden herhangi birinde, kadavradan ya da canlı bir donörden alınan organ için öncelikle organın alındığı ilin bağlı bulunduğu BKM'nin sorumluluğundaki iller içerisinde, organ ile uyumlu bir hasta olup olmadığı kontrol edilir ve varsa bağışlanan organ ilgili hastaya nakledilir. Coğrafi olarak birbirine yakın illerden oluşturulmuş olan bir bölge içerisinde bu tür bir yapılanmanın en büyük avantajı, donör ile hastanın birbirine yakın olması ve alınan organın iskemi süresi içerisinde hastaya nakli ve sonrasında başarı şansının daha yüksek olmasıdır. Bu noktada bölgelerin tasarlanması organ nakil süreci için kritik önem arz etmektedir.

Bu tez kapsamında organ nakil süreçleri için büyük önem arz eden bölgelerin tasarlanması problemi ele alınmıştır. Literatürde, il, ilçe, mahalle gibi coğrafi bölgelerin değişik amaçları en iyilemek için gruplanması problemine Politik Bölgeleendirme Problemi (PBP) adı verilmektedir. PBP'de bölgeler arası nüfus dengesi (tüm bölgelerin yaklaşık aynı nüfusa sahip olması) ve/veya bölgelerin kompaktlığı (her il yakın ve düzgün bir şekilde bir araya getirilmesi) gibi amaçları en iyileyecek şekilde, küçük parçaların (iller) önceden belirlenmiş sayıda bölgede bir araya getirilmesi hedeflenmektedir.

Organ nakil süreçlerinde bölgelerin oluşturulması problemi, literatürde PBP olarak bilinen bu problemde esinlenilerek, kendine özgü kısıtlamalar eklenip (örneğin, organ nakil merkezi bulunmayan bir şehirdeki hastalar aynı bölge içerisinde organ nakli yapabilen en az bir hastaneye sahip ve o şehre en yakın şehirde operasyon geçirebilir) iki amaçlı bir matematiksel model geliştirilmiştir. Modelde kullanılan birinci amaç, nakil için gerçekleşecek hasta hareketlerinden kaynaklı toplam hareket mesafesinin en küçüklenmesi iken ikinci amaç bölgeler içerisinde birbirine en uzak olan iki şehir arasındaki mesafeyi en küçüklenmesi (kompaktlık) olarak belirlenmiştir. İki amaç fonksiyonu ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak tek bir amaç fonksiyonuna dönüştürülmüş, ülkemizdeki iller ve bu illerde yaşayan nüfus bilgileri kullanılarak değişik ağırlık seviyelerinde optimal çözümler elde edilmiştir. Ayrıca çözüm sürecini hızlandırmak ve görselleştirmek amacıyla da C# programlama dili kullanılarak bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Matematiksel modellerin çözümü için de genel amaçlı bir matematiksel model çözücüsü olan CPLEX yazılımının 22.1 versiyonu kullanılmıştır.

Deneyisel çalışmalarda nakil sıklığı yüksek olan böbrek, karaciğer ve kalp organları ele alınmıştır. Ayrıca hali hazırda BKM olarak belirlenmiş olan dokuz il merkezi yine BKM olarak kabul edilmiştir. Bölge Koordinasyon Merkezlerinin yetki alanındaki her bir şehirde yaşayan insanların kalp, böbrek ve karaciğer için ayrı ayrı hangi Bölge Koordinasyon Merkezinden hizmet alacağı belirlenmiş ve mevcut yapı ile şehir atama uyumu katsayısı ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Değişik ağırlık seviyelerinde gerçekleştirilen deneyisel çalışmalar sonucunda elde edilen bulgulara göre; böbrek organı temel alındığında Şehir Atama Uyumu İndeksi (ŞAUİ) bakımından en yüksek sonuç % 88,89 ile Adana BKM’de, en düşük sonuç ise % 62,34 ile Ankara BKM’de elde edilmiştir. Karaciğer organı temel alındığında (ŞAUİ) bakımından en yüksek sonuç % 90,91 ile Adana BKM’de, en düşük sonuç % 62,99 ile Ankara BKM’de elde edilmiştir. Kalp organı temel alındığında ise (ŞAUİ) bakımından en yüksek sonuç % 100 ile İstanbul BKM’de, en düşük sonuç ise % 50 ile Antalya BKM’de elde edilmiştir. Sağlık Bakanlığı’nca dokuz BKM altında atamaları yapılan 81 ilin, böbrek organı nakli için %26.60, karaciğer organı nakli için %24.69, kalp organı nakli için ise %51.29 oranında farklı BKM’ye atanması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

5.2. Öneriler

Bu tez kapsamında ele alınan problem ve varsayımları ışığında gelecekte aşağıdaki varyasyonların incelemeye değer olduğu düşünülmektedir.

- Mevcut çalışmada illerin nüfusları potansiyel donör ve hasta sayıları için doğru bir gösterge olarak kabul edilmiştir. Kişisel verilerin gizliliği nedeniyle gerçek donör ve hasta sayılarına ulaşılamadığı için bu varsayım üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu tez kapsamında geliştirilen çözüm yöntemi gerçek veriler kullanılarak çalıştırılıp daha isabetli çözümler elde edilebilir.
- Bu tez kapsamında yaygın olarak nakli gerçekleşen üç organ (böbrek, karaciğer ve kalp) ele alınmıştır. Çalışma diğer organlar da dikkate alınarak genişletilebilir.
- Önerilen matematiksel modelde hangi illerin BKM olacağını önceden bilindiği varsayımı altında geliştirilmiştir. Tesis yer seçimi problemlerinden esinlenerek, matematiksel modelin, hangi illerin BKM olacağına da karar vereceği bir yapıya dönüştürülmesi de gelecekte çalışmaya değer bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aghazadeh, S., M., Mohammadi, M., Naderi, B., 2018, Robust bi-objective cost-effective, multi-period, location-allocation organ transplant supply chain. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 29 (1), pp.17-36.
- Aghazadeh, S.M., Mohammadi, M., Naderi, B., 2017, Multi objective organ transplant supply chain with effective location and time consideration, *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 10 (4), pp.158–176.
- Ahmadvand, S., Pishvae, M.S., 2018, Design and Planning of Organ Transplantation Networks, *Operations Research Applications in Health Care Management*, International Series in Operations Research and Management Science, 262.
- Akış, M., Katırcı, E., Uludağ, H. Y., Küçükkılıç, B., Gürbüz, T., Türker, Y., Kayacan, H., Öngel, K., Gül H., 2008, Süleyman Demirel Üniversitesi Personelinin Organ-Doku Bağışı ve Nakli Hakkındaki Bilgi ve Tutumları, *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, cilt 15, sayı 4, s.28-33.
- Alagoz, O., Schaefer, A. J., Roberts, M. S., 2009, Optimizing organ allocation ve acceptance, *Handbook of optimization in medicine*, Vol 26, Springer, pp 1-24.
- Altuntaş, E. 2015, Böbrek Nakli Bekleme Listesindeki Hastaların Anksiyete ve Depresyon Açısından Değerlendirilmesi, (Yayımlanmış yüksek lisans tezi), *İstanbul Bilim Üniversitesi*, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
- Anonymuos, 2014, World Health Organization. www.who.int/topics/transplantation/en/
- Anonymuos, 2016, United network for organ sharing. www.unos.org/data/
- Aydın, Ç. K., 2011, Organ veya doku ticareti suçu, *Ankara Barosu Dergisi*, sayı 1, s.129-162.
- Ayna, T. K., Çiftçi, H. Ş., Tozkır, H., Gürtekin, M., Çarın, M., 2009, İmmünespresif İlaçların Etki Mekanizmaları, *Gaziantep Medical Journal*, cilt 15, sayı 3, s.42-47
- Balster, I. (2019). A dynamic programming labeling algorithm to optimize the transportation of organs for transplantation, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, COPPE/UFRJ, Brezilya.
- Beliën, J., De Boeck, L., Colpaert, J., Devesse, S., Van den Bossche, F., 2013, Optimizing the facility location design of organ transplant centers, *Decision Support Systems*, 54 (4), pp.1568–1579.
- Beliën, J., De Boeck, L., Colpaert, J., Devesse, S., Van den Bossche, F., 2011, Optimizing the supply chain design for organ transplant centers, HUB RESEARCH PAPER 2011/02 Januari 2011.

- Bellotti, H. B., Francoso, M. T., 2021, System for transporting human organs, *Case Studies on Transport Policy*, 9 (2), pp.431-442.
- Bilaloğlu, E., 2013, Kompozit Doku Nakilleri Rapor, *Türk Tabipler Birliği Yayınları*, 1. Baskı, Ankara.
- Bruni, M. E., Conforti, D., Sicilia, N., Trotta, S., 2006, A new organ transplantation location–allocation policy: a case study of Italy, *Health Care Management Science*, 9 (2), pp.125–142.
- Cacchiani, V., Malandri, C., Mantecchini, L., Paganelli, F., 2018, A study on the optimal aircraft location for human organ transportation activities, *Transportation Research Procedia*, 30, pp.314-323.
- Caruso, V., Daniele, P., 2018, A network model for minimizing the total organ transplant costs, *European Journal of Operational Research*, 266, pp.652–662.
- Cole, H., 2021, The organ supply chain: Geography and the inequalities of transplant logistics, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 46 (4), pp.1008-1021.
- Çay, P., 2012, Organ transplantation logistics: case for Turkey (Basılmamış Doktora Tezi), *Bilkent Üniversitesi*, Ankara.
- Çınaroğlu, S., 2017, Organ Naklinde Piyasa Tasarımı, *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, cilt 20, sayı 1, s.23-36.
- Dalgıç, A., 1999, Organ Transplantasyonları, *STED*, 8 (1), s.10-12.
- De Oliveira Mota, D., Monteleone, J. P., Pessoa, J. L. E., Pimentel, C. F. M. G., 2020, São Paulo State Liver Transplantation Supply Chain Study. In *Transplantation Proceedings*, Vol. 52, No. 5, pp.1247-1250.
- Duque, J. C., Ramos, R., Suriñach, J., 2007, Supervised regionalization methods: A survey, *International Regional Science Review*, Vol.30 (3), pp.195-220.
- Erçin, B. S., Kılıç, K. D., Tiftikçioğlu, Y. Ö., Biçer, A., Uyanıkgil, Y., Thione, A., Gürler, T., 2017, Solid Organ Nakli ve Vaskülerize Kompozit Allotransplantasyon: Dünyü ve Bugünü, *İstanbul Bilim Üniversitesi Florence Nightingale Transplantasyon Dergisi*, cilt 2, sayı 1, s.7-13.
- Ghane, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., 2018, A stochastic optimization approach to a location-allocation problem of organ transplant centers, *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 11 (1), pp.103-111.

- Goli, A., Ala, A. Mirjalili, S., 2022, A robust possibilistic programming framework for designing an organ transplant supply chain under uncertainty, *Annals of Operations Research*, <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04829-7>.
- Haylamaz, R., ve Türel., M., 1993, İslam Hukukuna Göre Organ ve Doku Nakli, *Işık Yayınları*, İstanbul.
- Jalilvand, S., Heidari, S., Mohammadnazari, Z., 2023, A bi-objective organ transplant supply chain network with recipient priority considering carbon emission under uncertainty, a case study, *Process Integration and Optimization for Sustainability*, <https://doi.org/10.1007/s41660-023-00314-1>.
- Kansu, E., 2005, Kök Hücre Biyolojisi ve Plastisitesinde Güncel Kavramlar, *Hacettepe Tıp Dergisi*, 36, s.191-197.
- Kargar, B., Pishvae, M. S., Jahani, H., Sheu, J. B., 2020, Organ transportation and allocation problem under medical uncertainty : A real case study of liver transplantation, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 134, 101841.
- Koizumi, N., Ganesan, R., Gentili, M., Chen, C. H., Waters, N., Das Gupta, D., 2013, Redesigning organ allocation boundaries for liver transplantation in the United States, *In proceedings of the International Conference On Health Care Systems Engineering*, pp.15–27.
- Kong, N., Schaefer, A. J., Hunsaker, B., Roberts, M. S., 2010, Maximizing the efficiency of the US liver allocation system through region design, *Management Science*, 56 (12), pp.2111–2122.
- Mehrez, A., Sinuany-Stern, Z., Arad-Geva, T., Binyamin, S., 1996, On the implementation of quantitative facility location models: the case of a hospital in a rural region. *Journal of the Operational Research Society*, 47, pp.612–625.
- Özer, Ö., 2016, Marmara Bölgesi'nde Çok Depolu Organ Dağıtım Uygulaması, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), *Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Özkan, B., Özceylan, E., 2020, A maximal covering location model for the organ transplant organization in Turkey, *In: Computational intelligence and soft computing applications in healthcare management science*, IGI Global, pp.63–86
- Özşaker, E., 2014, Organ Nakli ve Yaşam Kalitesi, *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, cilt 3, sayı 3, s.166-173.
- Paganelli, F., Mantecchini, L., Peritore, D., Morabito, V., Rizzato, L., Costa, A. N., 2019a, Evaluation on the use of Italian high-speed rail to support transportation

- network for transplantation activities, *In Transplantation proceedings*, Vol. 51, No. 9, pp.2873-2879.
- Paganelli, F., Mantecchini, L., Peritore, D., Morabito, V., Rizzato, L., Costa, A. N., 2019b, Network model for optimal aircraft location for human organ transportation activities, *In Transplantation Proceedings*, Vol. 51, No. 1, pp.100-105.
- Rabbani, M., Talebi, E., 2019, A comprehensive mathematical model for designing an organ transplant supply chain network under uncertainty, *International Journal of Engineering*, 32 (6), pp.835-841.
- Rajmohan, M., Theophilus, C., Sumalatha, M. R., Saravanakumar, S., 2017, Facility location of organ procurement organisations in Indian health care supply management, *South African Journal of Industrial Engineering*, 28 (1), pp.90-102.
- Ricca, F., Scozzari, A., Simeone, B., 2013, Political Districting: From classical models to recent approaches, *Annals of Operations Research*, Vol.204 (1), pp.271-299.
- Rogrilie, M., Shi, A.W.P., 2007, Optimizing the effectiveness of organ allocation, *Academic Journal*, 28 (2), pp.1–17.
- Rouhani, S., Amin, S. H., 2022, A robust convex optimization approach to design a hierarchical organ transplant network: A case study, *Expert Systems with Applications*, 197, 116716.
- Rouhani, S., Pishvaei, M., Zarrinpoor, N., 2021, A fuzzy optimization approach to strategic organ transplantation network design problem: A real case study, *Decision Science Letters*, 10 (3), pp.195-216.
- Salimian, S., Mosavi, S. M., 2022a, A robust possibilistic optimization model for organ transplantation network design considering climate change and organ quality, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-24.
- Salimian, S., Mousavi, S. M., 2022b, A new scenario-based robust optimization approach for organ transplantation network design with queue condition and blood compatibility under climate change, *Journal of Computational Science*, 62, 101742.
- Savaşer, S., Kınay, Ö. B., Kara, B. Y., Cay, P., 2019, Organ transplantation logistics: A case for Turkey, *OR Spectrum*, 41 (2), pp.327–356.
- Sha, Y., Huang, J., 2012, The multi-period location-allocation problem of engineering emergency blood supply systems, *Systems Engineering Procedia*, 5, pp.21–28.

- Stahl, J. E., Kong, N., Shechter, S. M., Schaefer, A. J., Roberts, M.S., 2005, A methodological framework for optimally reorganizing liver transplant regions, *Medical Decision Making*, 25 (1), pp.35–46.
- Sulania, A., Sachdeva, S., Jha D., Kaur, G., Sachdeva, R., 2016, Organ Donation and Transplantation: An Updated Overview, *MAMC Journal of Medical Sciences*, vol 2, pp.18-27.
- Süren, Ö. K., 2007, Organ ve Doku Naklinin Yasal ve Etik Açısından İncelenmesi, *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, sayı 73, s.174-195.
- Şıpkın, S., Şen, B., Akan, S., Malak, A. T., 2010, Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi, İlahiyat Fakültesi ve Güzel Sanatlar Fakültesi Öğretim Elemanlarının Organ Bağışına Bakış Açılarının İncelenmesi, *Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, cilt 11, sayı 1, s.19-25.
- Taneri, B., 2014, Acil Serviste Acil Tıp Hekimlerinin Organ Bağışı Sürecinde Yönetim, Duyarlılık ve Farkındalıkları, Yayımlanmış Doktora Tezi, *Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi*.
- Tasnádi, A., 2011, The political districting problem: A survey, *Society and Economy*, Vol.33 (3), pp.543-554.
- Tay, M., 2016, Türkiye’de Doku ve Organ Naklinin Önemi, *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, cilt 3, sayı 3, s.106-110
- Topbaş, E., Bingöl, G., 2016, Türkiye’de Kadavra Donörden Gerçekleştirilen Organ Nakline Etki Eden Faktörler, *Nefroloji Hemşireliği Dergisi*, cilt 11, sayı 2, s.77-88.
- Usul, E., Gökçe, A., Afşin Emre Kayıpmaz, E.A., Korkut, S., 2020, Organ transplantation in Turkey: experience of organ transportation by airway, *International Journal of Transplantation Research and Medicine*, vol 6, iss.2, pp.1-4.
- Yılmaz, E., 2011, Organ ve Doku Nakli, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Özel Hukuk Anabilim Dalı*, Kayseri.
- Zahiri, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., Mohammadi, M., Julab, P., 2014a, Multi-objective design of an organ transplant network under uncertainty, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 72, pp.101–124.
- Zahiri, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., Pishvae, M.S., 2014b, A robust possibilistic programming approach to multi-period location-allocation of organ transplant centers under uncertainty, *Computers and Industrial Engineering*, 74, pp.139–148.

EK-1: GAMS KODLARI**(GAMS dilinde hazırlanmış karma tamsayılı doğrusal programlama kodları)**

Sets

M AllNodes /0,01*81/

N(M) Cities /01*81/

P(N) Centers /01,06,07,16,21,25,34,35,55/

ALIAS(M, MM);

ALIAS(N, I, J);

ALIAS(P, Q);

PARAMETER NeighborCity(M, MM)/

\$include "D:\Yunus\Model\Data\NeighborCity.txt"

/;

NeighborCity('0',P) = 1;

PARAMETER Population(I)/

\$include "D:\Yunus\Model\Data\Population.txt"

/;

Population(I) = Population(I) / 1000000;

PARAMETER NumHospital(I)/

\$include "D:\Yunus\Model\Data\NumHospital(Heart).txt"

/;

PARAMETER DistMatrix(I, J)/

\$include "D:\Yunus\Model\Data\DistMatrix.txt"

/;

PARAMETER α ;

PARAMETER EPSILON /0.001/;

PARAMETER BigM;

PARAMETER Min1, Max1, Min2, Max2;

BigM = SUM(I, Population(I));

VARIABLE OBJ,OBJ1,OBJ2,OPTOBJ1,OPTOBJ2;

BINARY VARIABLE X(M,MM), Z(I,P), W(I,J);

POSITIVE VARIABLE F(M,MM),MaxDist,AssDist(I);

X.fx(I,I)=0;

X.fx(N,P)=0;

X.fx('0',P)=1;

X.fx(M,MM) \$ (NeighborCity(M,MM)=0)=0;

F.fx(M,MM) \$ (NeighborCity(M,MM)=0)=0;

Z.fx(P,P)=1;

W.fx(I,I) \$ (NumHospital(I)>0)=1;

W.fx(I,J) \$ (NumHospital(J)=0)=0;

EQUATIONS

OBJFUNC

COBJ1

COBJ2

OBJFUNC1
 OBJFUNC2
 C1a
 C1b
 C2a
 C2b
 C3
 C4a
 C4b
 C5a
 C5b
 C5c
 C6
 ;

OBJFUNC.. OBJ =E= (α +EPSILON)*((OPTOBJ1-Min1)/(Max1-Min1))+(1-
 α +EPSILON)*((OPTOBJ2-Min2)/(Max2-Min2));
 COBJ1.. OPTOBJ1 =E= SUM(I, Population(I)*AssDist(I));
 COBJ2.. OPTOBJ2 =E= MaxDist;
 OBJFUNC1.. OBJ1 =E= OPTOBJ1 + EPSILON*OPTOBJ2;
 OBJFUNC2.. OBJ2 =E= OPTOBJ2 + EPSILON*OPTOBJ1;
 C1a(J).. SUM(M \$ (NeighborCity(M,J)=1),X(M,J)) =E= 1;
 C1b(I,J).. X(I,J)+X(J,I) =L= 1;
 C2a(I).. SUM(P, Z(I,P)) =E= 1;
 C2b(I,J,Q).. X(I,J)+Z(I,Q)+SUM(P \$ (ORD(Q)<>ORD(P)), Z(J,P)) =L= 2;
 C3(I,J,Q).. MaxDist =G= DistMatrix(I,J)*(Z(I,Q)+Z(J,Q)-1);
 C4a(I).. SUM(J, W(I,J)) =E= 1;
 C4b(I,J,Q) \$ ((NumHospital(I)=0) AND (NumHospital(J)>0))..
 W(I,J)+Z(I,Q)+SUM(P \$ (ORD(Q)<>ORD(P)), Z(J,P)) =L= 2;
 C5a.. SUM(P,F('0',P)) =E= SUM(J,Population(J));
 C5b(J).. SUM(M,F(M,J))-SUM(M,F(J,M)) =E= Population(J);
 C5c(M,MM).. F(M,MM) =L= BigM*X(M,MM);
 C6(I).. AssDist(I)=E=SUM(J,DistMatrix(I,J)*W(I,J));

MODEL TransPlant1

/OBJFUNC1,OBJFUNC2,COBJ1,COBJ2,C1a,C1b,C2a,C2b,C3,C4a,C4b,C5a,C5b,C5c,C6/
 ;
 TransPlant1.optfile=1;
 TransPlant1.optcr=0;
 TransPlant1.reslim=3600;
 TransPlant1.iterlim=1e9;
 TransPlant1.limrow=0;
 TransPlant1.limcol=0;

MODEL TransPlant2

/OBJFUNC1,OBJFUNC2,COBJ1,COBJ2,C1a,C1b,C2a,C2b,C3,C4a,C4b,C5a,C5b,C5c,C6/
 ;
 TransPlant2.optfile=1;
 TransPlant2.optcr=0;
 TransPlant2.reslim=3600;
 TransPlant2.iterlim=1e9;
 TransPlant2.limrow=0;

```
TransPlant2.limcol=0;
```

```
MODEL TransPlant
/OBJFUNC,OBJFUNC1,OBJFUNC2,COBJ1,COBJ2,C1a,C1b,C2a,C2b,C3,C4a,C4b,C5a,
C5b,C5c,C6/;
TransPlant.optfile=1;
TransPlant.optcr=0;
TransPlant.reslim=3600;
TransPlant.iterlim=1e9;
TransPlant.limrow=0;
TransPlant.limcol=0;
```

```
$onecho > cplex.opt
workmem 1000
nodefileind 3
threads -1
$offecho
```

```
SOLVE TransPlant1 USING MIP MINIMIZING OBJ1;
Min1=OPTOBJ1.l;
Max2=OPTOBJ2.l;
SOLVE TransPlant2 USING MIP MINIMIZING OBJ2;
Max1=OPTOBJ1.l;
Min2=OPTOBJ2.l;
```

```
file ConnFile /D:\Yunus\Model\Solution\_Connections.txt/;
file AssFile /D:\Yunus\Model\Solution\_Assignments.txt/;
file NearCityFile /D:\Yunus\Model\Solution\_NearestCity.txt/;
```

```
for( $\alpha$ =0 to 1 by 0.1,
  if ( (Max1<>Min1) AND (Max2<>Min2) ,
    SOLVE TransPlant USING MIP MINIMIZING OBJ;
  );

  put ConnFile;
  put  $\alpha$ ;put /;
  loop((M,MM) $ (X.l(M,MM)>0.01),put M.tl;put MM.tl;put /;);
  put '-1';put /;

  put AssFile;
  put  $\alpha$ ;put /;
  loop((I,P) $ (Z.l(I,P)>0.01),put I.tl;put P.tl;put /;);
  put '-1';put /;

  put NearCityFile;
  put  $\alpha$ ;put /;
  loop((I,J) $ (W.l(I,J)>0.01),put I.tl;put J.tl;put /;);
  put '-1';put /;
)
```