

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**MEKANSAL-ZAMANSAL HASTA HAREKETLİLİK VERİLERİYLE  
MEKANSAL ETKİLEŞİM ÖRÜNTÜLERİNİN ANALİZİ VE AKIŞ  
HARİTALARI ARACI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Selman DELİL**

**Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı**

**Coğrafi Bilgi Teknolojileri Doktora Programı**

**ŞUBAT 2019**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**MEKANSAL-ZAMANSAL HASTA HAREKETLİLİK VERİLERİYLE  
MEKANSAL ETKİLEŞİM ÖRÜNTÜLERİNİN ANALİZİ VE AKIŞ  
HARİTALARI ARACI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Selman DELİL  
(706112008)**

**Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı**

**Coğrafi Bilgi Teknolojileri Doktora Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK**

**ŞUBAT 2019**



İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 706112008 numaralı Doktora Öğrencisi Selman DELİL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "MEKANSAL-ZAMANSAL HASTA HAREKETLİLİK VERİLERİYLE MEKANSAL ETKİLEŞİM ÖRÜNTÜLERİNİN ANALİZİ VE AKIŞ HARİTALARI ARACI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Necla ULUĞTEKİN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER** .....  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Türkey GÖKGÖZ** .....  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Caner GÜNEY** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : 03 Ocak 2019  
**Savunma Tarihi** : 15 Şubat 2019





*Eşime ve çocuklarıma,*





## ÖNSÖZ

Uzun ve yorucu doktora tezi çalışmalarım boyunca bilgi ve deneyimiyle bana kılavuz olan, önüme çıkan her zorlukta destek ve motivasyonuyla cesaret veren, aydınlatan tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK'e, doktora tez izleme komitesindeki üyelikleri vesilesiyle tezimle ilgili değerli görüşlerini benimle paylaşan, beni sabırla dinleyen, destek ve katkılarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Necla ULUĞTEKİN ve Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER'e çok teşekkür ederim. Ayrıca tez kapsamında ABD'de gerçekleştirdiğim araştırma projesinde iş birliği ve katkılarıyla beni destekleyen değerli bilim insanları Dr. Murat DÜNDAR, Dr. Çağlar KÖYLÜ ve Dr. Saim SAN'a teşekkür ederim.

Bu süreçte umutsuzluğa düşmeme izin vermeyen ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Fatma ve çocuklarıma, tüm eğitim hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen sevgili anne-babam ve kardeşlerime teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Araştırma kapsamında kullanılan verilerin temini süreçlerinde paylaştıkları bilgiler ve sabırlarından dolayı Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) yetkililerine teşekkür ederim.

Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2214-A - Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı kapsamında 1059B141400289 hibe numarası ile desteklenmiştir. İçerik sadece yazarların sorumluluğundadır ve TÜBİTAK'ın resmi görüşlerini temsil etmez.

Şubat 2019

Selman DELİL  
Yük. Bilgisayar Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY .....	xxv
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1.Araştırma Konusu .....	1
1.2.Tezin Amacı .....	4
1.3.Tez Düzeni ve Genel Kurgu.....	5
1.4.Örnek Olay ve Veri .....	7
<b>2. AKIŞLARIN NEDENLERİNİ ANLAMAK, HASTA HAREKETLERİNİ AÇIKLAYAN DEĞİŞKENLER.....</b>	<b>11</b>
2.1. Giriş.....	11
2.2. Türk Sağlık Sistemindeki Yapısal Değişim .....	13
2.3. Literatür .....	15
2.4. Veri Kapsamı.....	15
2.5. Yöntem .....	17
2.6. Bulgular .....	22
2.7. Tartışma ve Sonuç .....	24
<b>3. GANDY NOMOGRAMI VE HİYERARŞİK KÜMELEMEYLE MEKANSAL ERİŞİLEBİLİRLİĞİN ANALİZİ .....</b>	<b>27</b>
3.1. Giriş.....	28
3.2. Literatür .....	30
3.3. Türkiye Sağlık Sistemi .....	31
3.4. Yöntem .....	32
3.4.1. Hasta hareketleri metrikleri.....	32
3.4.2. Veri ve kapsamı .....	33

3.4.3. Gandy Nomogramıyla mekansal-zamansal örüntülerin ortaya çıkarılması .....	33
3.4.4. Kümeleme .....	36
3.5. Bulgular .....	38
3.5.1. Genel hareketlilik gözlemleri .....	38
3.5.2. Mekansal-zamansal hareketlilik örüntülerinin ortaya çıkarılması .....	39
3.5.2.1. Yıllık hareketlilik örüntüleri .....	39
3.5.2.2. Aylık hareketlilik örüntüleri .....	42
3.5.3. Kümeleme sonuçları.....	46
3.5.4. Kümeleme sonuçlarının istatistiksel analizi .....	49
3.6. Tartışma ve Sonuç .....	52
<b>4. MEKANSAL ETKİLEŞİM AĞLARIYLA İŞLEVSEL BÖLGELERİN VE AKIŞ ÖRÜNTÜLERİNİN ORTAYA ÇIKARILMASI.....</b>	<b>55</b>
4.1. Giriş .....	56
4.2. Literatür .....	57
4.3. Türkiye’de Sağlık Bölgeleri .....	59
4.4. Yöntem .....	60
4.4.1. Tanımlamalar .....	60
4.4.2. Mekansal kısıtlı çizge bölütlemeyeyle hiyerarşik bölgeleme .....	61
4.4.3. Ağ metrikleriyle etkileşim ağının yapısal karakteristiğinin çıkarılması ..	63
4.5. Bulgular .....	64
4.5.1. Veri güdümlü işlevsel bölgeler .....	64
4.5.2. Ağdaki yapısal değişimlerin analizi .....	68
4.5.3. Mekansal akış örüntüleri .....	70
4.5.3.1. Mekansal-zamansal akış örüntülerinin aylık değişimi .....	72
4.5.3.2. Mekansal-zamansal akış örüntülerinin yıllık değişimi.....	75
4.5.3.3. Akış örüntülerinin çok değişkenli göstergelere göre analizi .....	77
4.5.3.4. Mekansal akış örüntülerinin seçilmiş özelliklere göre analizi .....	79
4.6. Tartışma ve Sonuç .....	81
<b>5. MEKANSAL ETKİLEŞİM GÖRSELLEŞTİRME ARACI .....</b>	<b>85</b>
5.1. Giriş .....	85
5.2. Literatür .....	86
5.3. Yöntem .....	91
5.3.1. Akış veri modeli .....	92
5.3.2. Akış haritaları tasarım prensipleri .....	93
5.3.3. Akış haritası tasarımında zaman boyutu .....	94

5.4. Yazılım Geliştirme Ortam Bileşenleri.....	95
5.5. Akış Haritası Aracı Kullanıcı Grafik Arayüzü ve İşlevleri.....	96
5.5.1. Kullanıcı arayüzü genel görünümü .....	96
5.5.2. Altlık harita seçimi ve veritabanı bağlantısı .....	97
5.5.3. Parametre filtreleme ve sorgu ön izleme özelliği.....	97
5.5.4. Düğüm görselleştirme .....	98
5.5.5. Akış görselleştirme .....	101
5.5.6. Alan görselleştirme .....	103
5.6. Türkiye Ulusal Hasta Hareketlerinin MEGA ile Görselleştirilmesi .....	104
5.6.1. Hasta hareketleri genel dağılımı .....	104
5.6.2. Hizmet kademelerine göre akışlar.....	107
5.6.3. Tıbbi branşlara göre akışlar.....	108
5.7. Tartışma ve Sonuç .....	111
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>113</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>117</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>127</b>



## KISALTMALAR

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ANOVA</b>	: Analysis of Variance
<b>ASM</b>	: Aile Sağlığı Merkezi
<b>BA</b>	: Beklenen Akış
<b>BAĞ-KUR</b>	: Bağımsız alışanlar Sosyal Sigortalar Kurumu
<b>CBS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>DSPS</b>	: Diğer Sağlık Personeli Sayısı
<b>GA:</b>	: Gerçekleşen Akış
<b>GB</b>	: Gigabyte
<b>GN</b>	: Gandy Nomogramı
<b>GSYH</b>	: Gayri Safı Yurtiçi Hasıla
<b>HSM</b>	: Halk Sağlığı Müdürlüğü
<b>İHTB</b>	: İl Hastanelerine Toplam Başvuru
<b>İNKTHB</b>	: İl Nüfusuna Kayıtlı Toplam Hastane Başvurusu
<b>İSM</b>	: İl Sağlık Müdürlüğü
<b>K-H</b>	: Kaynak-Hedef
<b>KHB</b>	: Kamu Hastaneleri Birliği
<b>K-W</b>	: Kruskal-Wallis
<b>OAKK</b>	: Ortalama Ağırlıklı Kümeleme Katsayısı
<b>OECD</b>	: The Organization for Economic Co-operation and Development
<b>OLS</b>	: Ordinary Least Squares
<b>ÖHYS</b>	: Özel hastane yatak sayısı
<b>SB</b>	: Sağlık Bakanlığı
<b>SGK</b>	: Sosyal Güvenlik Kurumu
<b>SI</b>	: Spatial Interaction
<b>SOM</b>	: Self-Organized Map
<b>SSK</b>	: Sosyal Sigortalar Kurumu
<b>THYS</b>	: Toplam Hastane Yatak Sayısı
<b>TSDP</b>	: Türkiye Sağlıkta Dönüşüm Programı
<b>TSM</b>	: Toplum Sağlığı Merkezi
<b>TSS</b>	: Türk Sağlık Sistemi

**TÜBİTAK** : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

**TÜİK** : Türkiye İstatistik Kurumu

**ÜHYS** : Üniversite Hastane Yatak Sayısı





## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 : Hasta hareketleri verileri öznelilikleri.....	8
Çizelge 1.2 : Hastane başvuruları ve yıllara göre hasta hareketliliği. ....	9
Çizelge 2.1 : Panel veri analizinde kullanılan değişkenler. ....	16
Çizelge 2.2 : Seçilen branşlara göre hasta hareketleri ve uzman doktor sayısı. ....	17
Çizelge 2.3 : Yıllara göre ortalama göç, nüfus ve gelir. ....	17
Çizelge 2.4 : Seçilen branşlar için rassal etkiler panel modeli sonuçları.....	22
Çizelge 3.1 : Türkiye sağlık hizmet sunum kademeleri. ....	32
Çizelge 3.2 : Hasta hareketleri metrikleri. ....	33
Çizelge 3.3 : Kofenetik korelasyon katsayısı sonuçları.....	37
Çizelge 3.4 : Hareketlilik değişimleri için istatistiksel test sonuçları.....	42
Çizelge 3.5 : Kümeleme sonuçları, gruplar ve üye sayısı.....	48
Çizelge 3.6 : Kümelere göre sağlık göstergeleri ortalamaları. ....	50
Çizelge 3.7 : İstatistiksel analizde kullanılan değişkenler. ....	51
Çizelge 3.8 : K-W test sonuçları.....	52
Çizelge 5.1 : Akış görselleştirme unsurları. ....	92
Çizelge 6.1 : Tezde gerçekleştirilen çalışmalarda uygulanan yöntemler. ....	115



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Tez kapsamında gerçekleştirilen araştırmalar ve çıktıları.....	5
Şekil 1.2 : Hasta hareketliliği, yıllık değişim. ....	9
Şekil 1.3 : Hasta hareketliliği, aylık ortalamalar.....	10
Şekil 2.1 : Değişkenler için örnek histogram dağılım grafiği.....	19
Şekil 2.2 : Logaritma sonrası histogram dağılımı.....	19
Şekil 3.1 : Analiz aşamaları.....	28
Şekil 3.2 : Gandy Nomogramı grafik düzeni.....	34
Şekil 3.3 : Geçerli Gandy Nomogramı grafik üretimi.....	34
Şekil 3.4 : Gelişmiş Gandy Nomogramı grafik üretimi.....	35
Şekil 3.5 : GN grafiği ortalama hasta hareketliliği.....	39
Şekil 3.6 : Zamansal GN grafiği, yıllık hareketlilik.....	40
Şekil 3.7 : Zamansal GN grafiği, yıllık hareketlilik seçilen örüntüler.....	41
Şekil 3.8 : Zamansal GN grafiği, aylık değişimler.....	43
Şekil 3.9 : Zamansal çoklu GN grafiği aylık değişimler, Aralık 2009-Kasım 2010.....	44
Şekil 3.10 : Zamansal GN grafiği aylık değişimler, İstanbul ili hareketliliği.....	45
Şekil 3.11 : Zamansal GN grafiği aylık değişimler, Van ili.....	46
Şekil 3.12 : Hiyerarşik kümeleme için üretilen dendrogram.....	47
Şekil 3.13 : Kümeleme sonuçları GN grafiği, 4 yıllık ortalama.....	48
Şekil 3.14 : Zamansal GN grafiği aylık değişimler, kümeleme sonuçları.....	49
Şekil 4.1 : Analiz aşamaları, yöntem ve çıktılar.....	55
Şekil 4.2 : Sağlık Bakanlığı'nın yürürlükteki sağlık bölgeleri.....	60
Şekil 4.3 : Hasta hareketliliği ağı, modülerlik-bölge sayısı karşılaştırması.....	65
Şekil 4.4 : Hasta hareketliliği ağı, bölge içi ve bölgeler arası akışlar.....	65
Şekil 4.5 : Hiyerarşik bölgeleme sonuçları, 4 parçalı bölgeleme.....	66
Şekil 4.6 : Hiyerarşik bölgeleme sonuçları, 7 parçalı bölgeleme.....	66
Şekil 4.7 : Hiyerarşik bölgeleme sonuçları, 23 parçalı bölgeleme.....	66
Şekil 4.8 : Hareketlilik bölgeleme sonuçları ile Sağlık Bakanlığı mevcut bölgelerinin karşılaştırması.....	67
Şekil 4.9 : Hareketlilik ağının yapısal değişimi, akış hacmi, OAKK ve modülerlik.....	68

Şekil 4.10 : Hareketlilik ağının yapısal değişimi, modülerlik-OAKK korelasyonu..	69
Şekil 4.11 : Öz düzenleyici harita (SOM).....	71
Şekil 4.12 : Akış örüntülerinin aylık değişimi, tüm kümeler.....	72
Şekil 4.13 : Akış örüntülerinin aylık değişimi, yeşil renk kuşaklı küme.....	73
Şekil 4.14 : Akış örüntülerinin aylık değişimi, mor renk kuşaklı küme.....	74
Şekil 4.15 : Akış örüntülerinin aylık değişimi, mavi renk kuşaklı küme. ....	74
Şekil 4.16 : Akış örüntülerinin yıllık değişimi, yeşil renk kuşaklı küme. ....	76
Şekil 4.17 : Akış örüntülerinin yıllık değişimi, mor-kırmızı-mavi renk kuşaklı küme..	76
Şekil 4.18 : Kademelere göre akışlar, yeşil-kırmızı renk kuşaklı küme.....	78
Şekil 4.19 : Kademelere göre akışlar, mavi-pembe renk kuşaklı küme. ....	78
Şekil 4.20 : Kademelere göre akışlar, mor-mavi renk kuşaklı küme.....	79
Şekil 4.21 : Branşlara göre akışlar, kırmızı renk kuşaklı küme. ....	80
Şekil 4.22 : Branşlara göre akışlar, yeşil renk kuşaklı küme.....	80
Şekil 5.1 : Minard'ın "Moskova'ya Yürüyüş" isimli grafik gösterim çalışması .....	88
Şekil 5.2 : Chicago alan ulaşım planı, araç akış haritası.....	89
Şekil 5.3 : Tobler'in akış haritası çizim deneyleri .....	89
Şekil 5.4 : Akış haritası çıkarma aracı örnekleri: Flow Mapper.....	90
Şekil 5.5 : Akış haritası çıkarma aracı örnekleri: Flow Map.....	90
Şekil 5.6 : Akış haritası çıkarma aracı örnekleri: Flow Mapping.....	91
Şekil 5.7 : Kaynak-Hedef etkileşim matrisi ve ilişkiler ağı.....	92
Şekil 5.8 : MEGA grafik arayüzü.....	96
Şekil 5.9 : MEGA grafik arayüzü, harita altlıkları.....	97
Şekil 5.10 : Değişken filtreleme ve ön izleme fonksiyonu.....	98
Şekil 5.11 : Düğüm görselleştirme .....	99
Şekil 5.12: Düğüm görselleştirme, kaynak parametre, limit ve düğüm çapı belirleme.	99
Şekil 5.13 : Düğüm görselleştirme, renk seçenekleri.....	100
Şekil 5.14 : Düğüm görselleştirme, saydamlık.....	100
Şekil 5.15 : Düğüm görselleştirme, sınıflandırma ve biçim seçimi.....	101
Şekil 5.16 : Akış görselleştirme, limit ve çizgi kalınlığı.....	102
Şekil 5.17 : Akış görselleştirme, saydamlık, parlaklık ve renklendirme.....	103
Şekil 5.18 : Akış görselleştirme, biçim ve mod.....	103
Şekil 5.19 : Alan görselleştirme.....	104
Şekil 5.20 : Hasta hareketleri, akış verisi öznitelikler ve ön izleme.....	105
Şekil 5.21 : Hasta hareketleri genel dağılım, tüm akışlar.....	105
Şekil 5.22 : Hasta hareketleri genel dağılımı, 200 bin üzeri akışlar.....	106

<b>Şekil 5.23</b> : Hasta hareketleri genel dağılım, akış-nüfus yoğunluğu karşılaştırması	<b>107</b>
<b>Şekil 5.24</b> : Hizmet kademelerine göre hasta hareketleri, ikinci kademe.....	<b>108</b>
<b>Şekil 5.25</b> : Hizmet kademelerine göre hasta hareketleri, üçüncü kademe. ....	<b>108</b>
<b>Şekil 5.26</b> : Branşlara göre hasta hareketleri, dahili tıp branşları.....	<b>109</b>
<b>Şekil 5.27</b> : Branşlara göre hasta hareketleri, cerrahi branşlar. ....	<b>109</b>
<b>Şekil 5.28</b> : Branşlara göre hasta hareketleri, temel tıp branşları. ....	<b>110</b>
<b>Şekil 5.29</b> : Branşlara göre hasta hareketleri, alerji hastalıkları ve immünoloji.....	<b>110</b>
<b>Şekil 5.30</b> : Branşlara göre hasta hareketleri, onkoloji.....	<b>111</b>





# MEKANSAL-ZAMANSAL HASTA HAREKETLİLİK VERİLERİYLE MEKANSAL ETKİLEŞİM ÖRÜNTÜLERİNİN ANALİZİ VE AKIŞ HARİTALARI ARACI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

## ÖZET

Varlıkların yeryüzünde bir yerden bir yere hareketleri mekansal etkileşim olarak tanımlanan olguyu ortaya çıkarır. Toplum ve çevreye şekil veren önemli dinamiklerden olan mekansal etkileşim; insan göç hareketleri, para-mal hareketleri, bulaşıcı hastalıkların dolaşımı, bilgi, kültür değişimi gibi nedenlerle oluşabilir.

Mekansal ilişkilerin analizi ulaştırma, şehir ve bölge planlama, sağlık gibi birçok disiplinde kritik öneme sahiptir. Hareketlilik örüntülerinin ortaya çıkarılması, mekân ve zaman boyunca akan varlıklar arasındaki ortak noktaların anlaşılmasını sağlar. Örneğin pandemik bir salgının yayılma hızı, sıklığı ve akış doğrultusunun bilinmesi epidemiyoloji uzmanları için hayati bir öneme sahiptir. Benzer şekilde kent içinde çalışma amacıyla yapılan yolculuklar şehir planlama için kentin kapasitesi, konut ve çalışma yerlerinin seçimini etkileyen bir göstergedir.

Bilgi iletişim teknolojileri ve ulaştırma alanındaki ilerlemeler günümüzde dünyayı daha önce hiç olmadığı kadar birbirine bağlı hale getirmiş ve mekanlar arasındaki insan hareketlerini artırmıştır. Bu durum coğrafyalar arası çok yönlü etkileşimlerin ortaya çıkmasına ve ilişkilerin daha karmaşık; anlaşılması güç hale gelmesine yol açmaktadır. Her alanda etkisini gösteren sayısal dönüşüm, ilişkilerin de kayıt altına alınmasını sağlamaktadır. Konumsal niteliğe sahip bu verilerin analiziyle hareketlerin güdümündeki karmaşık sistemlerin anlaşılması ve gerçek dünya problemlerinin çözülmesi için karar destek araçlarının geliştirilmesi ihtiyacı vardır.

Öte yandan zamana bağlı hareketlilik verisinin analizi bu tür verilerin içerdiği hacim, çeşitlilik ve karmaşıklık nedeniyle oldukça zordur. Etkileşimleri oluşturan akış verileri, mekansal-zamansal ve boylamsal (bir olgunun belirli bir zaman aralığıyla tekrarlı şekilde ölçülmesi) nitelik taşır. Akışlara ilişkin öznitelik verilerinin çok boyutlu olması, akış örüntülerinin zaman içinde değişmesi ve birden fazla ölçekte gerçekleşmesi (ör; ulusal, bölgesel, yerel) mekansal etkileşimin analizini zorlaştırmaktadır.

Mekansal etkileşim örüntülerinin analizi başlıca dört tema altında toplanabilir; (1) nedensellik ilişkilerine odaklanan regresyon modelleri, (2) mekansal erişilebilirliği inceleyen analizler, (3) etkileşim ilişkilerini ağ yapılarıyla modelleyen çalışmalar ve (4) veri görselleştirme yeteneklerinden yararlanan akış haritası oluşturma araçları.

Hareketlerin nedenlerini anlamaya odaklanan çalışmalarda etkileşime yol açan etkenler sebep-sonuç ilişkileri açısından incelenir. Bu analizler belirli bir ekonometrik modele bağlı regresyon eşitlikleri oluşturarak bölgeler arasındaki hareketleri en iyi tahmin edecek bağımsız değişkenleri ortaya çıkarmayı amaçlar. Ancak regresyon analizleri aralarında hareketlilik gerçekleşen her bir merkezin karakteristiğine ve çok boyutlu özelliklerine ilişkin yeterli bilgi vermez.

Erişilebilirliği inceleyen analizlerde bir merkeze gelen/giden hareketliliğin oransal büyüklüğü tüm merkezler için karşılaştırılarak erişimin makro düzeyde bir coğrafi yorumu ortaya çıkartılır. Bu yöntemle, bir bölgenin çektiği veya kaybettiği ilgiden yola çıkılarak belirli bir hizmete erişim konusunda ne derece erişilebilir olduğu değerlendirilir. Öte yandan bu analizler bölge sayısı arttığında ve zaman boyutu dikkate alındığında merkezlerin karakteristiğini birbiriyle karşılaştırmakta zayıf kalmaktadır.

Etkileşim ilişkilerinin analizinde yerleşim yerlerini ve aralarındaki bağlantıları (akışları) birlikte incelemek için çizge kuramına dayanan ağ modelleri kullanılmaktadır. Ağ modeli, varlıkları birer düğüm, aralarındaki etkileşim ilişkilerini de bağlantı olarak ele alır. Mekanlar arası bağlantıların analiz edilmesiyle elde edilen parametreler; ağın genel yapısı, düğümlerin karakteristiği, ağdaki kümelerin tespiti ve ağın çizimi için kullanılır.

Mekansal etkileşim analizinde kullanılan diğer bir yöntem etkileşimli akış haritası üretim araçlarıdır. Akış haritası üretimi; kaynak-hedef konum çiftleri arasında gerçekleşen hareketlerin sayısal harita üzerinde otomatik/yarı otomatik gösterimidir. Akışları harita üzerinde görselleştirmek çok değişkenli ve mekansal-zamansal akışların analizi için kullanılır. Ancak çok boyutlu hareketlilik verilerinden harita gösterimlerinin oluşturulması bağlantı sayısının çokluğu ve harita düzlemindeki alanın sınırlı olmasından dolayı karmaşıktır.

Bu tezin amacı; büyük hacimli, çok boyutlu mekansal etkileşim verilerinin sistematik ve kapsamlı bir analizini yapmaktır. Bu tezde problemin kısıtlı bir versiyonuyla ilgilenmek yerine, bütüncül bir yaklaşımla, yukarıda belirtilen mekansal etkileşimi esas alan her bir tematik alana yönelik olarak literatürdeki araştırmalara katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Bu kapsamda mekansal etkileşim analizinde nedensellik, erişilebilirlik ve ağ modeli yaklaşımlarıyla ilgili özgün birer çalışma yapılırken akış haritaları üretimi konusunda ise internet tabanlı yeni bir harita üretim aracı geliştirilmiştir.

Tez kapsamında Türkiye genelinde iller arasında gerçekleşen hasta hareketleri mekansal etkileşim için örnek olay olarak ele alınmaktadır. Çalışmada kullanılan veriler 2010-2013 yılları arasındaki 48 aylık kesitler için bir ilden diğerine tedavi amacıyla giden toplam hasta sayılarını içermektedir. SGK'dan alınan veriler, araştırma dönemi için 1.2 milyardan fazla hastane başvurusuyla ilgili bilgiyi yansıtmaktadır. Hareketlilik verileri mekansal-zamansal değişimi yansıtmının yanında; hastane türü (12 tür), hizmet kademesi (3 kademe) ve tıbbi branş (120 branş) gibi öznel alanlarıyla çok boyutlu bir özelliğe sahiptir. Gözlemler zamana göre periyodik olarak ölçüldüğünden araştırmada kullanılan verilerin aynı zamanda boylamsal bir niteliği vardır.

Mekansal etkileşim örüntülerinin analizinde bütüncül yaklaşımın bir parçası olarak öncelikle örnek olay hasta hareketlerinin arkasında yatan sebepler incelenmiştir. Yapılan çalışmayla Türkiye'de hasta hareketliliğini açıklayan değişkenler tespit edilmektedir. Panel veri ve rassal etkiler modeliyle gerçekleştirilen regresyon analizinde, daha önce farklı ülkelerdeki hasta hareketlerini inceleyen araştırmalarda kullanılmış olan değişkenlerle birlikte yeni bir parametre test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; uzman doktor sayısı, sağlık altyapısı, gelir gibi değişkenlerin yanında, Türkiye'de iller arasındaki göçlerin de hasta hareketliliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.



Erişilebilirliğin ele alındığı literatürdeki çalışmalarla benzer doğrultuda gerçekleştirilen ikinci araştırmada, akış değerlerinden hizmet merkezlerinin erişilebilirlik karakteristiğinin belirlenmesi, mekansal-zamansal değişim örüntülerinin ortaya çıkarılması ve özellikle benzer grupların tespit edilmesi üzerine odaklanılmıştır. Bu çalışmada, mekansal erişilebilirliği ölçen Gandy Nomogramı, zamanla değişen hareketlilik özelliklerini ve kümeleri tespit edecek şekilde ileriye taşınmıştır. Çalışma kapsamında; (1) hizmet merkezlerinin erişilebilirlik dağılımı çıkarılmış, (2) erişilebilirliğe ilişkin zamansal değişim örüntüleri saptanmış, (3) hiyerarşik kümeleme yöntemiyle benzer gruplar ortaya çıkarılmış ve (4) örüntülerin ve grupların rastlantısal olmadığı istatistiksel testlerle doğrulanmıştır.

Ağ modelini esas alan üçüncü çalışmada, hasta hareketlilik ağı kullanılarak, mekansal kısıtlı çizge bölütleme yaklaşımıyla Türkiye’de sağlık alanında işlevsel bölgeler ortaya çıkarılmıştır. Veri güdümlü olarak tespit edilen bölgeler, Sağlık Bakanlığı'nca belirlenen mevcut bölgelerle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada ayrıca ağ modelinden elde edilen ağırlıklı kümeleme katsayısı ve modülerlik metrikleri esas alınarak, hareketlilik ağındaki zamana göre oluşan yapısal değişiklikler tanımlanmış ve öz düzenleyici haritalar ve çok değişkenli paralel koordinat çizimi kullanılarak mekansal-zamansal akış örüntüleri ortaya çıkarılmıştır. Bölgesel ve zamansal değişimlerin gözlemlendiği hareketlilik örüntüleri, çeşitli boyutlarda hizmet sunumu farklılıklarına ve arz-talep dengesizliklerine işaret etmektedir.

Tezin önemli bilimsel çıktılarında birisi de mekansal etkileşim örüntülerinin ortaya çıkarılması amacıyla geliştirilen akış haritası üretim aracıdır. İnternet tabanlı geliştirilen uygulama, çok boyutlu öznelik bilgileri içeren mekanlar arası akışların analizi için; filtreleme, ön izleme, sınıflandırma, akış çizgisi ve düğüm görselleştirme fonksiyonlarına sahiptir. Bu araç ile akışların kaynak ve hedef konumlarını etkileme potansiyeli olan mekansal dinamikleri anlamlandırma ve yorumlama mümkün hale gelmektedir. Bu ayırt edici etkiler bazı yerleşim yerlerinin özgünlüğünü ortaya koymakta ve farklı mekansal rolleri anlamakta önemli bir unsur teşkil etmektedir.

Bu tezde büyük hacimli, çok boyutlu ve karmaşık mekansal etkileşim verileri bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmekte ve literatürde kullanılan yöntem ve araçlara katkıda bulunmaktadır. Araştırma; mekansal etkileşimi açıklayan yeni bir değişkenin tespit edilmesi, çok sayıda hizmet merkezinin erişilebilirliğini mekansal-zamansal olarak analiz eden bir yöntem ortaya konulması, hasta hareketlilik örüntülerinden veri güdümlü sağlık hizmet bölgelerinin ortaya çıkarılarak yürürlükteki mevcut sağlık bölgeleriyle karşılaştırılması, mekanlar arası akış kümelerinin tespit edilmesi ve yeni bir mekansal akış haritası görselleştirme aracının geliştirilmesi gibi katkıları açısından özgün değer taşımaktadır



# **ANALYSIS OF SPATIAL INTERACTION PATTERNS USING SPATIO-TEMPORAL PATIENT MOBILITY DATA, AND DESIGNING AND DEVELOPING A FLOW MAPPING TOOL**

## **SUMMARY**

Spatial interaction (SI) is a phenomenon that refers to location-to-location movements of things. Interaction between places, which is one of the essential dynamics shaping the society and the environment, can arise from human migration, commercial activities, commodity flows, infectious diseases, information or cultural exchanges.

The analysis of SI is critical in many disciplines such as transportation, urban and regional planning, health-care etc. Detection of mobility patterns allows us to understand commonalities between things that move across space and time. This distinguishing feature enables SI data to be used in a wide range of research fields. For instance, it is of vital importance for epidemiologists to learn the speed of spread, frequency and flow direction of a pandemic epidemic. Similarly, commuting within cities are an indicator for city capacity planning and the choice of residential areas or work places.

The advancements in information communication technologies and transportation has made the world more interconnected than ever before and increased the human mobility between places. This causes multi-dimensional interactions between geographies and the more complex incomprehensible relationships. In other respects, digital transformation can also provide an opportunity to obtain data about mobility of things. Therefore, to understand the complex systems driven by SI and solving real-world problems, there is a critical need to develop advanced analysis methods and decision-making tools.

On the other hand, the analysis of big time-dependent mobility data is quite difficult due to its volume, variety and complexity. The flow data derived from interactions has spatial-temporal and longitudinal (repeating for a specific time slice) characteristics. The multi-dimensional attribute of mobilities and fluctuation of flow patterns in time and scale (e.g. national, regional, local) make the analysis of spatial interaction even more difficult.

Analysis of spatial interaction patterns can be categorized under four main themes: (1) Regression models focusing on causality relationships, (2) analyzes that reveal spatial accessibilities, 3) studies modeling interaction relationships with network graph structures, and (4) interactive flow mapping tools benefiting data/information visualization capabilities.

In studies focusing on understanding reason of mobilities, the parameters behind the interaction are examined in terms of cause-effect relationships. These researches aim to reveal independent variables that will explain the mobility between regions by creating regression equations based on a certain econometric model. However,

regression analyzes do not provide sufficient information on the features and multidimensional characteristics of all centers among which mobility occurs.

Studies that examine accessibilities, reveal a geographic interpretation of access at a macro level by comparing the proportional magnitude of in-out flows of all centers. They evaluate to what extent a region has advantage in terms of accessing to a service by considering the attraction this region has gained or lost. On the other hand, these studies are weak in comparing the characteristics of centers when the number of regions increase and considering the time dimension.

To analyze simultaneously features of space and mobilities that occur between places, graph-based network models are seen as the most suitable method. In graph theory, entities represent by nodes, and interactions between them represent by lines. Parameters obtained by analyzing spatial relationships have been using to understand the general structure of network, the characteristics of nodes, detection of communities/clusters in network, and the visualization of network.

Another method has been using in the analysis of SI is interactive flow mapping tools. Flow mapping is the automatic/semi-automatic visualization of mobilities between origin-destination pairs on map. SI visualization can be used for the analysis of multivariate and spatio-temporal flows. However, creating map views using multi-dimensional mobility data is complex due to the large number of connections and limited space on the map layout.

The aim of this thesis is to make a systematic and comprehensive analysis of big multi-dimensional spatial interaction data. In this study, instead of dealing with a limited version of the problem, it is aimed to make a contribution for each aforementioned thematic field above with a holistic approach. In this context, we have been conducted a study on each topic; causality, accessibility and spatial network model approach, and we developed a web based new flow mapping tool.

Patients mobility between provinces in Turkey at national scale considered as a case for analysis of spatial interaction data in this thesis. The data used in the study include the number of patients who traveled from one province to the other for treatment purpose during the 48-months period between Dec. 2009 and Dec. 2013. It has also a longitudinal nature since the observations repeat for a certain period. The data obtained from Turkish Social Security Institute, and reflects information about more than 1.2 billion hospital admission for the research period. In addition to reflecting spatio-temporal change, mobility data has multidimensional feature with attribute fields such as hospital types (12 types), service levels (3 levels) and medical branches (120 branches).

The reasons behind the patient mobility in Turkey have been examined as a part of our holistic approach in the analysis of SI patterns. The factors that lead the patient mobility are identified by performing the regression analysis in which the panel data and random effects models are employed. A new parameter is tested besides the previous variables used in patient mobility analysis in different studies. The obtained results reveal migration relationships between provinces in Turkey that has a significant effect on patient mobility besides other variables such as the number of specialists, per capita income, and health infrastructure.

The second study is conducted in the same direction with studies in the literature on accessibility, focuses on determining characteristics of service centers derived from in-flows/out-flows, and extracting spatio-temporal patterns/clusters. The graphical

model (Gandy Nomogram), which evaluates the accessibility of the health service regions used in the study, has been enhanced in a way to detect the changing mobility characteristics and clusters. In scope of the research; (1) accessibility distribution of service centers were extracted, (2) temporal variation of mobility patterns have been determined, (3) clusters of provinces that have similar characteristics were detected by using hierarchical clustering method, and (4) differences between patterns and clusters have been confirmed by statistical inference tests.

In the third study based on network model, using patient mobility data, the functional regions were determined for administrative health areas in Turkey by employing spatially-constrained graph partitioning approach. The regions detected by the data-driven approach have been compared to the designated regions from the Turkish Ministry of Health. In this study, the structural changes in the mobility network are determined based on the weighted clustering coefficient and modularity metrics obtained from the network model, and spatio-temporal flow patterns were detected using self-organized maps and multivariate parallel coordinate plot. The mobility patterns in which regional and temporal differences were observed, indicate differences in service provision in various dimensions and supply-demand imbalances.

One of the most important scientific outputs of the thesis is the flow mapping tool which was developed to reveal the SI patterns between places. The web-based application has advanced filtering, classification, flow line and nodes visualization functions, to gain insight from SI data which has multi-dimensional attribute. With this tool, it becomes possible to explain and interpret the spatial dynamics that have the potential to influence the origin-destination positions of the flows. These distinctive effects reveal the originality of some places and constitute an important element in understanding different spatial roles.

In this thesis, multi-dimensional and complex big spatial interaction data are analyzed with a holistic approach, and it is contributing to the methods and tools used in the literature. The research has unique value in terms of identifying a new parameter that explain the interaction between provinces in Turkey, the development of new methods in analysis of spatio-temporal accessibility for multiple service centers, uncovering the data-driven regions from mobility patterns and comparing to the existing regions, the detection of cluster of flows between spaces, and the development of a new flow mapping tool.



# 1. GİRİŞ

## 1.1 Araştırma Konusu

Önde gelen toplum bilim teorisyenlerinden Manuel Castells, 20. yüzyılda başlayan teknolojik dönüşüm ve dijital devrimin karakterini tanımlarken şehirleşmenin bilgiye ilişkin yönlerini vurgulayan teorik bir çerçeveye çizmektedir [1]. Castells, bilgi teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte varlıklar arasındaki etkileşimin yoğunluğu ve hızının artacağını ve bunun mekansal örüntüler üzerinde büyük bir etkisinin olacağını öngörmüştür. Buna göre, geleneksel *mekanların uzayı* kavramsal soyut formunun yerini *akışların uzayı* almıştır ve bireyler, ekonomi, siyasi sistemler, basın gibi hayatın her alanı, akışlardan oluşan karmaşık ve dinamik bu yeni *ağ toplumuna* göre şekillenecektir [1,2].

Geçtiğimiz son yirmi yılda mekansal bilimler, ağ bilimi, büyük veri, nesnelerin interneti gibi araştırma alanlarındaki gelişmelere bakıldığında, içinde bulunulan *bağlı dünyayı* anlamaya yardım edecek araçlar, yöntemler ve teknolojilere odaklanıldığı görülmektedir. Yeni beliren bu araştırma alanlarında genel yaklaşım varlıklardan ziyade ilişkilere odaklanmak ve çok yüksek hacimli verilerle ilgilenmektir [3]. Bu gelişmelerden dolayıdır ki ağ bilimi başlı başına bir disiplin olarak ortaya çıkmış ve *veri-güdümlü bilim* (data-driven science) kavramı, deneysel, teorik ve bilgisayar simülasyonlarından sonra dördüncü bilim paradigması olarak görülmüştür [4].

*Mekansal etkileşim analizi*, mekanlar arası akışların meydana getirdiği ilişkilere odaklanan veri-güdümlü bir araştırma alanıdır. Mekanlar arası hareket, fiziksel çevre ve insan toplumu üzerinde son derece etkilidir. İnsan, mal, para, virüs gibi somut varlıkların yanında bilgi, fikir, duygu gibi maddi olmayan unsurlar da sürekli olarak dünya üzerinde bir yerden bir yere taşınır. Dinamik sistemlerin güdümündeki bu hareketler mekansal etkileşim kavramını ortaya çıkarır ki, bu olgu birçok fiziksel ve sosyoekonomik süreci yönlendiren temel kuvvetler arasında sayılmaktadır [5].

İnsan hareketlilik örüntülerinin toplum dinamikleri ve sosyal yaşam üzerinde artan bir etkisinin olduğu gözlemlenmektedir. Büyük hacimli ve zamana bağlı hareketlilik

verisinin analizi, gerçek dünya problemleri için karar destek süreçlerinde kapsayıcı bir kavrayışa ulaşılmasına katkıda bulunur. Hareketlilik örüntülerinin saptanması, mekân ve zaman boyunca akan şeyler arasındaki ortak noktaların anlaşılmasını sağlar. Bu ayırt edici özellik, mekansal etkileşim verilerinin sağlık hizmetleri, epidemiyoloji, pandemi, demografi, şehir planlama, ulaşım, ekonomi ve acil durum yönetimi gibi geniş araştırma alanlarında ve karar verme süreçlerinde kullanılmasına imkan sunar [5]. Örneğin, yerleşim yerleri arasındaki nüfus hareketlerini analiz ederek hiyerarşik bölgeleri belirlemek [6,7] kentsel planlama amacıyla demografik değişikliklerin eğilimlerini tahmin etmek [8], olası pandemik hastalıkların yayılımıyla ilgili örüntüleri tespit etmek [9] insan hareketlilik verilerinin analiziyle gerçekleştirilebilmektedir.

Mekanlar arası insan hareketliliğine ilişkin verilerin incelendiği çalışmalardan bir bölümü nedensellik ilişkilerine odaklanmaktadır [10]. Örneğin; işyerleri ve işgücünün mekansal dağılımı arasındaki ilişki, hizmetler ile müşterilerin alışveriş için kat ettikleri mesafe arasındaki ilişkiler gibi. Burada ekonomik denge modelleri, çekim modelleri [11] veya akışların nelere bağlı olduğunu açıklamaya çalışan regresyon modelleri [12] kullanılmaktadır. Bu analizler sebep-sonuç ilişkileri açısından hareketleri belirli bir düzeyde açıklayabilir ancak aralarında etkileşim gerçekleşen noktalara ilişkin bir bilgi vermez. Sözelimi, bir ülkedeki göç ilişkileri incelenirken gözlemlenen hareketlerin bağlı olabileceği muhtemel değişkenler ve katsayıları, uygun bir model ve regresyon denkleminde açıklanabilir ancak elde edilen sonuçlar yerleşim yerlerinin hareketlilik karakteristiğini anlatmaz.

Mekanlar arası ilişkilerin analizinde regresyon modelleri dışında erişilebilirliğin analiz edildiği istatistiksel grafik gösterimler de kullanılmaktadır. Erişilebilirliği inceleyen analizlerde, niceliksel hareketlilik verileri kullanılarak erişimin makro düzeyde coğrafi bir yorumu ortaya koyulmaktadır [13]. Bu yöntemde, hizmet bölgelerinin diğer merkezlerden çektiği veya kendi bölgesinde tutamadığı sakinlerin/müşterilerin sayısı/oranı kullanılarak belirli bir hizmete erişmek için insanların ne derecede buldukları bölge sınırları dışına çıkmak zorunda olduğu ölçülür [13]. Bu bağlamda, genel varsayım, kendi bölgelerinde hizmet alan insanların yüzdesi ne kadar yüksek ise yerel erişimin o kadar arttığı yönündedir. Öte yandan bu grafik araçlar bölge sayısı ve zaman boyutunun çözünürlüğü arttığında coğrafi düğümlerin karakteristiğini yansıtmakta zayıf kalmaktadır.



Etkileşim ilişkilerinin analizinde hem yerleşim yerlerine hem de aralarındaki bağlantılara aynı anda odaklanmak için çizge kuramına dayanan ağ modelleri kullanılmaktadır. Ağda varlıklar düğüm, aralarındaki ilişkiler de bağlantı olarak tanımlanıp düğüm (nokta) ve bağlantılardan oluşan çizgeler oluşturulur [14]. Ağ elemanları arasındaki etkileşimin yönü, büyüklüğü, gelen-giden bağlantı sayısı gibi değerlerle ağın genel yapısına, düğümlerin karakteristiğine, ağdaki kümelerin yapısına ilişkin metrikler hesaplanır. Bu metrikler kullanılarak düğümlerin birbirlerine göre uzaklığı belirlenir ve bilgisayar ekranında iki veya üç boyutlu bir düzlem üzerinde görselleştirir.

Ağ modeliyle gerçek dünyadaki birçok karmaşık ilişkinin analizi, sosyal grupların/toplulukların tespit edilmesi mümkündür. Sosyal ağ modelinde sıkı bağlantılı varlıklar grafik gösterimde birbirlerine yaklaştırılarak görselleştirilir. Ağ çizim alanında düğümler arasındaki mesafe, aralarındaki ilişkinin ağırlığına bağlı olarak belirlenir. Öte yandan mekanlar arası ilişkiler ağ modeliyle görselleştirildiğinde varlıkların coğrafi konum bilgileri ve komşuluk ilişkileri ortadan kalkmaktadır.

Etkileşim örüntülerinin görselleştirme yoluyla analizinde kullanılan diğer bir yöntem ise akış haritalarıdır. Akış haritası oluşturma kaynak-hedef konum çiftleri arasında gerçekleşen bir hareketliliği harita üzerinde kartografik yöntemlerle görselleştirme işlemidir. Hareketlilik verilerinden elde edilen akış bilgisini harita üzerinde göstermek, çok değişkenli ve mekansal-zamansal akışların analizi için kullanılabilir. Ancak zamansal değişim ve çok boyutlu özellikler söz konusu olduğunda harita çizim düzlemi karmaşıklaşır. Akış haritası literatüründe, küçük alan ve karmaşıklık (cluttering) problemi olarak ele alınan bu husus haritanın sunulacağı ortamın boyutu ve gösterilecek bağlantı sayısının çokluğu etrafında döner [5]. Bu problemten dolayıdır ki yer aldığı ana disiplindeki diğer gelişmelerle karşılaştırıldığında akış haritalarının tasarımında kullanılan yöntem ve araçlar yakın zamana kadar değişiklik göstermemiştir [15]. Bilgisayar ortamında geliştirilen araçlar genel olarak harita görselleştirmede yaşanan karmaşıklık ve küçük sunum alanı problemiyle ilgilenmektedir. Bunun yanında uygulamaların sahip olduğu kısıtlı yetenekler nitelikli bir görselleştirmenin geliştirilmesine engel olmaktadır. Harita akış tasarımında kullanılabilecek filtreleme, genelleştirme, normalleştirme, kümeleme gibi yöntemler bu alanda geliştirilen bilgisayar uygulamalarına yeterince yansımamıştır [16].

## 1.2 Tezin Amacı

Mekansal etkileşim örüntülerinin analizinde kullanılan Bölüm 1.1’de söz edilen dört temel yaklaşım şu şekilde özetlenebilir:

- Nedensellik ilişkilerine odaklanan regresyon modelleri
- Mekansal erişilebilirliği inceleyen çalışmalar
- Etkileşim ilişkilerini analiz eden ağ modelleri
- Akış haritası tasarımı ve üretimi çalışmaları

Bu temel yaklaşımların her biri problemin kısıtlı bir versiyonuyla ilgilenmekte ve çoğu zaman etkileşim ilişkilerini içeren verilerin boyutu ve karmaşıklığı arttığında mekansal analiz daha da zorlaşmaktadır.

Bu tezin amacı; çok boyutlu büyük hacimli mekansal etkileşim verilerinin sistematik ve kapsamlı bir analizini yapmaktır. Bu tezde problemin kısıtlı bir versiyonuyla ilgilenmek yerine, bütüncül bir yaklaşımla, yukarıda belirtilen her bir spesifik amaca yönelik olarak mekansal etkileşim örüntülerinin analizine katkıda bulunan yöntemlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

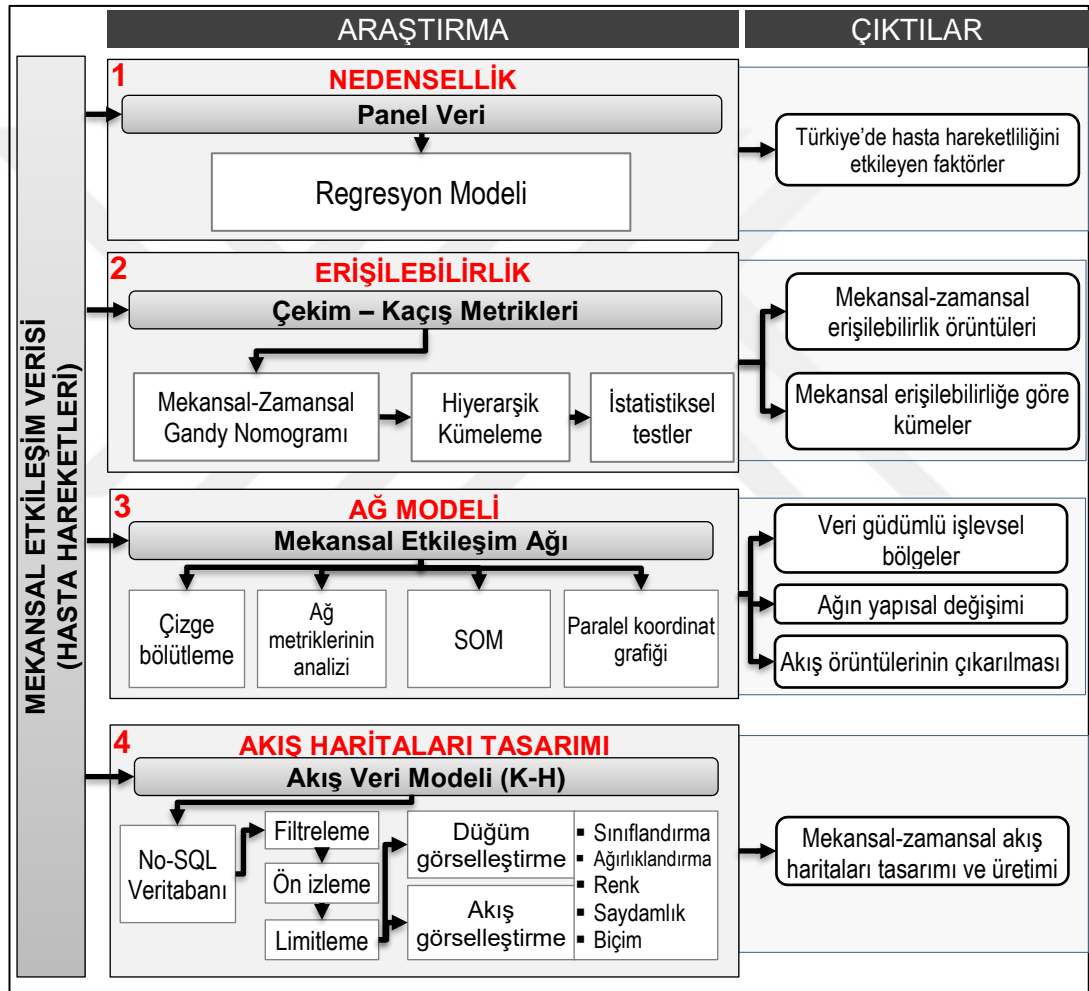
Bu amaçla;

- Mekansal etkileşim örüntülerinin analizini ele alan nedensellik, erişilebilirlik ve ağ modeli yaklaşımlarında kullanılan yöntem ve araçları ileriye taşıyarak büyük hacimli boylamsal hasta hareketliliği verilerinin sistematik ve kapsamlı bir analizinin yapılması,
- Mekansal etkileşim örüntülerinin kapsamlı bir şekilde incelenmesi için akış haritaları tasarımı ve üretimine yönelik yeni bir mekansal veri görselleştirme aracının geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Geliştirilen yöntem ve araçlarla; hareketlilik örüntülerinin ve nedenlerinin ortaya konulması, mekansal etkileşim verileri kullanılarak hizmet merkezlerinin erişilebilirlik karakteristiklerinin belirlenmesi, işlevsel hizmet bölgelerinin çıkarılması ve mekansal etkileşim örüntülerini daha iyi anlamak için gelişmiş yeteneklere sahip bir mekansal veri görselleştirme aracının geliştirilmesi sağlanmaktadır.

### 1.3 Tez Düzeni ve Genel Kurgu

Bu tez, mekansal etkileşim örüntülerinin farklı yöntem ve yaklaşımlarla analiz edildiği dört ayrı çalışmayı içeren dört ana bölümden oluşmaktadır. Giriş ve sonuç bölümü arasında yer alan bu ana bölümler, araştırma konusu açısından birbirini tamamlamaktadır. Şekil 1.1’de tez kapsamında gerçekleştirilen araştırmalar ve çıktılara ilişkin özet akış diyagramı verilmiştir. Buna göre hasta hareketleri veri kaynağı kullanılarak gerçekleştirilen dört ayrı araştırma, kullanılan yöntemler ve çıktıları açısından birbirini tamamlamaktadır.



Şekil 1.1 : Tez kapsamında gerçekleştirilen araştırmalar ve çıktıları.

Tezde ele alınan örnek olayda hasta hareketliliği verilerinden çıkarılan mekansal etkileşim örüntülerinin analiz edilmesi ve hizmet dağılımının anlaşılmasında kullanılan farklı perspektiflerin bütünsel bir anlayışla bir araya getirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında Türkiye genelindeki hasta hareketliliğini analiz etmenin yanında karar alıcıların bu hareketlilik örüntülerini tespit etmelerini

kolaylaştıracak yöntemler ve araçlar geliştirilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında veri güdümlü işlevsel sağlık bölgeleri ortaya çıkarılmış ve hasta hareketliliğinin ulusal düzeydeki yapısal özellikleri belirlenmiştir.

Tez metninde yer alan bölümler şu şekilde organize edilmiştir: Birinci bölümde (Giriş) tez konusu, amacı, tez düzeni ve genel kurgusu ile örnek olay hasta hareketleri verilerine ilişkin ayrıntılı bilgi verilmektedir.

İkinci bölüm (Akışların Nedenlerini Anlamak, Hasta Hareketlerini Açıklayan Değişkenler) tezdeki ana çalışmaların ilkidir. Mekansal etkileşim örüntülerini nedensellik ilişkileri açısından ele almaktadır. Türkiye’de hasta hareketlerinin bağlı olduğu faktörleri panel veri analiziyle incelemektedir.

Üçüncü bölümde (Gandy Nomogramı ve Hiyerarşik Kümelemeyle Mekansal Erişilebilirlik Örüntülerinin Ortaya Çıkarılması), şehirler arası insan hareketleri analiz edilerek hizmetlere erişilebilirliğe ilişkin örüntülerin ortaya çıkarıldığı bir çalışma yer almaktadır. Bu bölümde ilgili literatüre ilişkin bilgi verilmekte, Türkiye’de sağlık sistemi incelenmekte, çalışmada kullanılan hasta hareketleri parametreleri, verileri ve yöntemleri açıklanmakta, mekansal-zamansal hareketlilik örüntüleri, kümeleme sonuçları ve istatistiksel analizlere ilişkin bulgular tartışılmaktadır.

Dördüncü bölümde (Mekansal Etkileşim Ağlarıyla İşlevsel Bölgelerin ve Akış Örüntülerinin Ortaya Çıkarılması), mekansal etkileşim ilişkilerinin ağ modeliyle ele alındığı kapsamlı bir çalışma yer almaktadır. Çok değişkenli mekansal-zamansal hareketlilik kalıplarının ortaya çıkarılması, hareketlilik verilerinden veri güdümlü ideal hizmet bölgelerinin tespit edilmesi gibi alt araştırmaların yer aldığı bu ana bölümdeki bulgular üç alt başlık altında incelenmektedir.

Beşinci bölümde (Mekansal Etkileşim Görselleştirme Aracı), mekansal etkileşim örüntülerinin görselleştirilmesi amacıyla tez kapsamında geliştirilen akış haritası tasarımı ve üretimi aracı hakkında bilgi verilmektedir. Bölüm içerisinde akış görselleştirmenin tarihçesi, akış veri modeli, tasarım prensipleri tartışılmakta ve geliştirilen yazılımın sahip olduğu fonksiyonlara ilişkin detaylı bilgi verilmektedir.

Altıncı bölüm (Sonuç ve Öneriler), tezde yer alan dört ana bölümde yapılan çalışmaların sonuçlarını bütünsel olarak ele almaktadır. Ayrıca mekansal etkileşim örüntülerinin analizinde ileride yapılabilecek çalışmalara ilişkin öneriler geliştirilmektedir.

## 1.4 Örnek Olay ve Veri

Türkiye genelinde iller arasında sağlık hizmetlerine erişim amacıyla gerçekleşen hasta hareketleri bu tezde mekansal etkileşim için örnek olay olarak ele alınmaktadır. Mekansal etkileşim olgusunun karar verme süreçlerinde kullanılabileceği önemli alanlardan biri de sağlık hizmetleridir. Bir sağlık sisteminde hasta hareketliliğinin mekansal ve zamansal örüntülerini izlemek ve analiz etmek, sağlık hizmet bölgeleri arasındaki etkinliğin değerlendirilmesi için kritik bir öneme sahiptir. Kalite standartlarını ve etkinliğini değerlendirmek için sağlık hizmet bölgeleri arasındaki hasta hareketliliği verileri iyi bir temsili göstergeci. Hasta hareketliliğindeki mekansal ve zamansal değişimleri belirlemek ve arz-talep arasındaki dengesizlikleri ortaya çıkarmak hareketlilik davranışlarındaki değişikliklerin saptanmasına ve dolayısıyla politika geliştirme süreçlerine yardımcı olmaktadır [17].

Günümüzde insanlar sağlıkla ilgili bilgilere her zamankinden daha hızlı erişebilme olanağına ve sağlık hizmetlerinde daha fazla kalite beklentisine sahiptirler. Sağlık sigortası alanında birçok alternatif sunan sosyal güvenlik sistemleri hastalara; bölgeler, ülkeler ve hatta kıtalar arası geçiş imkânı sunar. Örneğin, Avrupa Birliği (AB) Adalet Mahkemesi tarafından verilen bazı kararlar, AB vatandaşlarının sınır ötesi sağlık hizmet hakkını genişletmiştir [18,19]. Söz konusu düzenleme, hastaların kendi ülkeleri dışındaki AB ülkelerinde sağlık hizmeti alabilmelerine olanak tanımıştır. Bu ve benzer gelişmeler, bölgeler, ülkeler ve hatta kıtalar arasındaki hasta hareketliliğinde artışa neden olmaktadır.

Bu çalışmada mekansal etkileşime örnek olarak ele alınan Türkiye ulusal hasta hareketleri, kamu büyük veri kaynaklarından elde edilmiştir. Son yıllarda Türkiye’de sağlık sektörü tıbbi kayıtların sayısallaştırılmasında önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Bunun yanı sıra kamu otoriteleri kişisel verileri içermeyecek şekilde gerekli anonimleştirme işlemlerinden sonra sağlık sistemine ilişkin verileri araştırmacıların kullanımına açabilmektedir.

Bu tezde kullanılan Türkiye ulusal hasta hareketleri verileri SGK’dan temin edilmiştir. Çalışmada hasta kişisel verileri veya doğrudan hastane kayıtları kullanılmamıştır. İller arasındaki hasta hareketliliği sayıları, ayrıntılı bir veri formatı kullanılarak SGK’dan gerekli yasal prosedürler izlenerek, hasta ve kurumsal gizliliği korumak suretiyle alınmıştır. Veri talebi SGK Veri Paylaşımı Komitesi tarafından 01/15/2014 tarih,

2014/146 referans numarasıyla onaylanmıştır. Çalışmamızda insan denek kullanılmamıştır.

Bu araştırmada kullanılan veriler, aylık bazda kaynak il ve hedef il bilgisine göre sağlık kuruluşlarına kabul edilen hasta sayısını içermektedir. Veriler, 81 ilin tamamı için iller arasındaki hasta hareketlilik bilgilerini içeren toplam satırlarından oluşur. Çalışma Aralık 2009'dan başlamak üzere Aralık 2013'e kadar olan 4 yıllık dönemi kapsamaktadır. Kullanılan veriler; hastaların ikamet yerleri ve tedavi başvurusunda buldukları hastanelerin konumları esas alınarak hazırlanmış, hizmet sunucusu kurum türü, sağlık kademesi ve başvuru tıbbi branşa ilişkin çok değişkenli öznitelik bilgilerini içermektedir (Çizelge 1.1).

**Çizelge 1.1 : Hasta hareketleri verileri öznitelikleri.**

<b>Zaman Periyodu</b>	Aralık 2009 – Aralık 2013 (48 ay)
<b>Kaynak</b>	Hastaların ilçe seviyesindeki ikamet yeri
<b>Hedef</b>	Sağlık merkezinin il seviyesindeki bulunduğu yer
<b>Akış öznitelikleri</b>	<b>Kurum türü</b> Kamu, özel ve üniversite ayrımını da içeren 12 ayrı hastane kurum türü
	<b>Hizmet kademesi</b> Birinci, ikinci ve üçüncü kademe bilgisi
	<b>Tıbbi branş</b> 120 ayrı tıbbi branş türü

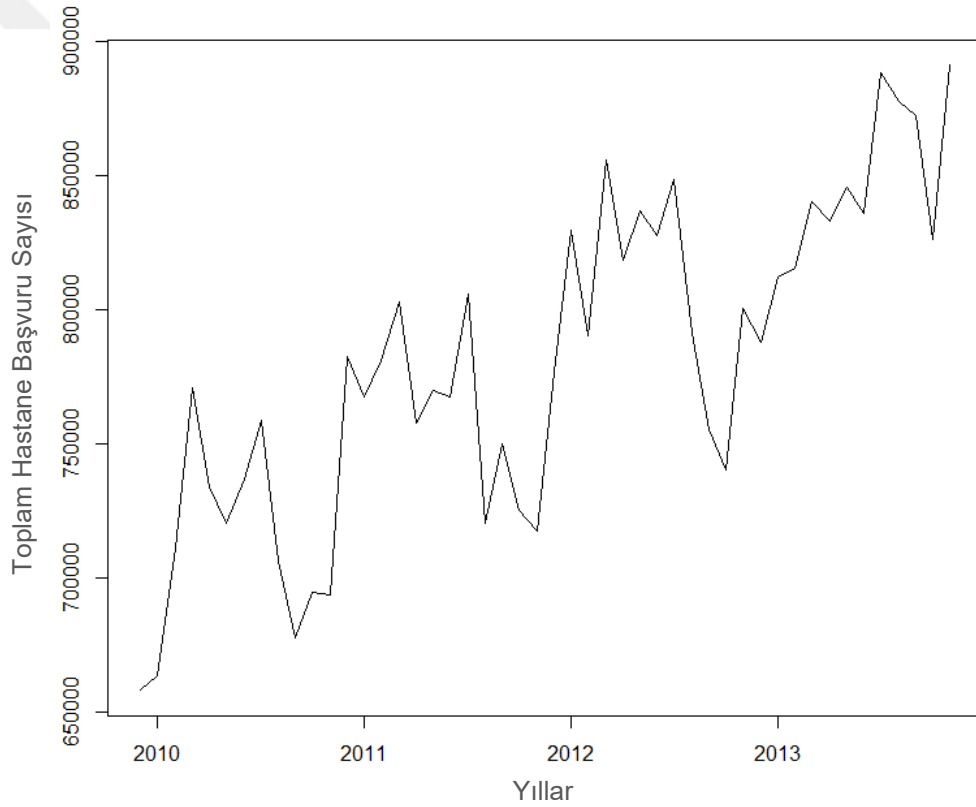
SGK provizyon kayıt sisteminden çıkarılmış olan veriler, araştırma dönemi zarfında gerçekleştirilen 1.2 milyardan fazla hastane başvurusuyla ilgili bilgiyi yansıtmaktadır. Metin dosyası formatından oluşan veriler belirli bir özniteliğe göre bir ilden diğerine giden hasta başvuru sayısını veren tablo satırlarından oluşmaktadır. Veriler yaklaşık 37 milyon satırdan oluşmakta ve 3.7 GB boyutundadır. Çalışmada kullanılan verilerin %11'inde kaynak il bilgisi mevcut değildir. Bu eksik verilerin ulusal adres veri tabanında kaydı bulunmayanlardan veya sınır ötesi tıbbi turizm için gelen, Türkiye Cumhuriyeti vatandaşlığı olmayan hastalardan oluştuğu değerlendirilmektedir.

Çizelge 1.2'de çalışma dönemi içerisinde hastanelere yapılan toplam başvuru sayısı ve hasta hareketliliğine ilişkin bilgiler verilmektedir. Sağlık reformundan sonra hastanelere kabul sayısı çarpıcı biçimde artmış ve aynı zamanda Türkiye'de hasta hareketliliği sayısal olarak yükselmiştir.

**Çizelge 1.2 : Hastane başvuruları ve yıllara göre hasta hareketliliği.**

Dönem	Toplam Başvuru	Hareketlilik Sayısı	Hareketlilik Oranı (%)
Ara.2009-Kas.2010	251 630 100	32 843 706	13.05
Ara.2010-Kas.2011	292 626 833	36 407 051	12.44
Ara.2011-Kas.2012	355 843 020	41 755 845	11.73
Ara.2012-Kas.2013	372 586 211	43 772 750	11.75

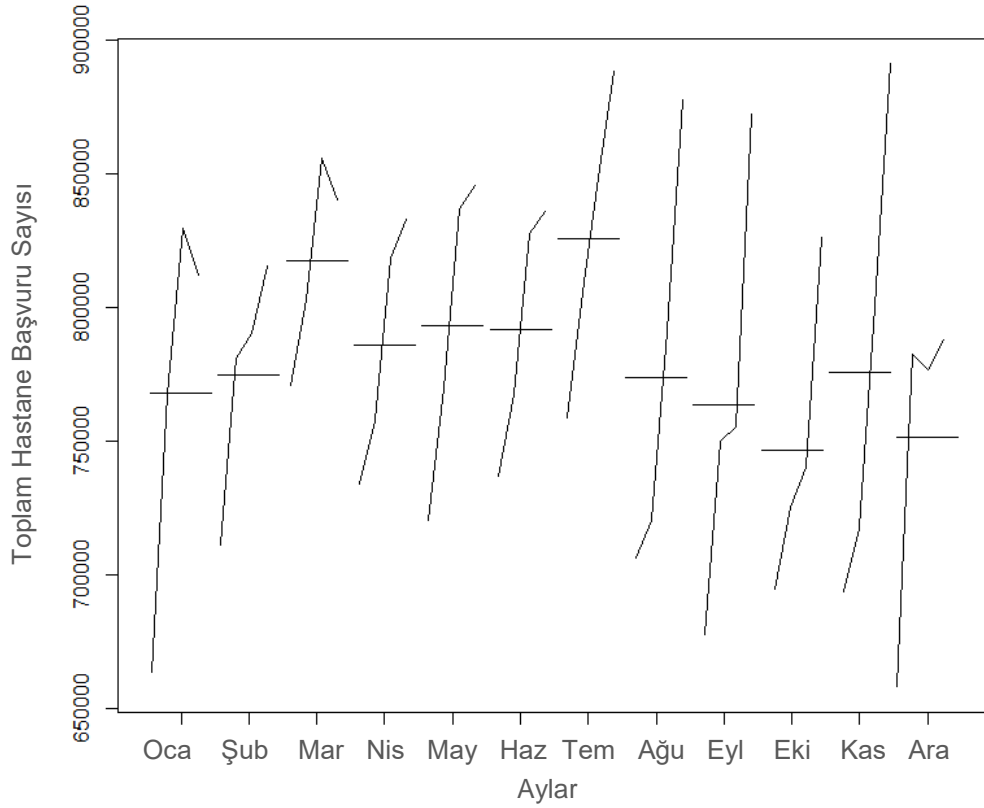
Bu araştırmada incelenen 4 yıllık dönem içerisinde Türkiye’de hasta hareketliliği 2010 yılından sonra hacim olarak artsa da oran olarak düşme eğilimindedir. Öte yandan iller arasındaki hasta hareketliliğinin hacmi, mevsimsel dalgalanmalar ve yüksek artışlarla birlikte artan bir eğilim izlemektedir (Şekil 1.2).



**Şekil 1.2 : Hasta hareketliliği, yıllık değişim.**

Şekil 1.3, dört yıllık araştırma periyodu boyunca aylık toplam hareketlilik hacmini dikey çizgiler kullanarak göstermektedir. Her bir dikey çizgi, bulunduğu ayın dört yıllık periyodundaki gözlemlerin doğrusal temsildir. Yatay kesit çizgileri dört yıllık dönemin ortalamasını temsil etmektedir. İlkbahar ve yaz ayları, sonbahar ve kış aylarından daha fazla hareketlilik sergilemektedir. Mart ve Temmuz en yoğun

dönemleri temsil ederken, Ekim ve Aralık dört yıllık dönemde en düşük hasta hareketliliğini göstermektedir.



**Şekil 1.3 :** Hasta hareketliliği, aylık ortalamalar.



## **2. AKIŞLARIN NEDENLERİNİ ANLAMAK, HASTA HAREKETLERİNİ AÇIKLAYAN DEĞİŞKENLER**

Bu bölümde mekansal etkileşim analizinde nedensellik ilişkilerini araştıran geleneksel bir yaklaşımla, belirli bir hareketlilik örüntüsünü açıklayan değişkenler incelenmektedir. Hareketlilik olgusu bir motivasyonun sonucu olarak kabul edilip nelere bağlı olduğu kurulan istatistiksel modellerle açıklanmaktadır.

Çalışmada Türkiye genelinde Aralık 2009 - Aralık 2013 döneminde iller arasında gerçekleşen hasta hareketleri verileri kullanılmıştır. Belirli branşlar için yapılan analizde, literatürde yer alan benzer çalışmalardan farklı olarak, iller arasındaki göç etkileşimiyle ortaya çıkan memleket ilişkileri ve iller arası komşuluk etkisi gibi parametreler dikkate alınarak hasta hareketlerini etkileyen değişkenler yorumlanmaktadır.

### **2.1 Giriş**

İnsanlar sağlık hizmetleri alırken hastalıklarının ciddiyetine, maddi durumlarına ve bu konuda sahip oldukları bilinç düzeylerine göre karar vermektedirler. Öte yandan tedavi kuruluşunun kalitesi, hastanın ikamet ettiği yere uzaklığı, uygun branşta ve tecrübeye uzman doktorun olup olmaması, sağlık sigortasının tedavi masraflarını karşılayıp karşılamadığı tercihlerini etkileyen dış etmenler olarak sayılabilir. Hasta hareketlerini tetikleyen olguların arasında hastaların kendi tercihlerinin yanında sağlık sisteminin hizmet organizasyonu, kurallar ve politikalar da etkili olabilmektedir (yapısal reformlar, yeni yasal düzenlemeler, hastanelerin konumları, servislerin dağılımı vb.).

Özelleşmiş (ihtisas) sağlık hizmetlerinin sunumunda yetişmiş insan kaynağı, araştırma merkezleri, fiziki ve teknolojik altyapı gereksinimleri ve mali kaynak ihtiyacının olması dezavantajlı bölgelerde bu hizmetlerin sunumunu olanaksız kılmaktadır. Bu durum hastaların uzun mesafe kat edip buldukları bölgeler dışında tedavi olmalarına, yani hasta hareketlerine yol açmaktadır.

Hasta hareketleri sağlık ekonomisi alanındaki analizlerde açıklayıcı bir değişken olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar genelde sektördeki değişikliklerin nasıl

sonuçlar getirdiğine odaklanmakta ve hasta hareketine yol açan sebepleri incelemektedir. Hasta hareketleri, sağlık hizmetlerinin kalitesinin değerlendirilmesi açısından bağımlı bir değerşken olarak, çoğu İtalya adresli araştırmalar olmak üzere, birçok çalışmada kullanılmıştır [20-24]. Hasta hareketlerini açıklayan bağımsız değerşkenlere bakıldığında genellikle hizmet kalitesi ve sağlık altyapısı zayıf yerlerden gll yerlere hasta akışının olduğu tespit edilmektedir. Bu durum, yapısal eşitsizliklerin bölgesel farklılıkları beslediği ve geri kalmış bölgeler açısından bir kısır döngü oluşturduğu şeklinde yorumlanır. lke genelinde hastalara her yerde tedavi hakkı veren yeni serbestlik politikalarının, özellikle kendi bütçesine sahip otonom bölgelere bölünmüş ülkelerde, sosyal güvenlik sistemi ve sağlık giderleri açısından bölgelerin aleyhine bir sonuç doğurduğu vurgulanmıştır [25].

Bu araştırmanın amacı Türkiye illeri arasında gerçekleşen hasta hareketlerinin arkasında yatan faktörleri belirlemektir. Bu çalışmada bağımsız değerşken olarak sadece sağlık altyapısıyla ilgili değerşkenler değil, sosyoekonomik, demografik ve coğrafi (komşuluk, g) değerşkenler de hasta hareketliliğini analiz etmek için dikkate alınmaktadır. Böylece sağlık altyapısı ve sosyoekonomik farklılıklarla birlikte güç ilişkilerinin de hareketlilik üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi olanaklı hale gelmektedir.

Bu çalışmada varlıklar arasındaki ilişkilerin tahmininde kullanılan uyarlanmış çekim modeli (modified gravity model) temel alınmıştır. ekim modelleri, hizmet sunum merkezleri ile potansiyel tüketicilerin yerleşim yerleri gibi iki bölge arasındaki akışları veya hareketleri inceler. Bu modelin denklemini, Newton'un yerçekimi kanununa dayanmaktadır. ekim modeli, hizmet bölgelerine erişilebilirliği ölçerken mesafeyle ters orantılı olarak erişim olasılığının düşmesini esas alması nedeniyle mekansal erişimi ölçmenin en güvenilir yöntemi olduğu değerlendirilmektedir [26].

Buna ek olarak, bölgeler arasında gerçekleşen hasta hareketlerini inceleyen literatürdeki çalışmalarla benzer değerşkenlerle birlikte yeni parametreler kullanılmıştır. Böylece bir yandan regresyondan elde edilen sonuçların literatürle karşılaştırılabilir olması sağlanmakta diğer yandan yeni açıklayıcı değerşkenlerin hasta hareketliliği üzerindeki etkisi incelenerek literatüre katkıda bulunulmaktadır [27].

## 2.2 Türk Sağlık Sistemindeki Yapısal Değişim

Sağlık hizmetlerinde mekansal farklılıklar için en önemli göstergelerden biri kaynakların (hastaneler, ekipmanlar, uzman sağlık personeli vb.) bir ülkedeki yerleşim yerleri arasındaki dağılımıdır. Kamu desteğini arttırmak için, hükümetlerin birincil amacı, bölgeler arasında mümkün oldukça yakın standartlarda sağlık hizmetlerine erişimi sağlamaktır. Fakat bu noktada, politika yapıcıları zor bir karar bekler; kaynakların dağılımı nasıl yapılacaktır? Sağlık hizmetlerinin etkinliği ile hizmetlere erişim arasında bir denge sağlanması gerekmektedir. Bütün hastaların aynı kalitede sağlık hizmetini alması idealdir, öte yandan sağlık kaynakları sınırlı durumdadır [28].

Yeni hastaneler kurmak ve yeni uzmanlar yetiştirmek zaman alacağından, kısa vadede arz tarafındaki sağlık hizmet kaynaklarını büyütme zordur. Bununla birlikte, sağlık çalışanları için performans dayalı ödeme sisteminin geliştirilmesi [29], özel sağlık merkezlerinin yaygınlaştırılması [30] gibi düzenlemeler sağlık hizmetlerinde verimliliği ve hizmetlere erişimi artırmayı sağlayabilmektedir.

Sağlık hizmetlerine erişimi geliştirmek amacıyla talep tarafında da bazı düzenlemeler yapılabilmektedir. Örneğin, hastalara sağlık sigortası kapsamı veya ikamet yerlerinden bağımsız olarak tedavi merkezini veya doktorunu seçme hakkı verilmesi, sağlık hizmetlerine erişilebilirliğin artırılmasını sağlamaktadır [31]. Öte yandan dezavantajlı grupların sağlık hizmetlerine erişimindeki eşitsizlikleri gidermek için sigorta kapsamı, hizmet sunum sistemi ve diğer dış etkenleri de dikkate alan politikalar geliştirilmesi gerekmektedir [32].

1990'lı yıllarda Türk sağlık sisteminde göze çarpan önemli sorunlar; sigorta kapsamındaki farklılıklar, hastanelerin ve sağlık çalışanlarının yetersizliği, randevu almakta karşılaşılan zorluklar, tıbbi muayeneler için uzun süre bekleme süreleri ve sağlık hizmetlerine erişimde eşitsizliklerdir [33]. Bu dönemde özel sektör çalışanları, bağımsız çalışanlar ve memurlar için Sosyal Sigortalar Kurumu (SSK), Bağımsız Çalışanlar Sosyal Sigortalar Kurumu (BAĞ-KUR) ve Emekli Sandığı olarak üç farklı sigorta kapsamı bulunmaktaydı. Sağlık hizmet sunucuları açısından ise bazı hastaneler Sağlık Bakanlığı tarafından yönetilirken, diğerleri Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığına bağlıydı. Sigorta kuruluşları ve hastaneler arasında koordinasyonsuzluk gibi nedenlerle bu yıllarda vatandaşların sağlık hizmetleri ile ilgili memnuniyetsizliği yüksekti [34].

Sağlık hizmetleri ile ilgili memnuniyetsizliği artıran bir diğer faktör, 2000’li yılların başlarına kadar uygulanan sevk zinciri sistemidir. Bu dönemde, çalışanlar ve bakmakla yükümlü oldukları kişiler acil durum haricinde üst kademe bir hastaneye gitmek için yerel hastaneden aldıkları hasta sevk belgesini ibraz etmek zorundaydılar. Ayrıca bu şekilde sadece hasta sevk belgesinde yazılı olan bir hastaneye gidebilirlerdi. Sevk belgesi olmayan veya herhangi bir sigorta kuruluşunca kapsanmayan biri tüm masraflarını kendisi ödemek zorundaydı.

Türk sağlık sisteminde 2000’li yılların başında acil eylem planları kapsamında birçok reform gerçekleştirilmiştir. Sosyal güvenlik sistemi ve sağlık hizmet sunumunda eşgüdümün sağlanması için 2005 yılında tüm kamu hastaneleri Sağlık Bakanlığına devredilmiş ve üç farklı sağlık sigortası kuruluşu (SSK, Emekli Sandığı ve BAĞ-KUR) Sosyal Güvenlik Kurumu altında birleştirilmiştir. Sağlık hizmetlerine erişilebilirliğin artırılması için 2007’de zorunlu hasta sevk belgesi uygulaması kaldırılmıştır. Bu düzenlemeyle vatandaşların hastaneler arasında herhangi bir hiyerarşik sevk zincirini izlemeden istedikleri hastaneye doğrudan başvurabilmeleri sağlanmıştır. Böylece genel sağlık sigortası kapsamında olan bir vatandaş hasta sevk belgesi olmaksızın doğrudan ikinci veya üçüncü basamak kamu sağlık merkezine başvurabilmektedir. Yeni düzenlemelerle hastalar, herhangi bir kısıtlama olmaksızın ikamet ettikleri illerinin dışındaki bir hastaneye de başvurma hakkına sahip olmuşlardır [35].

Türk sağlık sistemindeki bir başka politika değişikliği de özel sağlık kuruluşlarıyla ilgilidir. Genel sağlık sigortasına sahip vatandaşların belirli bir oranda ekstra ödeme yaparak özel hastanelerden de hizmet alabilmelerinin yolu açılmıştır. Bu düzenlemenin hasta hareketliliği üzerinde iki farklı etkisinin olması beklenebilir. Hastalar daha iyi sağlık hizmeti için fark ücreti ödemediği diğer illerdeki gelişmiş kamu hastanelerine gitmeyi tercih edebilirler veya bir miktar fark ücretiyle kendi illerindeki özel hastanelere gidebilirler.

Tüm bu uygulamalarla birlikte Türkiye’de hastaların tedavi başvuru sayısında büyük bir artış gözlemlenmektedir [36]. Zorunlu hasta sevk belgesinin ortadan kaldırılması ve diğer reformlar, sağlık hizmetleri ile ilgili memnuniyet seviyesini arttırmıştır. 2003 yılında genel sağlık hizmetlerinden memnuniyet % 39.5 iken 2011’de bu oran yaklaşık % 76’dır [37].

### 2.3 Literatür

Geleneksel sağlık ekonomisi varsayımlarının geçerli olduğu düşünülürse, hastaların ikamet yerlerinde tedavi olmayı tercih etmeleri beklenir. Bununla birlikte, teknoloji ve sosyal çevrelerinden sağlık hizmetleri olanaklarına ilişkin daha fazla bilgi edinen vatandaşlar bölgesel, hatta ulusal veya uluslararası düzeyde en iyi sağlık hizmetlerini almak için hastaneler veya uzman doktorlar konusunda seçim yapar duruma gelmişlerdir [22]. Türkiye örneğinde, 2013 yılı itibariyle yaklaşık 43 milyon tedavi başvurusu (tüm başvurularının % 11'i) her yıl yerleşim bölgelerinin dışında ikinci veya üçüncü basamak sağlık kuruluşlarına yapılmaktadır [36].

Sağlık hareketliliği, arkasında bulunan motivasyona göre dört ana başlıkta toplanabilir [24]. (1) Programlı hasta kabulü; bölge dışındaki yüksek ihtisas hastanelerine önceden planlanmış olağan başvurular. (2) Rastgele hareketlilik; hastaların başka nedenlerle (örneğin, iş, tatil, seyahat vb.) şehir dışındayken yaptığı başvurular. (3) Sınır hareketliliği; büyük veya daha gelişmiş illerle olan etkileşimden kaynaklanan tedavi başvuruları. (4) İhtiyaca dayalı, uzmanlaşmış sağlık hizmetleri eksikliği nedeniyle (örneğin; daha gelişmiş sağlık ekipmanlar veya daha tecrübeli uzman doktorlar) bir arayıştan dolayı yapılan başvurular.

Bölgesel veya ulusal hasta hareketleri üzerine yapılan araştırmalarda, hastaların ikamet yerleri dışında kalan herhangi bir sağlık kuruluşuna başvuru sebebi olarak birçok sebep gösterilmektedir. Bunlardan bazıları; uzun bekleme süreleri [38,39], doktorların tecrübesiz olması, bulunduğu yerdeki hastanelerden daha önce olumsuz deneyim sahibi olması, sağlık hizmet kalitesi [20], hastane / uzman doktor sayısı, yatak sayısı, gelişmiş sağlık teknolojileri, uzmanlaşmış merkezlerin bulunmaması, güvensizlik, sağlık merkezlerinin konfor ve temizliği [24] şeklinde sıralanmaktadır.

### 2.4 Veri Kapsamı

Türk sağlık sisteminde hastane veya uzman doktor seçme 2007'den bu yana hasta tercihlerine bırakıldığından, uygulamanın etkisini daha iyi tespit edebilmek için 2010 sonrası dönem analiz edilmiştir. Bu çalışmada Aralık 2009-Aralık 2013 dönemi arasında Türkiye genelinde kendi ikamet ili dışında bir ildeki sağlık hizmet sunucularına başvuran hasta sayıları, diğer bir ifadeyle hasta hareketleri verileri

kullanılmıştır. Verilere ilişkin ayrıntılı açıklama “Bölüm 1.3. Örnek Olay ve Veri” bölümünde sunulmaktadır.

Araştırmanın bu bölümünde kardiyoloji, çocuk (pediatric), kadın hastalıkları ve doğum (gynecology and obstetrics) ve iç hastalıkları branşlarına odaklanılmaktadır. Veri setinde Sağlık Bakanlığı tarafından tanımlanan 120'den fazla klinik ve alt branşlar olmasına karşın, bu çalışmada en yaygın olan ve hastalık yükünü en geniş anlamda temsil edebilecek dört klinik seçilmiştir.

Çalışma kapsamında SGK'dan alınan hasta hareketleri verileri yanında, 2010-2013 yılları için Sağlık Bakanlığı veri kaynaklarından alınan il düzeyinde uzman doktor ve hastane sayısı istatistikleri ile TÜİK'ten alınan nüfus, göç, iller arası mesafe ve kişi başına düşen gelir verileri kullanılmaktadır. Değişkenlere ilişkin tanımlamalar Çizelge 2.1'de sunulmuştur.

**Çizelge 2.1 : Panel veri analizinde kullanılan değişkenler.**

Değişken	Tanımlama	Değişken türü	Kaynak
$m_{ij}$	$i$ ve $j$ illeri arasındaki net hasta hareketi farkı ( $i \neq j$ ).	Sürekli	SGK
$uzman_{ij}$	$i$ ve $j$ illeri arasındaki net hasta başına uzman doktor sayısı farkı ( $i \neq j$ ).	Sürekli	Sağlık Bakanlığı
$hastane_{ij}$	$i$ ve $j$ illeri arasındaki net hastane sayısı farkı ( $i \neq j$ ).	Sürekli	Sağlık Bakanlığı
$göç_{ij}$	$i$ ve $j$ illeri arasındaki net nüfus farkı ( $i$ ilinde doğup $j$ ilinde yaşayanlar ile $j$ ilinde doğup $i$ ilinde yaşayanlar arasındaki fark) ( $i \neq j$ ).	Sürekli	TÜİK
$gelir_{ij}$	$i$ ve $j$ illeri arasındaki net kişi başına milli gelir farkı ( $i \neq j$ ).	Sürekli	TÜİK
$mesafe_{ij}$	$i$ ve $j$ illeri arasındaki kilometre cinsinden uzaklık ( $i \neq j$ ).	Sürekli	TÜİK
$komşuluk_{ij}$	$i$ ve $j$ illerinin komşuluk durumu (komşu ise 1, değilse 0).	Kategorik (ikili)	TÜİK

Kişi başına düşen milli gelir il bazında hesaplanmadığından gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) esas alınarak 2010-2013 yılları için il bazında türetilmiştir. GSYH içindeki il payı hesaplanırken en son 2001 yılında TÜİK tarafından açıklanan il payları kullanılmıştır. Çalışmada her yıl için uygulanan denklem 2.1'de gösterilmektedir.

$$gelir_i = \frac{\left(\frac{GSYH}{100}\right) \times \text{ilin payı}}{\text{ilin nüfusu}} \quad (2.1)$$

**Çizelge 2.2 :** Seçilen branşlara göre hasta hareketleri ve uzman doktor sayısı.

Değişkenler	Seçilen Tıbbi Branşlar (2010-2013 ortalaması)			
	Kardiyoloji	Çocuk	Kadın	İç Hastalıkları
Hasta Hareketi	1 786 305	3 005 125	3 744 644	4 864 890
Uzman Doktor	893	1 463	1 630	1 529

Bağımlı değişken olarak kullanılan hasta hareketleri ve bağımsız değişkenlerden ortalama uzman doktor sayısı, seçilen branşlara göre araştırma periyodu için Çizelge 2.2’de sunulmaktadır. Buna göre 2010-2013 yılları arası iller arası toplam hasta hareketi sayısı en çok iç hastalıkları branşında gerçekleşmiştir. Çizelge 2.3’te ise bağımsız değişkenlerden, göç, nüfus ve gelir için ortalamalar verilmiştir.

**Çizelge 2.3 :** Yıllara göre ortalama göç, nüfus ve gelir.

Değişkenler	Yıllar			
	2010	2011	2012	2013
Göç	2 360 079	2 420 181	2 317 814	2 534 279
Nüfus	73 722 988	74 724 269	75 627 384	76 667 864
Gelir	1 160 013 978	1 394 477 166	1 569 672 115	1 809 713 087

## 2.5 Yöntem

İller arasındaki hasta hareketliliği, kaynak il ve hedef il arasındaki uzman sayısı farkı, sağlık hizmeti altyapısı gibi çeken kuvvetler ile mesafeden kaynaklanan yolculuk maliyeti gibi itici etkenler tarafından yönlendirilir [11]. Sağlık hizmet sunum modelinde genel kabul hasta göçünün uzman hekim, hemşire-ebe gibi sağlık personeli sayısı, sağlık merkezi ve hasta yatak sayısı gibi değişkenlerin hasta hareketliliğini artırdığı yönündedir. Bu modelde uzman sayısıyla çoklu doğrusal bağlantı problemi (multicollinearity) olduğu için, uzman hekim dışındaki diğer sağlık personeli ve hasta yatak sayısı analizde kullanılamamıştır. Hasta hareketlerini pozitif yönde etkileyen bir diğer faktör ise nüfustur. Hedef ilin daha büyük nüfusa sahip olması muhtemelen hasta hareketine neden olmaktadır. Benzer nedenlerle uzman doktor sayısı ve nüfus bu

çalışmada  $uzman_{ij}$  altında tek değişken olarak temsil edilmiştir. İki il arasındaki mesafe arttıkça, bu iller arasında hasta hareketlerinin gerilemesi beklenir. Öte yandan iller arasındaki gelir düzeyindeki farkın artması hasta hareketlerini arttırması beklenmektedir.

Bu çalışmada iller arasındaki geçmişe dayalı nüfus göçü ilişkisinin de tedavi amaçlı ziyaretlerde etkili olabileceği varsayımı üzerine durulacaktır. Geçmişteki göçten kaynaklanan akraba / aile varlığı nüfus hareketlerini etkileyen bir etmen olabildiği gibi [12] hasta hareketlerini de etkilemiş olabilir. İnsanlar daha gelişmiş sağlık hizmetlerine erişmek isterken akrabalarının bulunduğu illeri tercih edebilirler. Tedavi süreçlerinde kendilerine rehberlik edecek, yanlarında kalabilecekleri veya ziyaret etmek isteyecekleri akrabalarının varlığı hastalara avantaj sağlayacaktır.

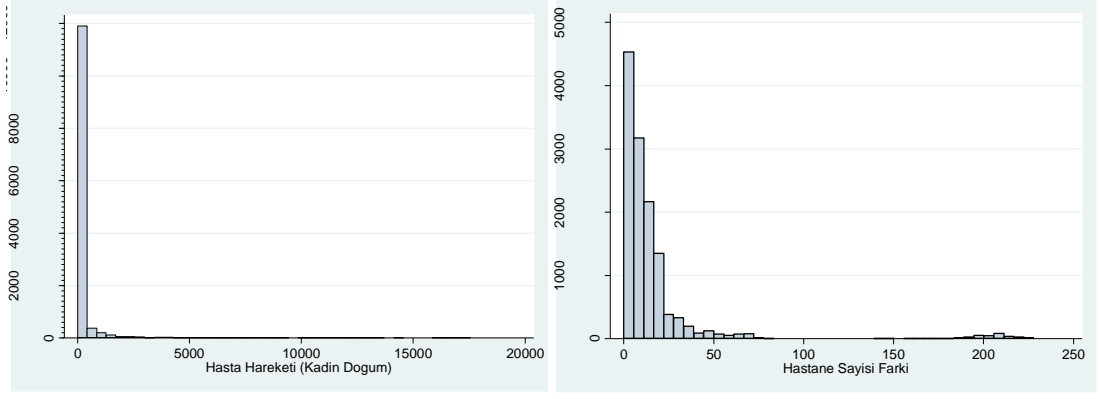
Belirtilen varsayımlar doğrultusunda kurulan çekim modeli denklemini 2.2'deki gibi formüle edilmiştir.

$$m_{ij} = f(O_i T_j D_{ij}) \quad (2.2)$$

Denklem 2.2 'de,  $m_{ij}$ ,  $i$  ve  $j$  illeri arasındaki hasta hareketliliğinin net farkıdır.  $O_i$  kaynak ilin sağlıkla ilgili öznelikleri,  $T_j$  hedef ilin sağlıkla ilgili öznelikleri ve  $D_{ij}$  kaynak ile hedef noktası arasındaki mesafe olarak tanımlanmıştır. Sağlıkla ilgili değişkenleri (örneğin hastane ve uzman sayısı) ve mesafeyi kullanarak bir tahmin yapmak, sağlık hizmetleri çekim modeli açısından nispeten iyi sonuçlar vermesi beklenir. Bununla birlikte, hasta hareketlerini etkileyen diğer değişkenleri de dikkate alan bir model geliştirilmelidir.

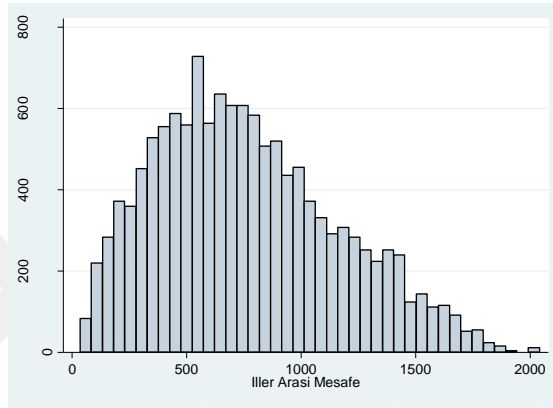
Regresyon eşitliği kurulmadan önce analizde kullanılacak değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler çıkarılmış ve örneklem dağılımları incelenmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin dağılımına bakıldığında mesafe dışındaki değişkenlerin sola yatık olduğu anlaşılmıştır. Şekil 2.1'de örnek olarak bağımlı değişken iller arasındaki hasta hareketleri (a) ve açıklayıcı değişkenler hastane sayısı farkı (b) ve iller arası mesafeye ilişkin (c) Histogram dağılım grafikleri sunulmaktadır. Buna göre hasta hareketleri farkı ve hastane sayısı farkı sola yatık dağılırken mesafe normal dağılım sergilemektedir. Çalışmada kullanılan diğer değişkenlere ilişkin dağılım testleri yapıldıktan sonra gerekli değişkenler için normalleştirme işlemi olarak doğal logaritma kullanılmasına karar verilmiştir.





a) Hasta hareketi (kadın doğum)

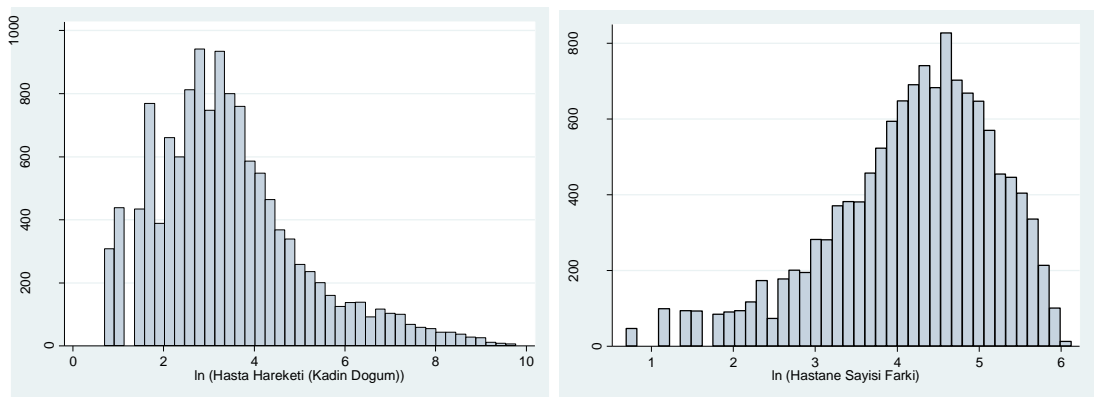
b) Hastane sayısı farkı



c) İller arası mesafe

**Şekil 2.1** : Değişkenler için örnek histogram dağılım grafiği.

Regresyon analizinden önce normal dağılıma uymayan değişkenler; hasta hareketleri, uzman sayısı farkı, hastane sayısı farkı, göç ve gelir için normalleştirme amacıyla doğal logaritma dönüşümü gerçekleştirmiştir. Logaritma işleminden sonra dağılımlar normal dağılıma yaklaşmaktadır (Şekil 2.2).



a) Hasta hareketi (kadın doğum)

b) Hastane sayısı farkı

**Şekil 2.2** : Logaritma sonrası histogram dağılımı.

Sağlıkla ilgili, coğrafi, demografik ve sosyoekonomik değişkenleri içeren panel formunda modelin doğrusal biçimi denklem 2.3'teki gibi tasarlanmıştır.

$$\begin{aligned} \ln m_{ij,t} = & \beta_0 + \beta_1 \ln uzman_{ij,t} + \beta_2 \ln hastane_{ij,t} + \beta_3 \ln göç_{ij,t} \\ & + \beta_4 \ln gelir_{ij,t} + \beta_5 mesafe_{ij,t} + \beta_6 komşuluk_{ij} \\ & + \alpha_i + u_{ij,t} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Burada  $\ln m_{ij,t}$ ,  $t$  zamanında,  $i$  ve  $j$  illeri arasındaki hasta hareketliliğinin net farkının logaritması bağımlı değişkeni temsil ederken,  $\beta_0$  sabit terimi  $\ln uzman_{ij,t}$ ,  $\ln hastane_{ij,t}$ ,  $\ln göç_{ij,t}$ ,  $\ln gelir_{ij,t}$ ,  $mesafe_{ij,t}$ ,  $komşuluk_{ij}$   $t$  zamanında  $i$  ve  $j$  illeri arasında gözlemlenen bağımsız değişkenleri, 1'den 6 ya kadar numaralandırılan  $\beta$  terimi bağımsız değişkenlerin regresyon katsayısını temsil etmektedir. Modeldeki  $\alpha_i$  terimi, bağımlı değişkeni etkileyebilecek illerin kendilerine özgü olan ve gözlemlenemeyen faktörleri,  $u_{ij,t}$  ise her bir kesit ve zaman için ortaya çıkan hata terimini ifade etmektedir.

Denklem 2.3, klasik sağlık hizmetleri çekim modellerine göre akrabalık / aile etkisi ( $\ln göç_{ij,t}$ ) gibi daha spesifik değişkenleri içeren gelişmiş bir modeldir. Bu modelin önemli bir avantajı denklemdeki tüm değişkenlerin il düzeyinde çift yönlü olması ve komşuluk ile mesafe dışındaki tüm değişkenlerin net farkının analize dahil edilmesidir. Her bir gözlemde analiz için iki ilden yalnızca birine (kaynak il veya hedef il) ait veriler kullanılması durumunda tahmin edicilerin yanlı olması durumu (bias) ortaya çıkabilmektedir [40,41]. Bundan dolayı, hasta hareketleri ile ilgili hem kaynak il hem hedef illerin özellikleri denklemde dikkate alınmaktadır.

Literatürdeki benzer bazı çalışmalarda [20,22], bağımsız değişkenler belirlenirken illerin gelir durumu gibi birtakım değişkenlerin oransal değerleri kullanılmış olsa da bu çalışmada karşılıklı değişkenlerin net farkının kullanılması tercih edilmiştir. Özellikle, denklemde uzman doktor sayısı değişkeninde oran kullanılması bazı illerde araştırma konusu branşlarda hiç uzman doktor bulunmamasından dolayı, denklemin önemli bir bölümünde belirsiz veya sıfır değerlerin çıkmasıyla sonuçlanabilmektedir. Belirsiz gözlemlerin atlanmış olması, regresyon katsayılarının tahminin yanlı olmasına neden olabilmektedir [11].

Bu çalışmada kullanılan veriler, 2010-2013 dönemi boyunca il düzeyinde zamanla değişen (doktor sayısı, hasta hareketi sayısı) ve zamanla değişmeyen değişkenlerin (ör; mesafe ve komşuluk) yer aldığı boyamsal (panel) bir veri kümesinden oluşmaktadır.

Denklem (2.3)'te zamanla değişmeyen değişkenlerin varlığı nedeniyle sabit etkiler modelini (fixed effects model) kullanılamamaktadır. Bunun yerine rassal etkiler (random effects model) regresyon modeli veya birleşmiş en küçük kareler yöntemiyle (Pooled OLS) tahmin yapılabilir.

Model koşturulmadan önce rassal etkiler ile mi yoksa birleşmiş en küçük kareler yöntemiyle mi tahmin yapılacağına karar verilmelidir. İllerin gözlemlenemeyen özelliklerinin aynı olduğu varsayımının geçerli olduğu durumda birleşmiş en küçük kareler yöntemiyle tahmin yapılmalıdır. Bütün iller için sabit terimin (intercept) aynı olduğu kabul edilirse hata terimlerinin varyansı sıfır olacaktır. Buna göre  $H_0$  hipotezi aşağıdaki gibi kurulur (2.4).

$$H_0: \text{Var}[u_i] = 0 \quad (2.4)$$

Breusch-Pagan Lagrange multiplier (LM) testi hata teriminin varyansının sıfır olması durumunun test edilmesinde kullanılır. Test sonuçlarına göre dört klinik için de temel hipotez reddedilmiştir (Çizelge 2.4). Diğer bir ifadeyle, şehirlerin her birinin kendine özgü özelliklerinin etkisi tespit edilmiş (panel etkisi) ve rassal etkiler modeli ile tahmin yapılmıştır.

Rassal etkiler modelinin temel varsayımı, illerin kendilerine özgü olan ve gözlemlenemeyen özellikleri ( $\alpha_i$ ) ile modelde kullanılan açıklayıcı değişkenler ( $x_{ij,t}$ ) arasında bir ilişki olmadığıdır (Denklem 2.5).

$$\text{cov}(\alpha_i, x_{ij,t}) = 0 \quad (2.5)$$

Bu varsayımın bir sonucu, birleşik hata olarak adlandırılan hata teriminin ( $v_{ij,t}$ ) yeni biçimi denklem (2.6)'daki gibidir.

$$v_{ij,t} = \alpha_i + u_{ij,t} \quad (2.6)$$

Denklemdeki  $\alpha_i$  her bir il için hasta hareketlerine neden olan ancak modele dâhil edilemeyen değişkenleri temsil ederken,  $u_{ij,t}$  her bir kesit ve zaman için ortaya çıkan hata terimini temsil etmektedir.

Regresyon modelinde kullanılan bütün açıklayıcı değişkenlerin bir arada katsayılarının sıfır olup olmadığını Wald testi ile test etmektedir. Modelin bir bütün

olarak anlamlı olup olmadığının test edilmesidir. Bunun için temel varsayım, modelde kullanılan bütün açıklayıcı değişkenlerin katsayıları sıfıra eşit olmasıdır (2.7).

$$H_0: \hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_2 = \dots = \hat{\beta}_i = 0 \quad (2.7)$$

Wald test istatistiğinin olasılık değerinin 0,05'ten küçük olması, modelin bir bütün olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (Çizelge 2.4). İlerleyen bölümlerde bulgulara ilişkin yorumlara yer verilmiştir.

## 2.6 Bulgular

Çalışmanın sonuçları dört tıbbi branş için regresyon analizinde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Çizelge 2.4). Sonuçların hasta hareketliliği açısından ekonometrik yorumları bu bölümde tartışılmaktadır.

**Çizelge 2.4 :** Seçilen branşlar için rassal etkiler panel modeli sonuçları.

Değişkenler	Seçilen Tıbbi Branşlar <sup>1</sup>			
	Kardiyoloji	Çocuk H.	Kadın H.	İç Hastalıkları
ln uzman <sub>ij</sub>	.042 (.012)	.007 (.007)	.033 (.010)	.015 (.011)
ln hastane <sub>ij</sub>	.062 (.019)	.062 (.014)	.075 (.015)	.017 (.016)
ln göç <sub>ij</sub>	.255 (.015)	.234 (.010)	.243 (.010)	.270 (.010)
ln gelir <sub>ij</sub>	.040 (.027)	.010 (.001)	.028 (.018)	.053 (.019)
Mesafe <sub>ij</sub>	-.0004 (.0001)	-.0001 (.00001)	-.0001 (.00001)	-.0001 (.00001)
Komşuluk <sub>ij</sub>	1.685 (.1830)	1.475 (.1180)	1.701 (.1288)	1.760 (.1240)
Wald Testi ( $\chi^2$ )	487.53 (P = .00)	863.24 (P = .00)	876.55 (P = .00)	1082.99 (P = .00)
LM Testi ( $\chi^2$ )	2312.0 (P = .00)	2831.6 (P = .00)	2749.3 (P = .00)	2883.1 (P = .00)
Gözlem sayısı	12 625	12 776	12 776	12 497
Grup sayısı	3 239	3 240	3 240	3 240

Hasta hareketleri, tüm kliniklerde pozitif katsayılara sahip uzman sayısındaki farktan olumlu etkilenmektedir. Katsayıların büyüklükleri dört klinik için çok farklı olmasına karşın, pozitif katsayılar iller arasındaki hasta başına düşen uzman sayısı farkı arttıkça

<sup>1</sup> Standart hatalar parantez içinde verilmiştir.

iller arası hasta hareketliliğinin arttığını göstermektedir. Uzman başına hasta sayısındaki fark %10 arttığında hasta hareketleri kardiyolojide %0.42, kadın hastalıkları branşında %0.33 oranında artmaktadır. Bununla birlikte, katsayıları pozitif olan çocuk ve iç hastalıkları istatistiksel olarak önemsizdir.

İller arasındaki hastane sayılarındaki fark sağlık kalitesi için iyi bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Daha fazla hastane, hastaların hem hastane tipleri hem de uzmanlar açısından sağlık muayenesinde daha fazla seçeneğe sahip olabileceği anlamına gelmektedir. Bunun yanında, hastane sayısının artmasıyla bekleme sürelerinin düşmesi öngörülmektedir. Böylece, daha az hastaneye sahip olan bir ilde yaşayan hastaların daha fazla hastaneye sahip diğer illere gitmesi daha olasıdır. Çizelge 2.4'te görüldüğü gibi, hastanelerin sayılarındaki fark %10 arttığında, hasta hareketleri, iç hastalıkları hariç (iç hastalıkları için klinik katsayısı istatistiksel olarak anlamsızdır) diğer üç klinikte %0.62 - %0.75 oranlarında artmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde önemli görünmese de akrabalık, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerdeki insanlar için kuvvetli bir bağdır. İnsanlar daha iyi sağlık hizmetlerine ulaşmak için merkez illerde yaşayan akrabalarının olduğu illere gitmektedirler. Regresyon sonuçlarına göre  $i$  ilinde doğan  $j$  ilinde yaşayan insan sayısının net farkı 1000 birim değiştiğinde, hasta hareketleri tüm klinikler için %2.3 ila %2.7 aralığında değişir.  $\ln g_{i,j,t}$  değişkeni için katsayılar tüm kliniklerde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Beklendiği gibi,  $i$  ve  $j$  illeri arasındaki mesafe hastanın hareketleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Mesafe 100 kilometre arttığında hasta hareketleri kardiyolojide %4, diğer kliniklerde %1 azalır (tüm kliniklerdeki mesafe katsayıları istatistiksel olarak anlamlıdır).

Türkiye'de sosyoekonomik, coğrafi konum, nüfus ve benzeri özelliklerine göre ön plana çıkmış hizmet merkezi rolünü üstlenen iller bulunmaktadır. Bu nedenle, merkez şehirlere bitişik olmak hem bölgesel hem de bölge dışı hasta hareketleri için önemli bir unsurdur. Çizelge 2.4'te gösterildiği gibi, iki il bitişik olduğunda dört klinik için de hasta hareketleri % 1.47 ile % 1.76 aralığında artmaktadır.

İller arasındaki gelir düzeyi farkı açısından bakıldığında, düşük gelirli illerden yüksek gelirli illere hasta hareketi olması beklenmektedir. Bir ilin gelir düzeyi, o ildeki sağlık donatımı açısından temsili değişken olarak düşünülebilir. Beklendiği gibi, tüm

branşlarda iller arasındaki gelir farkı arttığında hasta hareketi artmaktadır. İller arasındaki gelir farkı %10 arttığında çocuk ve iç hastalıklarındaki hasta hareketleri sırasıyla %0.1 ve %0.5 oranında artmıştır.

## 2.7 Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma Türkiye'de hasta hareketlerini nedensellik ilişkileri açısından ele alan ilk çalışmadır. Çalışma sonuçları sosyoekonomik değişkenlerin, hastaların tedavi merkezlerine ilişkin kararlarını etkileyen önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Diğer değişkenlerin katsayıları regresyon modellerinde dört farklı klinik üzerinde değişmesine karşın iller arasındaki göç değişkeni tüm branşlar için sabit düzeydedir. Bu sonuçlar, hasta hareketlerinin yönüne ve arkasında yatan sebeplere ilişkin yapılan değerlendirmelerde, tedavi masrafları, uzman veya hastane sayısı gibi değişkenlerin yanında iller arası göçten kaynaklanan akrabalık gibi sosyal faktörlerin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Hasta hareketliliği üzerine akrabalık/aile etkisi olarak isimlendirdiğimiz bu bulgu, araştırmanın hasta hareketliliği üzerine literatüre sunduğu önemli katkılarının birisidir.

Modelden elde edilen çoğu göstergelerin yönü ve işaretleri, model beklentileri ve literatürdeki çalışmalarla tutarlıdır. Sağlıkla ilgili verilerin mikro düzeyde analizine olanak vermemesine karşın, bulgular il düzeyinde kalite odaklı hareket hakkında önemli göstergeler bulunduğu dair yeterli kanıt sunmaktadır. Hasta başına düşen uzman doktor/hastane sayısı ile iller arasındaki gelir farkı değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar, araştırma önermesinin en önemli destekçisidir.

Öte yandan, çalışmanın sonuçlarına dayanarak, düşük profilli illerde uzman veya hastane sayısının artırılmasıyla hasta hareketliliğinin azaltılabileceğini söylemek yanıltıcı olacaktır. Birincisi, il düzeyindeki veride, hasta hareketlerinin nedenlerini belirlemek olanaksızdır. Akriba ilişkilerinin ve iller arasındaki bitişiklik durumunun hasta hareketi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olduğu araştırmanın önemli bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, sosyoekonomik ve sağlıkla ilgili değişkenlerin hasta hareketliliği üzerindeki etkilerini bu gibi diğer etkilerden ayırmak mümkün değildir. İkincisi, modelde belirli bir tecrübeye sahip hastalar tarafından tercih edilen uzman doktorların etkisi düşünülmemiştir. İkinci ve üçüncü basamak hasta hareketleri, belirli bir kliniğin tanınmış bir uzmanı tarafından etkilenebilir. Yerleşim bölgelerinin dışından sağlık hizmeti almanın servis açısından

ek maliyetinin olmaması nedeniyle hastalar daha iyi sağlık hizmeti alabilmek için seyahati tercih edebilir. Bu önermeyi destekleyen önemli kanıtlardan biri, dört klinik için uzman katsayılarının çok farklı olmasıdır. Başka bir deyişle, belirli katsayılar mesafe veya g gibi bazı değişkenler için çok benzer iken, dört klinik için farklı uzman katsayıları, hasta hareketleri üzerinde bir uzman / klinik etkisinin olabileceğini göstermektedir.

Çalışmada dört farklı klinik seçilmesinin nedenlerinden biri, branşlara göre uzmanların veya hastanelerin sayısının etkilerinin değişmesidir. Sonuçlar analiz edildiğinde, özellikle hasta başına düşen uzman doktor sayısındaki değişimin etkisi, her bir branş için geniş bir aralıkta farklılaşmaktadır. Bu sonuçlar sağlıkla ilgili planlamalarda her bir branşa özgü özelliklerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Veri kümesi hem zaman değişkeni hem de zamanla değişmeyen değişkenler içerdiğinden analiz rasgele etki modeliyle yürütülmüştür. Bununla birlikte, araştırmalarda panel veri kullanmanın nedeni bireysel özgün etkileri bulmaktır. Sabit etkiler modeli, bu tür etkileri tahmin etmek için idealdir. Sonuçlara göre illerin ve uzman doktorların hasta hareketliliği üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. İlerleyen çalışmalarda hastalar, tıbbi branşlar, uzman doktorlar ve illerin özellikleri hakkında bilgi içeren mikro düzeydeki veri setleri hazırlanarak bu tür özgün değişkenlerin hasta hareketliliği üzerindeki etkisi araştırılabilir. Bu tür bir analiz, yerele özgü sağlık politikaları geliştirmeye ve iller veya bölgeler arasındaki sağlık eşitsizliğini azaltmaya yardımcı olacaktır.





### 3. GANDY NOMOGRAMI VE HİYERARŞİK KÜMELEMEYLE MEKANSAL ERİŞİLEBİLİRLİĞİN ANALİZİ

Nedensellik ilişkilerinin incelendiği Bölüm 2’de hasta hareketlerini etkileyen faktörler ortaya konulmuştur. Yapılan araştırmayla, hareketliliğin arkasında yatan, arz tarafından kaynaklanan genel etkenlerin yanında talep tarafında da hasta hareketlerini açıklayan iller arası göç ilişkileri gibi değişkenlerin olduğu gösterilmektedir. Ancak regresyon analizleri aralarında hareketlilik gerçekleşen her bir merkezin karakteristiğine ve çok boyutlu özelliklerine ilişkin yeterli bilgi vermez.

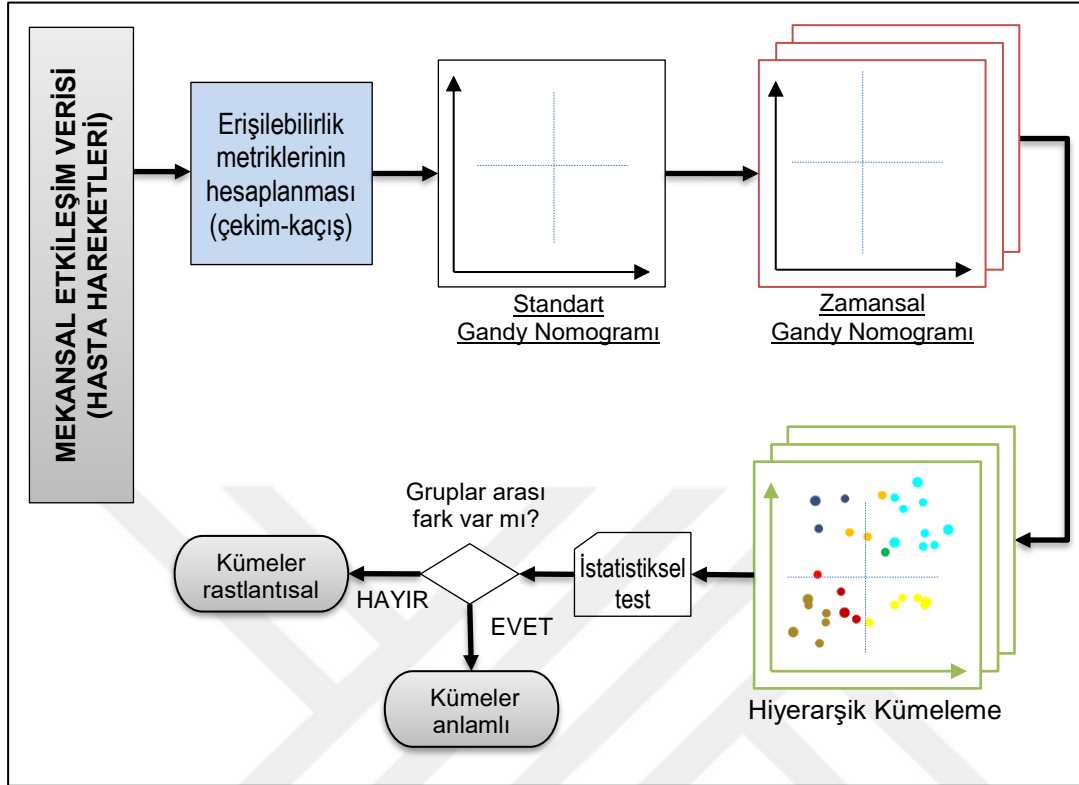
Bu çalışmada hareketlilik verilerini kullanarak yerleşim yerlerinin erişilebilirliğine ilişkin makro düzeyde bir değerlendirme yapmamıza olanak tanıyan bir analiz gerçekleştirilmektedir. Temel olarak bir yerleşim yeri için hasta hareketliliği parametrelerinde (çekim / kaçış) meydana gelen değişim, sağlık hizmetlerinin kullanılabilirliği ve erişilebilirliği için temsili gösterge olarak ele alınmaktadır.

Şekil 3.1’de çalışmada uygulanan analiz aşamalarına ilişkin akış diyagramı verilmiştir. Buna göre, hasta hareketlerinden her bir il için hesaplanan çekim/kaçış metrikleri grafik gösterim düzlemi Gandy Nomogramı’na (GN) yansıtılarak tüm iller için erişilebilirliği ortaya koyan karşılaştırılabilir bir analiz elde edilmektedir. Sonraki iki aşamada GN, zamanla değişen hareketlilik özelliklerini ve kümeleri tespit edecek şekilde geliştirilmektedir. Bu yöntemle, erişilebilirlik metriklerine göre dağılımı çıkarılan gözlemlere (iller) ilişkin zamansal değişim örüntüleri saptanmakta ve benzer örüntülere sahip kümeler tespit edilmektedir.

İlleri erişilebilirlik özellikleri açısından gruplandırmak için hiyerarşik kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle benzer karakteristiğe sahip gruplar tespit edilmiş ve hasta hareketleri esas alınarak yerleşim yerlerinin benzerlikleri ortaya çıkarılmıştır. Ortaya çıkan kümeler arasındaki farkları doğrulamak için seçilen temel sağlık göstergeleri esas alınmaktadır. Şekil 3.1’in son aşamasında gösterildiği gibi, gruplar arası farklar parametrik olmayan istatistiksel testler kullanılarak doğrulanmaktadır.

Analiz sonuçları bazı bölgelerdeki sağlık hizmetlerinin zayıflığını ortaya koyan önemli örüntüleri ortaya çıkarmaktadır. Geliştirilen yöntemle hizmet alanlarının karakteristik

özelliklerini, mekansal-zamansal erişilebilirlik örüntüleri ve eğilimleri analiz edilmektedir.



Şekil 3.1 : Analiz aşamaları.

### 3.1 Giriş

Sağlık hizmetleri; tesisler, hizmetler, sağlık personeli, hastalar, düzenleyici kuruluşlar ve kurallar gibi birçok bileşen içeren karmaşık bir sistemdir [42-45]. Sağlık hizmeti sunucularının seçiminde hasta tercihleri çoğunlukla öznel ve hastaların eğitimlerine, gelir durumlarına, hastanelerle olan geçmiş deneyimlerine ve / veya tanıdıkların veya aile hekimlerinin tavsiyesine bağlı olabilir [46]. Bu faktörlerden herhangi biri hastaların daha iyi tedavi imkânları bulmak için uzun mesafeleri aşmayı göze almalarına neden olabilir.

Öte yandan temel insan hakları kapsamında tıbbi ve sosyal hizmetler insanlar için erişilebilir olmalıdır [47]. Sağlık hizmetlerine erişimi artırmak ve sağlık sistemini yönetilebilir hale getirmek için hizmet sunum süreçlerinde bölgesellik ilkesi prensip olarak görülür [48]. Bununla birlikte bölgeler arası farklılıklar; coğrafi koşulların zorluğu, beşerî ve mali kaynakların kısıtlı olması veya kaynakların sağlık yönetim alanlarında dengesiz dağılımından kaynaklanıyor olabilir.

Bugün insanlar sağlık bilgilerine her zamankinden daha hızlı ve rahat bir şekilde erişmektedir ve sağlık hizmet sunucularından daha iyi hizmet ve kalite beklentisine sahiptirler. Sağlık hizmetlerinin kalitesinde bölgesel farklılıklar olması, hastaların daha iyi tedavi imkanlara ulaşmak için buldukları yerleşim yerlerinin dışındaki tesislere/doktorlara gitmeleri sonucunu doğurur. Sağlık hizmet merkezi seçiminde hastaların kendi tercihleri dışında birçok engel olsa da sosyal güvenlik sistemleri gün geçtikçe hastalar için birçok alternatif sunmaktadır. Örneğin, Avrupa'da, mahkemeler tarafından verilen bazı karar ve direktifler, AB vatandaşlarının sınır ötesi sağlık hizmetlerinden yararlanma hakkını genişletmiştir [18,19]. Söz konusu düzenleme, hastaların kendi ülkeleri dışındaki AB ülkelerinde de sigorta kapsamındaki sağlık hizmetlerinden yararlanma hakkını vermektedir. Bu gelişmeler, bölgeler, ülkeler ve hatta kıtalar arasındaki hasta hareketliliğinde artışa neden olmuştur [49]. Hasta hareketliliği özellikle yüksek düzeyde uzmanlaşmış tıbbi branşlarda ve özel tıbbi cihazlar gerektiren müdahale alanları için kaçınılmaz olmaktadır.

Hasta hareketliliğinin analizi, karar vericilerin sağlık sistemleri üzerinde daha kapsayıcı bir görüş edinmelerine yönelik önemli bir rol oynamaktadır. Hizmet ihtiyaçlarını karşılamak için kapasite geliştirmeye ihtiyaç duyulan tıbbi branşların belirlenmesi veya erişilebilirliği düşük sağlık bölgelerinin tanımlanması için hasta hareketleri analiz edilebilir. Bunun yanında hasta hareketliliği, bir sağlık sisteminde reformların, mevzuat değişikliklerinin ve diğer gelişmelerin etkisini gözlemlemek için de kullanılabilir [50].

Bu araştırma, hasta hareketliliğine yol açan nedenleri incelemeye odaklanan çalışmaların aksine, ulusal düzeyde hasta hareketliliğine dayalı örüntü kümeleri arasındaki benzerlik ve farklılıkları analiz etmektedir. Çalışmada sağlık hizmetlerinin kalitesine ve erişilebilirliğine işaret eden hasta hareketlilik örüntülerini tanımlayan bir yöntem önerilerek literatüre katkıda bulunmaktadır [51]. Ayrıca bu çalışma, belirli bir bölge [52] veya seçilmiş bölgeler arasındaki [22] sağlık hareketliliğini ele almak yerine bir ülke genelinde il düzeyinde tüm yerleşim yerleri arasındaki hasta hareketliliğini incelemesi açısından özgündür.

Literatürdeki araştırmalar hasta hareketlerini sağlık göstergeleriyle korelasyonu açısından incelemiştir ancak bölgeler arasındaki benzerlik ve farklılıkları değerlendirirken genel değerlendirmelerle yetinmektedirler [22,23,25,52]. Özellikle çok sayıda yerleşim yerinin varlığı ve zamana bağlı değişim göz önüne alındığında

sağlık bölgelerinin hasta hareketliliğine ilişkin karakteristiklerini açık bir şekilde ele almak zorlaşmaktadır.

Bu çalışmada farklı sağlık yönetim alanlarının hareketlilik özelliklerine göre kapsayıcı bir mekansal-zamansal perspektifle gruplandırılması üzerinde durulmuştur. Araştırmada öncelikle hareketlilik örüntülerini saptamak için Gandy Nomogramı (GN) [13,53] isimli iki boyutlu dağılım gösterimi kullanılmış ve zamana bağlı gözlenen değişimler toplayıcı hiyerarşik kümeleme (agglomerative hierarchical clustering) yöntemiyle gruplanmıştır. Çalışmada kullanılan Aralık 2009 - Aralık 2013 dönemini kapsayan 48 aylık hasta hareketliliği verileri, Türkiye'nin ulusal sağlık kayıtlarından il düzeyinde elde edilmiştir.

Tek bir gösterimde birçok coğrafi bölgeyi erişilebilirliklerine göre karşılaştırmak için pratik bir araç olan GN [13], sağlık hizmet bölgeleri arasındaki hareketlilik örüntülerinin görselleştirilmesi için de kullanılabilir. GN, hizmet alanlarının hareketliliğine ilişkin göstergeleri (bir bölgenin çektiği ve o bölgeden kaçan hizmet talebine ilişkin gösterge çifti) koordinat düzleminde noktalararak işaretleyen özel bir grafikdir. Bu çalışmada GN, hasta hareketleri örüntülerini tanımlayan bir araç oluşturmak için kullanılacaktır.

### **3.2 Literatür**

Belirli büyüklüğe sahip ülkeler için yerel hizmet ilkesi sağlık sisteminin organizasyonu ve tüketimi konusunda vazgeçilmez önemdedir [48]. Bu nedenle hasta hareketliliği incelenirken yönetim merkezleri ve bölgeler esas alınır. Genellikle araştırmacılar bir sağlık hizmet bölgesi içerisindeki yerleşim yerleri arasında (intra-regional), belirli bir bölge ile diğer tüm bölgeler arasında (extra-regional) ve ulusal düzeyde tüm hizmet merkezleri arasındaki hareketleri (inter-regional) incelemektedir [21]. Bunun yanında bazı çalışmalar ülkeler arası sağlık amaçlı seyahatleri sınır ötesi sağlık hareketliliği veya sağlık turizmi adı altında incelemiştir [18,54,55]. Bu araştırma, daha önce çoğunlukla İspanya ve İtalya'da gerçekleştirilen bölgeler arası hasta hareketliliği çalışmalarıyla aynı bağlamda yer almaktadır [20-24,28]. Bu ülkelerde Türkiye'de olduğu gibi, son birkaç on yılda yerel sağlık yönetimleri daha fazla özerklik kazanırken, merkezi yönetimler halen düzenleyici rollerini sürdürmektedir. Bu çalışmaların bazıları genel olarak hasta hareketliliğini ele alırken [52] bazıları belirli bir tıbbi müdahale alanı ile sınırlıdır [21,24,28].

Levaggi ve Zanola [22] panel veri analizini kullanarak ve hareketliliğin diğer ana sağlık göstergelerine bağımlılığını göz önüne alarak İtalya'daki bölgeler arasında hasta hareketliliğini incelemiştir. Benzer şekilde, Cantarero [20] İspanya'daki hasta hareketliliğini çekim modeline dayanarak analiz etmiş, bölgeler arasında kalite odaklı hareketliliğin varlığını doğrulamıştır. Mafrolla ve D'Amico [52], 2001-2009 dönemi için panel veri analizi kullanarak hastaların tedavi yeri tercihi ile sağlık hizmet otoritelerinin verimliliği arasında güçlü bir korelasyon bulmuştur. Messina ve arkadaşları [23] GN'yi kullanarak 2001-2007 yılları arasındaki İtalyan bölgeleri arasındaki hareketlilik akışlarını görselleştirmiş ve yerleşim yerlerinin kendi nüfuslarının talebini karşılama ve diğer bölgedeki hastaları çekmek konusunda kapasitelerini ortaya koymuştur. Daha yakın zamanlarda, Fattore ve arkadaşları [21] aynı konuyu daha mikro seviyede, belirli bir tıbbi müdahale alanındaki başvuruları ve daha ayrıntılı ölçütleri kullanarak (yaş aralığı, özel-kamu hastane türleri, mortalite vb.) incelemiştir. Hasta hareketlerini inceleyen çalışmaların çoğu, her ne kadar örnekleme birimleri, seçilen parametreler ve kullanılan yöntemler açısından farklı olsa da hasta hareketliliği ve sağlık hizmeti sunumu (kalite, verimlilik, altyapı, yer) arasındaki ilişkiyi doğrulamaktadır.

### **3.3 Türkiye Sağlık Sistemi**

Türkiye'de sağlık hizmetleri, Sağlık Bakanlığı (SB) tarafından idare edilen 81 ildeki İl Sağlık Müdürlükleri (İSM) altında organize edilmektedir. İSM'ler devleti temsil eden il valilerine karşı sorumludur. Yerel düzeyde, İSM'ler sağlık hizmet planlaması ve sunumunu Halk Sağlığı Müdürlüğü (HSM) ve Kamu Hastaneleri Birliği (KHB) ile birlikte yürütür. HSM'ler Toplum Sağlık Merkezleri (TSM) ve Aile Sağlık Merkezlerinin (ASM) denetçisi olarak ilk kademe halk sağlığı hizmetlerini sunmaktadır. KHB'ler bir ildeki kamu hastanelerinin yönetim organizasyonudur [56].

Türkiye'de tedavi hizmetleri hastalığın ciddiyetine/karmaşıklığına göre kabaca üç seviyede organize edilmektedir (Çizelge 3.1). Birinci kademe koruyucu ve önleyici sağlık hizmetleri TSM'ler ve ASM'lerde bulunan aile hekimleri tarafından sunulur. İkinci kademe sağlık hizmetleri KHB'nin altındaki tam teşekküllü devlet hastaneleri ile özel hastanelerde, üçüncü kademe sağlık hizmetleri ise KHB'ye bağlı eğitim ve araştırma hastaneleri ve bağımsız üniversite hastaneleri tarafından sunulmaktadır.

Türk Sağlık Sistemi (TSS), 2003 yılında Türkiye Sağlıkta Dönüşüm Programı'nın (TSDP) başlatılmasının ardından son on yılda radikal bir biçimde değişmiştir. Bu hükümet programı, sağlık sektöründe yönetim, verimlilik ve kaliteyi artırmayı amaçlamıştır [57].

**Çizelge 3.1 : Türkiye sağlık hizmet sunum kademeleri.**

	<b>Birinci Kademe</b>	<b>İkinci Kademe</b>	<b>Üçüncü Kademe</b>
<b>Kurum</b>	Toplum Sağlığı Merkezleri, Aile Sağlığı Merkezleri	Kamu ve Özel Tam Teşekküllü Hastaneler	Sağlık Bakanlığı Eğitim ve Araştırma Hastaneleri Üniversite Hastaneleri
<b>Personel</b>	Pratisyen Hekim, Aile Hekimi	Uzman Hekim	Uzman Hekim ve Asistanlar

Türkiye'nin sağlık sistemi, 2003 yılından itibaren sağlık sektöründe uygulanmaya başlanan TSDP kapsamında yapılan yönetim, verimlilik ve kalitenin artırılması, önemli yatırımlar ve aile hekimliği sisteminin kurulması ile önemli ölçüde değişmiştir [58]. Kamu, özel sektör çalışanları ve emekliler yeni oluşturulan SGK altında birleştirilmiş ve hemen hemen tüm nüfus, genel sağlık sigortası kapsamına alınmıştır. Birçok mevzuat değişikliğinden sonra, SB ülkedeki ana sağlık hizmet sağlayıcısı haline gelmiş, SGK ise sağlık hizmetleri alanındaki tek alıcı (sole buyer) olmuştur [59]. Türkiye'de TSDP'nin uygulanmasıyla vatandaşlar, herhangi bir yönlendirme/sevk belgesi gerekliliği olmaksızın, özel veya kamu sağlık merkezinde tedavi seçim hakkına sahip olmuştur. OECD sağlık hizmetleri raporuna göre, TSDP kapsama, erişim ve etkinliğe öncelik vermede başarılı bulunmakta ve TSS'nin kalite ve sonuçlara odaklanması önerilmektedir [60]. Yeni uygulamaların katkısıyla Türkiye'de sağlık hizmetlerine erişimin artması hastanelere başvuru sayısında önemli oranda artışa sebep olmuştur.

### 3.4 Yöntem

#### 3.4.1 Hasta hareketleri metrikleri

Hasta hareketleri bir hastanın daha iyi sağlık hizmeti aramak için başka bir bölgeye/yerleşim yerine gitmesi olarak tanımlanabilir. Hastaların ikamet ettiği yerde mi ya da ikamet yeri dışında başka bir yerde mi tedavi başvurusunda buldukları en önemli olgudur. Bu çalışmada illerin çektiği/cezbedtiği ve illerden kaçan hasta sayılarına ilişkin metrikler kullanılarak illerin erişilebilirliğinin değerlendirilmesi

öngörülmektedir. Hasta hareketleri göstergeleri, önceki çalışmalarda popülasyona ya da bölgeler arası hareketliliğe göre normalleştirilerek farklı formatlarda kullanılmıştır [7,20-23,52]. Çekim değeri diğer illerden sağlık hizmeti almak için gelen hasta sayısına göre belirlenirken, kaçış değeri aynı amaçla diğer illere giden hasta sayısını ölçer. Bu çalışmada kullanılan hasta hareketleri metrikleri Çizelge 3.2 gösterilmiştir.

**Çizelge 3.2 : Hasta hareketleri metrikleri.**

Metrik	Açıklama
Çekim	Diğer illerden gelen hasta sayısı
Kaçış	Diğer illere giden hasta sayısı
Yerleşik Başvuru	Aynı ilden başvuran yerleşik hasta sayısı
İl Hastanelerine Toplam Başvuru (İHTB)	Bir ilde hastanelere yapılan toplam tedavi başvurusu ( <i>Yerleşik başvuru + Çekim</i> )
İl Nüfusuna Kayıtlı Toplam Hastane Başvurusu (İNKTHB)	Bir ildeki yerleşik nüfusun ülke genelindeki tedavi başvurusu ( <i>Yerleşik başvuru + Kaçış</i> )

### 3.4.2 Veri ve kapsamı

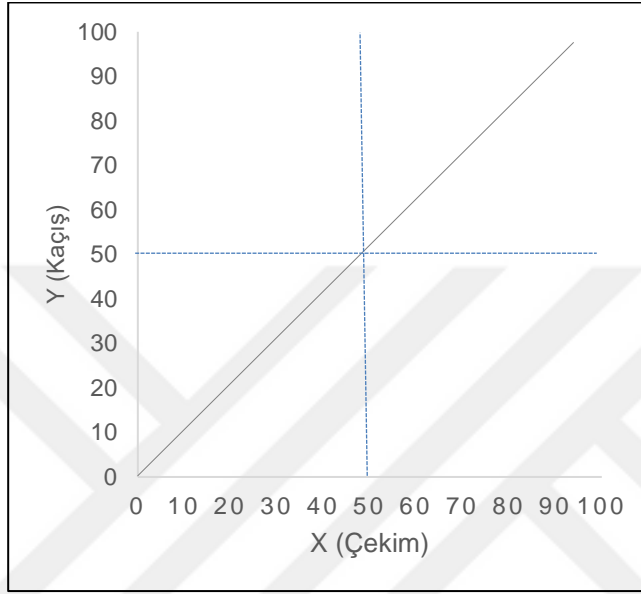
Bu çalışma ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmetleri üzerine odaklanmakta ve birinci basamak sağlık hizmetleri kapsam dışında tutulmaktadır. Türkiye’de sağlık sisteminde son zamanlardaki iyileştirmeler sayesinde, nüfusun tamamına yakını birinci basamak sağlık hizmetlerine erişebildikleri varsayılmıştır. Bunun yanında, bu çalışmada, çevre sağlığı, askeri tıp, iş sağlığı ve acil tıp gibi bazı özel tıbbi branşlar da yanlı sonuçlara yol açmaması için kapsam dışı tutulmuştur. Verilere ilişkin ayrıntılı açıklama “Bölüm 1.3. Örnek Olay ve Veri” bölümünde sunulmaktadır.

### 3.4.3 Gandy Nomogramıyla mekansal-zamansal örüntülerin ortaya çıkarılması

İllerin hareketlilik özelliklerini ve mevsimsel dalgalanmaları karşılaştırmak için GN dağılım grafiği görselleştirme aracı olarak kullanılacaktır. GN, hizmetlerin erişilebilirliğini incelemek amacıyla geliştirilmiş çekim ve kaçış değerleri açısından bölgelerin karşılaştırılmasına olanak tanıyan pratik bir analitik araçtır [13]. Bu grafik, bir merkezin doğal hizmet alanının dışından çektiği ve bu alandan başka merkezlere kaçan hizmet talebine ilişkin gösterge metriklerinin iki boyutlu koordinat düzlemine yansıtılmasıyla oluşturulmaktadır (Şekil 3.2).

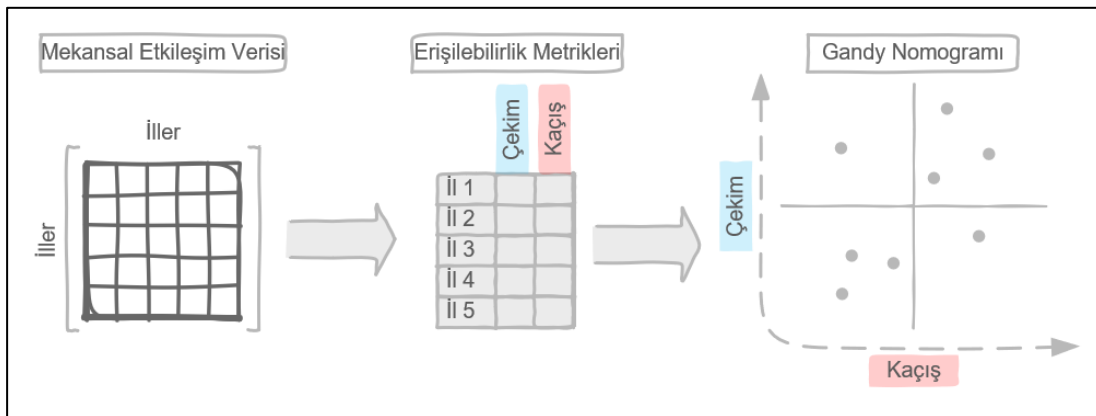
GN arayüzünde eksenler, merkezlerin çekim ve kaçış oranlarını gösterirken köşegen çizgi kaçış ve çekim oranları arasındaki eşit noktaları temsil eder. Koordinat

düzleminde, çekim oranındaki değişim X eksenini boyunca ölçülürken, Y eksenini kaçış oranındaki değişimi göstermektedir. Grafiğin ideal noktası olan sol alt köşe ((0, 0) noktası) hiçbir gözlem noktası arasında çekim ve kaçış olmadığı, yerleşim yerlerindeki nüfusun tamamının kendi ikametindeki bir tesisten hizmet aldığı anlamına gelmektedir. Sağ üst köşe ise ((100, 100) noktası) tüm nüfusun kendi bölgesi dışında bir noktaya hareket ettiğini göstermektedir.



Şekil 3.2 : Gandy Nomogramı grafik düzeni.

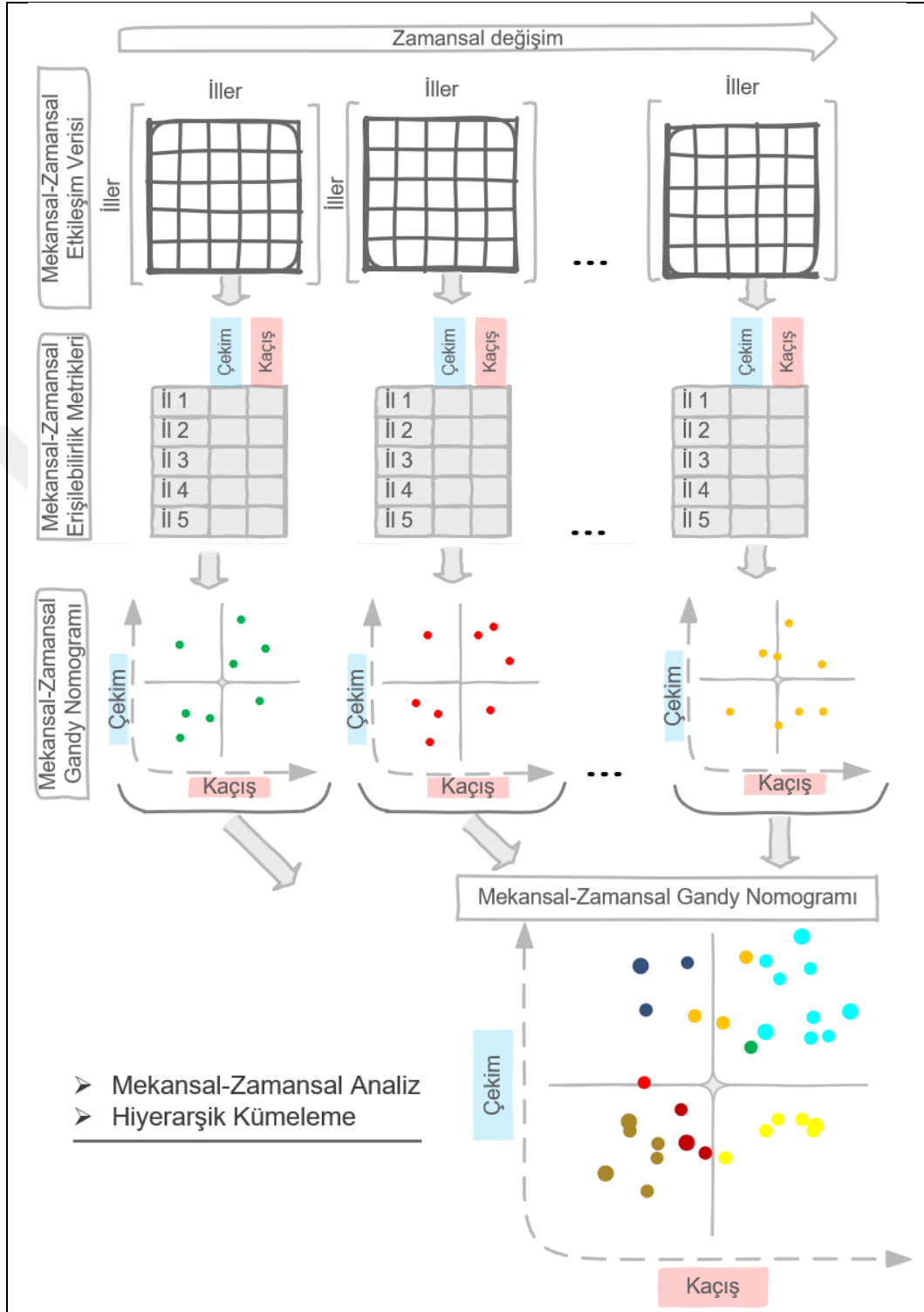
Standart GN grafiğini elde etmek için merkezler arasındaki mekansal etkileşim verisi kullanılarak her bir merkez için çekim ve kaçış değerlerinden oluşan erişilebilirlik metrikleri hesaplanır. Elde edilen gösterge çiftleri, koordinat düzlemi üzerinde ilgili eksenlere karşılık gelen noktalar baz alınarak GN grafiğine yansıtılır (Şekil 3.3). Böylece çekim-kaçış değerlerine göre merkezlerin bölgelerindeki talebi ne kadar karşılayabildikleri ve ne ölçüde erişilebilir durumda oldukları yorumlanmaktadır.



Şekil 3.3 : Geçerli Gandy Nomogramı grafik üretimi.



Bu çalışmada GN'ye yeni bir boyut eklenerek mekansal etkileşim ilişkilerinin zamansal değişimi ve kümelerin görselleştirilmesi sağlanmaktadır (Şekil 3.4).



**Şekil 3.4 :** Gelişmiş Gandy Nomogramı grafik üretimi.

GN'ye aktarılan noktaların özneliklerini göstermek amacıyla renk, büyüklük, gölge gibi görsel değişkenler de kullanılmaktadır. Bu çalışmada uygulanan grafik arayüzü Tableau veri analiz ve görselleştirme yazılımı kullanılarak geliştirilmiştir [23]. Bu

şekilde, mekansal-zamansal erişilebilirlik parametrelerinde gerçekleşen değişimler otomatik olarak hesaplanıp görselleştirilmesi sağlanmıştır.

Literatürdeki çalışmalar GN eksenlerini hesaplamak için farklı normalleştirme yöntemleri kullanırken [13,22,25,52], bu çalışmada her il için normalleştirilmiş çekim ve kaçış oranlarını üretmek için denklem 3.1 ve 3.2'deki formüller kullanılmıştır.

$$\text{Çekim oranı (X eksen)} = \frac{\text{Çekim}}{\text{İHTB}} * 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Kaçış oranı (Y eksen)} = \frac{\text{Kaçış}}{\text{İNKTHB}} * 100 \quad (3.2)$$

#### 3.4.4 Kümeleme

Yerleşim yerlerinin hasta hareketlilik metriklerine göre GN üzerinde görselleştirilmesiyle Şekil 3.5 gibi bir dağılım elde edilir. Ayrıca GN'ye zamansal değişim de eklendiğinde 81 ilin mekansal-zamansal değişimindeki örüntüleri tespit etmek oldukça zorlaşmaktadır. Bazı iller birbirine daha yakın değerler taşıdığından grafikte birbirlerine yakınken bazıları daha geniş bir aralıkta hareket etmektedir. Bu örüntüler illerin erişilebilirliğine ilişkin genel bir gözlem yapılmasını sağlamakta ancak erişilebilirlik örüntüleri arasındaki benzerlikleri tespit etmek mümkün olmamaktadır.

Kümeleme çalışmasıyla, illerin hareketlilik karakteristiğindeki benzerlik ve farklılıkların tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bunun için iller sahip oldukları çekim/kaçış metriklerine göre gruplandırılacaktır. Bu şekilde benzer hasta hareketlilik özelliklerine sahip olan mekansal gruplar objektif olarak tanımlanabilmektedir. Ayrıca bu yöntemle, aynı hareketlilik düzenine sahip baskın grupların belirlenmesi ve hasta hareketliliğinde anormal örüntülere sahip gözlemlerin tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

Kullanılacak kümeleme yöntemi belirlenirken iller arasında var olan görece üstünlükler ve hiyerarşik yapı dikkate alınmıştır. Hasta hareketleri açısından iller arasındaki hiyerarşiyi yansıtmaya en uygun yöntem olduğundan toplayıcı hiyerarşik kümeleme yöntemi kullanılacaktır. Hiyerarşik kümelemeyle, iller arasında oluşan hiyerarşi, dendrogram grafiğiyle gözlemlenerek bir eşik seviyesi seçilir. Hiyerarşik kümeleme temel olarak veri setindeki özellik vektörlerinin her çifti arasındaki mesafeyi hesaplar ve birbirine yakın gözlemleri birleştirerek her seferinde hiyerarşiyi yukarı taşır [61].

Kümeleme çalışması için öncelikle özellik vektörünün oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmada mekansal-zamansal değişimler hesaba katılacağından özellik vektöründe her il için çekim ve kaçış parametrelerinin aylık ve yıllık dönemler halinde temsil edilmesi düşünülmüştür. Çalışmada incelenen 81 ilin her birinin hem yıllık ortalama değerleri hem de mevsimsel etkinin gözlenebilmesi için aylık ve 3 aylık dönemler için çekim / kaçış değerleri hesaplanmıştır. Kümeleme algoritması için birçok özellik vektörü denenmiş ve yıllık ortalamanın kullanıldığı 8-boyutlu bir özellik vektörü (4 yıl x 2 parametre; çekim/kaçış) seçilmiştir. Hiyerarşik kümeleme algoritması elde edilen 81x8 özellik matrisi üzerinde yürütülmüştür.

Gözlemler arasındaki mesafeyi hesaplamak için birkaç farklı mesafe metriği (Manhattan, Kosinüs, Öklid) test edilmiştir. Aralarındaki uzaklık hesaplandıktan sonra, nesnelere kümelere gruplamak için bir bağlantı fonksiyonu (linkage function) oluşturulmalıdır. Hiyerarşik kümeleme algoritması ile üç popüler bağlantı yöntemi olan tek, tam ve ortalama bağlantı (single, complete, average) yöntemleri test edilmiştir. Bu yöntemlerden birine karar vermek için kümeler arasındaki mesafeleri orijinal uzaklık matrisi ile karşılaştıran kofenetik korelasyon katsayısı (cophenetic correlation coefficient) [61,62] hesaplanmıştır. Bu katsayı, iki mesafe arasındaki korelasyonu belirler. Çizelge 3.3'te mesafe metriklerinin ve bağlantı yöntemlerinin tüm kombinasyonları için korelasyon katsayısı sonuçları sunulmuştur.

**Çizelge 3.3 :** Kofenetik korelasyon katsayısı sonuçları.

Mesafe metriği	Bağlantı yöntemi	Kofenetik korelasyon katsayısı
Manhattan (Cityblock)	Tekli (single)	0.7333
	Tam (complete)	0.6830
	Ortalama (average)	0.7693
Kosinüs (Cosine)	Tekli (single)	0.7016
	Tam (complete)	0.6887
	Ortalama (average)	0.7551
Öklid (Euclidean)	Tekli (single)	0.7016
	Tam (complete)	0.6783
	Ortalama (average)	0.7863

Bu sonuçlar *ortalama* bağlantı yöntemi ile *öklid* uzaklık metriğinin en yüksek korelasyon katsayısını (0.7863) ürettiğini göstermektedir. *Öklid* yöntemi, iki gözlem arasındaki mesafeyi doğrudan gözlemleri birbirine bağlayan yol uzunluğuyla ölçer.

$X$ ,  $n \times d$  boyutlu bir veri matrisi olsun; matrisin satırlarının her biri *öklid* uzayındaki  $d$  boyutlu bir gözleme tekabül eder. Burada  $X_a$  ve  $X_b$  şeklinde iki nokta arasındaki mesafeyi hesaplamak için denklem 3.3, 3.4 ve 3.5 kullanılır.

$$X_a = [a_1 \ a_2 \dots \ a_d] \quad (3.3)$$

$$X_b = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_d] \quad (3.4)$$

$$d_{\text{öklid}}(X_a, X_b) = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_d - b_d)^2} \quad (3.5)$$

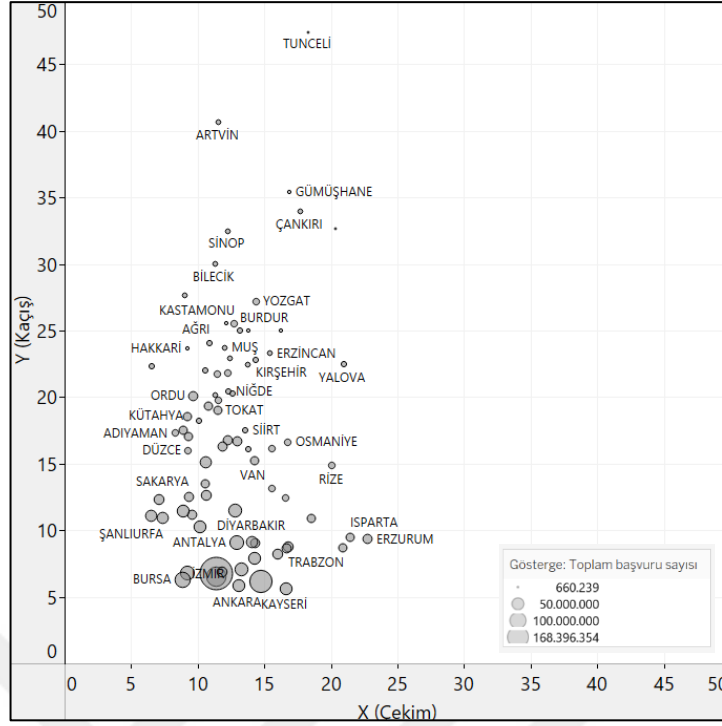
Kümeleme çalışmasının sonuçlarının ayrıntıları Bölüm 3.5'te sunulmuştur. Bu çalışmada kullanılan istatistiksel uygulama ve testler R istatistik programında gerçekleştirilmiştir [63].

## 3.5 Bulgular

### 3.5.1 Genel hareketlilik gözlemleri

Şekil 3.5, her il için hareketlilik değişkenlerinin dört yıllık (Aralık 2009 - Aralık 2013) ortalama dağılımını göstermektedir. Gelen hasta akışını temsil eden çekim parametresi  $x$  eksenine, giden hasta akışını temsil eden kaçış parametresi ise  $y$  ekseninde gösterilmektedir. Bu iki değer her il için hesaplanıp  $(x, y)$  nokta çiftleri koordinat düzlemine yansıtılmıştır. Eksen değerleri 0 ile 100 arasında değişmektedir ve her bir nokta bir ili yansıtır. Noktaların çapı ilgili merkeze yapılan toplam başvuru hacmini vermektedir. Şekil 3.5'teki grafikte Aralık 2009 – Aralık 2013 yılları arası ortalama hasta hareketliliği değerleri kullanılmıştır.

İllerin genel görünümüne bakıldığında kaçış oranlarının çekim oranından daha geniş bir aralıkta dağıldığı görülür. Hiçbir ilin çekim oranı 23'ü geçmezken, 18 ilin kaçış oranı bu değer üzerinde. Çekim / kaçış çiftlerinin bu dağılımı sağlık sisteminde uzmanlaşmış bölgesel hizmet sunumunun bir yansıması [64] ve Türkiye'de coğrafi açıdan dezavantajlı yerleşim yerlerinin erişilebilirliğine ilişkin bir gösterge olarak yorumlanabilir. Bununla birlikte, çok sayıda il için yüksek bir kaçış değeri, iller arasında merkezi sağlık tesislerinin dengesiz dağılımlarından kaynaklanan, hizmetlere erişimde zayıflığın bir göstergesi olabilir.



**Şekil 3.5 :** GN grafiği ortalama hasta hareketliliği.

Bir diğer ilginç gözlem, İHTB değerleri yüksek illerin grafiğin sol alt köşesinde gruplanmış olmasıdır (kaçış: 5-10 arası, çekim: 8-17 arası). Yüksek kaçış değerlerine sahip iller diyagonal çizginin sol üst köşesinde yer almıştır. Dağılıma ilişkin sonuçlar mekansal-zamansal hareketlilik örüntülerinin incelendiği Bölüm 3.5.2’de daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

### 3.5.2 Mekansal-zamansal hareketlilik örüntülerinin ortaya çıkarılması

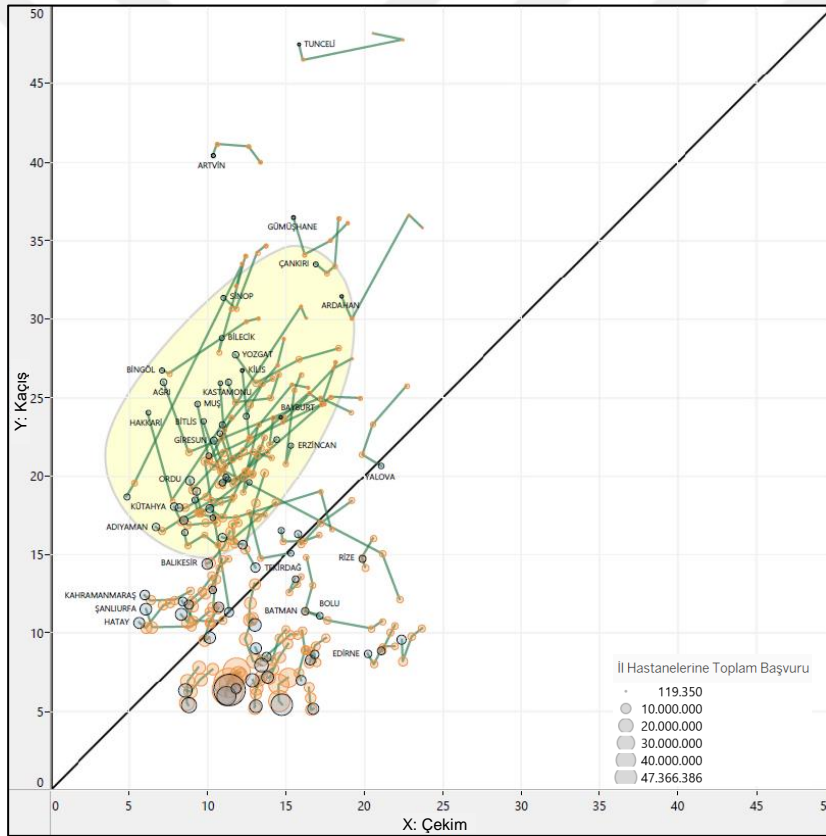
Mekansal-zamansal hareketliliği görselleştirme, hastaların sağlık sistemindeki değişikliklere nasıl tepki vereceğine dair değerli bilgiler sağlayabilir. Özellikle değişimlerin yıllık kesitler veya mevsimsel etkinin gözlenebildiği aylık kesitler halinde incelendiği durumda, hizmet dağılımının genel yapısının daha iyi anlaşılması ve anomali durumlarının tespit edilmesi mümkün olmaktadır. Bu bölümde hasta hareketlilik eğilimlerini yakalamak için çekim / kaçış değerlerinin yıllık ve aylık değişimlerine dayalı olarak üretilen zamansal örüntüler GN grafik düzleminde analiz edilmiştir.

#### 3.5.2.1 Yıllık hareketlilik örüntüleri

Zamansal örüntüleri gözlemlemek için, veri setindeki kesitlere (her bir il) ait zamanla değişen çekim/kaçış değerleri GN’de birer nokta olarak işaretlenmekte ve her gözleme

ait noktalar birleştirilerek kırık çizgili bir grafik elde edilmektedir. Her çizgi grafikte dalgalanmaları ve hareket yönünü izlemek amacıyla gözlem geçmişi (4 gözlemden ilk 3 yılı) turuncu bir renkle renklendirilmiş ve son düğüm mavi renkle gösterilmiştir. Grafikteki her bir çizgide ilk turuncu nokta, zaman serisinin başlangıcını (2010 yılı), sonundaki mavi nokta ise son yılın (2013 yılı) değerini temsil eder (Şekil 3.6).

Şekil 3.6, dört yıllık araştırma periyodunda genel dağılımı gösterirken, Şekil 3.7 önceki şekilde gölgeli bölgede seçilmiş örüntüleri yakından vermektedir (2010-2011-2012 yılları için). Genel görünüme baktığımızda illerin hem çekim hem de kaçış değerlerinde düşüş eğilimi olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle sarı renkle gölgelendirilmiş bölgede benzer yıllık hareket örüntü eğilimlerine sahip gözlemler görülmektedir.



**Şekil 3.6 :** Zamansal GN grafiği, yıllık hareketlilik.

Şekil 3.7'deki seçilmiş desenlere daha yakından baktığımızda, gözlemler arasında çizilen kırık çizgili grafiklerden çoğu, bu illere karşılık gelen hem çekim hem de kaçış parametrelerinde belirgin bir düşüş olduğunu gösteren pozitif bir eğime sahiptir. Bunlar yüksek kaçış değerlerine sahipken özellikle 2011-2012 arasında kaçış değeri düşmüş olan illerdir. Grafikteki bu hareket, bu dönem için Türkiye'deki sağlık



sisteminin genelindeki olumlu eğilimi teyit etmektedir. Bu sonuçlar dezavantajlı bölgelere yönelik sağlık hizmetlerine erişilebilirlikte iyileşmeye işaret etmektedir. Hastalar, ikinci ve üçüncü kademe sağlık hizmetlerine ulaşım için ya da özel tedaviler için yolculuk etmeye devam etse de geçmişe kıyasla orantılı olarak daha az seyahat etmektedirler.

**Çizelge 3.4 :** Hareketlilik değişimleri için istatistiksel test sonuçları.

Göstergeler	Kaçış 2010	Kaçış 2013	Çekim 2010	Çekim 2013
Minimum	0.0652	0.0518	0.0763	0.0484
Maksimum	0.4818	0.4748	0.237	0.224
Medyan	0.1737	0.1644	0.1385	0.1129
Ortalama	0.1881	0.1705	0.1473	0.121
Varyans	0.00814	0.0075	0.00142	0.00147
Standart Sapma	0.09026	0.08665	0.03774	0.03835
Bağımlı örneklem (Paired) T testi sonuçları	t = 7.4165, df = 80, p-değeri= 1.113e-10		t = 8.659, df = 80, p-değeri = 4.11e-13	

Öte yandan, daha önce de belirttiğimiz gibi, sağlık sigortası kuruluşlarının birleştirilmesi, hastaların Türkiye genelinde istedikleri tesiste tedavi görebilme hakkına kavuşması gibi sağlık politikalarındaki gelişmeler hastanelere yapılan başvurularda çarpıcı bir artışa neden olmuştur. Grafikte tespit ettiğimiz örüntü, tedavi başvurularındaki artıştan dolayı hareketlilik göstergelerinin toplam başvurulara oranını azaltmış olması da mümkündür.

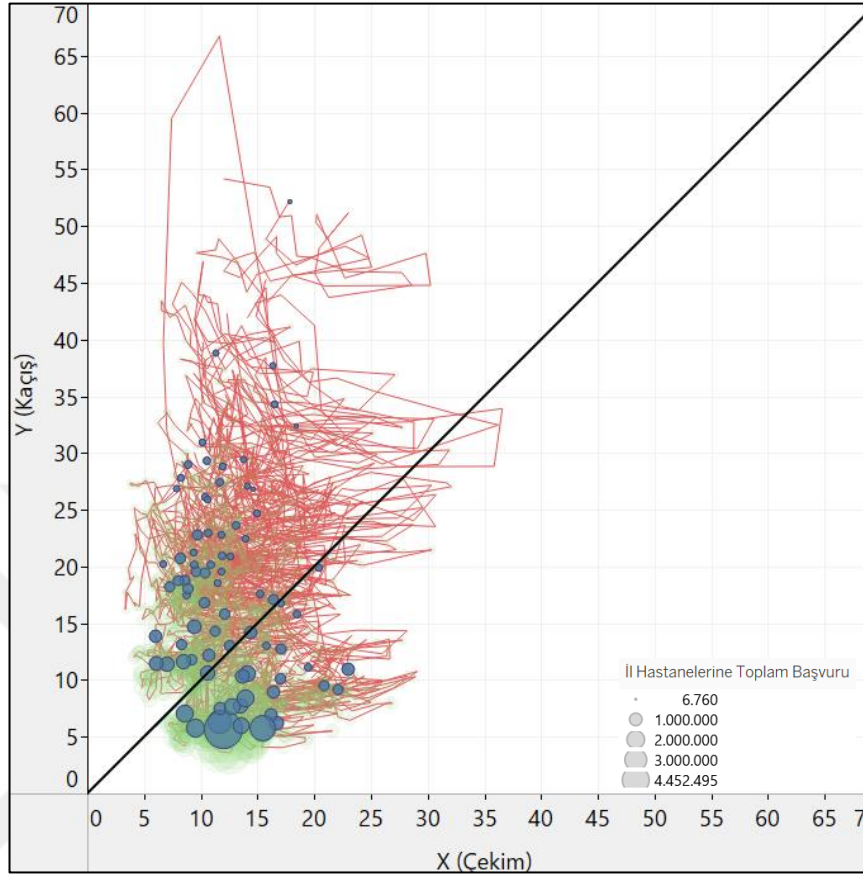
### 3.5.2.2 Aylık hareketlilik örüntüleri

İller arası hasta hareketliliğini aylık bazda incelemek mevsimsel dalgalanmaları görmemize ve dönemsel anomalileri tespit etmemize olanak sağlamaktadır. Aylık hareketlilik örüntüleri, yıllık hareketlilik örüntülerindeki aynı yöntemle, illerin gösterdiği değişimleri birbirini takip eden gözlemler arasında çizgiler çizmek suretiyle gerçekleştirilmektedir.

Şekil 3.8, her bir il için 48 aylık olmak üzere 81 il için Aralık 2009-Aralık 2013 dönemi arasında hasta hareketlerindeki mekansal-zamansal değişimi göstermektedir. Grafikteki daireler illeri, dairelerin boyutu ilde gerçekleşen toplam hasta başvurusunu, çizgiler ise illerin aylık değişimlerini yansıtmaktadır. İllerin mevcut konumu zaman serisindeki son değere (Aralık 2013) karşılık gelmektedir. Ayrıca grafikte aylık



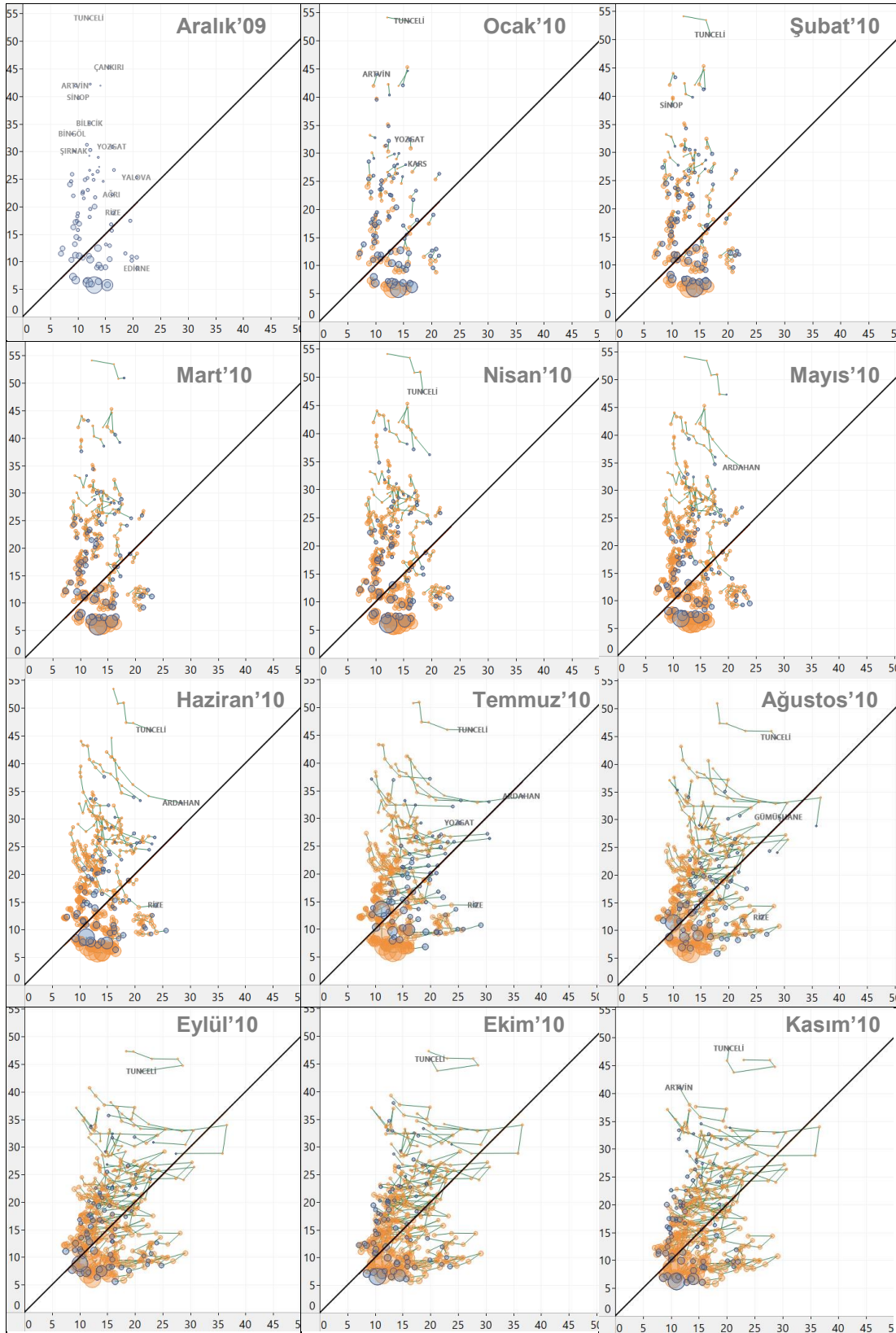
değişimlerin gerçekleştiği önceki gözlemler, gölgeleme yöntemiyle (yeşil renkte) açığa çıkarılmaktadır.



**Şekil 3.8 :** Zamansal GN grafiği, aylık değişimler.

Şekil 3.9'daki grafik serisi, Aralık 2009-Kasım 2010 dönemi için 12 aylık çekim/kaçış değişimini yansıtmaktadır. Buna göre ülke genelinde yaz aylarındaki hareketlilik metriklerindeki değişim dikkate değerdir. Yıl genelinde düşük çekim değerine sahip diyagramın sol-üst aralığında yer alan illerden çoğu, yaz aylarında önemli ölçüde cazibe kazandığı görülmektedir. Bu tekrarlayan hareketin Türkiye'de turizm sezonunda mevsimsel hareketlilikten kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

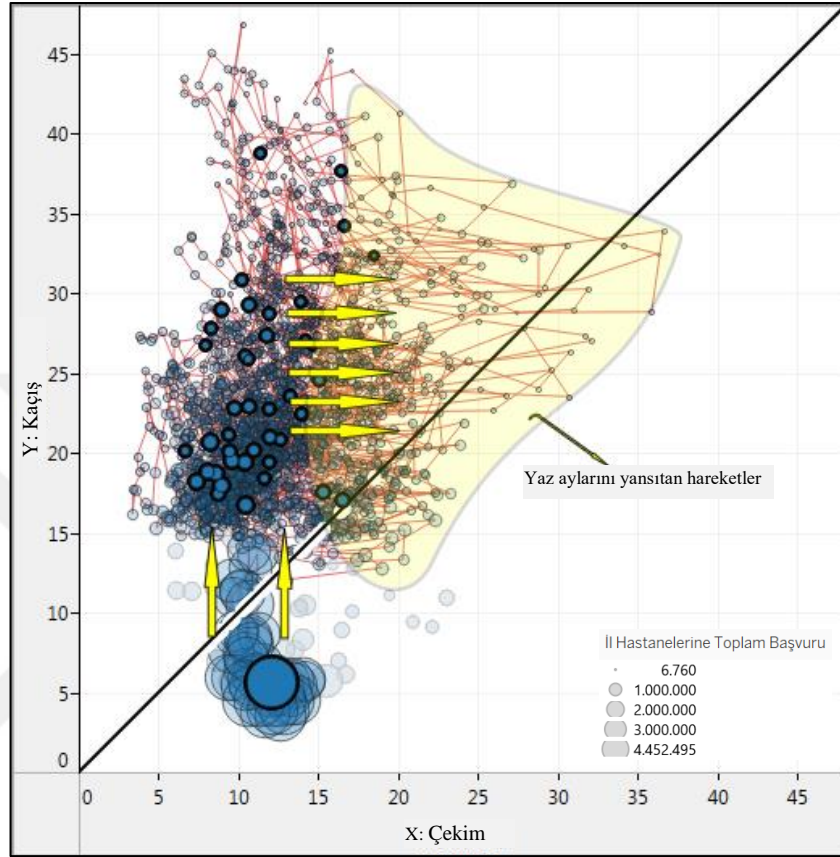
Ulusal düzeydeki araştırmalarda yüksek nüfuslu metropollerin aykırı durumlar oluşturabileceği göz önünde bulundurularak, aylık hasta hareketleri incelenirken özellikle İstanbul gibi tek başına ülke nüfusu üzerinde dominant etkiye sahip bir kentin etkisini ayrıca incelemek gerekmektedir. Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de illerin aylık hareketlilik varyasyonlarından elde edilen bazı anlamlı örüntüler çıkarılmıştır.



**Şekil 3.9 :** Zamansal çoklu GN grafiği aylık değişimler, Aralık 2009 – Kasım 2010.

Şekil 3.10'da İstanbul'un aylık hasta hareketlerindeki değişim ve bu değişimin diğer illerde yol açtığı dalgalanma görülmektedir. İstanbul'un sakinleri her yaz Anadolu'nun

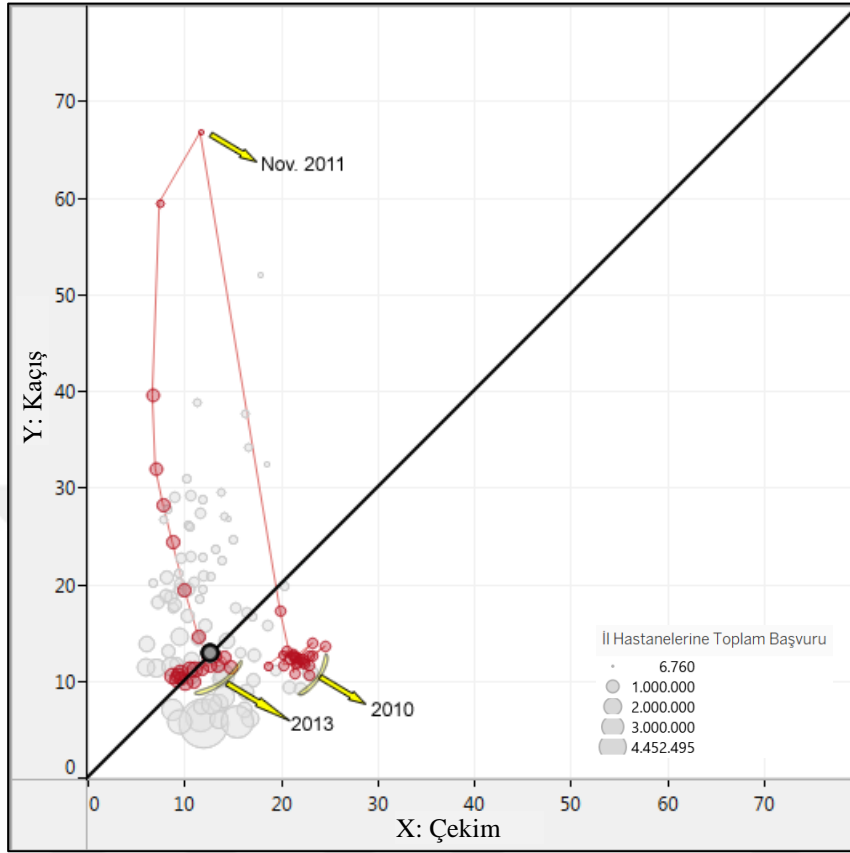
daha küçük illerinde yaşayan akrabalarını ziyarete veya tatil amacıyla güney illere seyahat etmektedir. Metropol kentler ile küçük şehirler arasında oluşan bu hareketlilik örüntüsü, sağlık planlaması süreçlerinde ilgili karar vericiler tarafından dikkate alınmalıdır.



**Şekil 3.10** : Zamansal GN grafiği aylık değişimler, İstanbul ili hareketliliği.

Mekansal-zamansal değişimleri analiz etmek için geliştirdiğimiz görselleştirme yöntemiyle anomali örüntüler de tespit edilebilmektedir. Aylık hasta hareketi değişimleri incelendiğinde, Doğu Anadolu'nun önemli bir ili olan Van'da hasta hareketliliği benzersiz bir örüntü sergilediğini görebiliriz (Şekil 3.11). Van ilinde 2010 yılında sırasıyla 22 ve 12 civarından olan çekim-kaçış değerleri 2011 yılının Kasım ayında ani bir şekilde değişmiştir. Çekim değeri 10'a düşerken kaçış değeri 70'e kadar çıktığı gözlemlenmektedir. Bu duruma Van ilinde 2011 yılında yaşanan büyük depremin yol açtığını tahmin etmek zor değildir. Kenti vuran doğal afet 500'ü aşkın kişinin ölümüne ve binlerce kişinin diğer şehirlere göç etmesine neden olmuştur. Hastaneler de dahil olmak üzere yıkılmış altyapı büyük ölçüde bir yıldan az bir sürede yeniden inşa edilmiş olması hasta kaçışını kademeli olarak durdurmasına karşın, çekim değerinin 2013 yılında eski değerine gelmediği görülmektedir. Çalışmada

yakaladığımız bu örüntü görselleştirme aracının mekansal örüntüleri inceleyen literatüre katkısının önemli bir kanıtıdır.



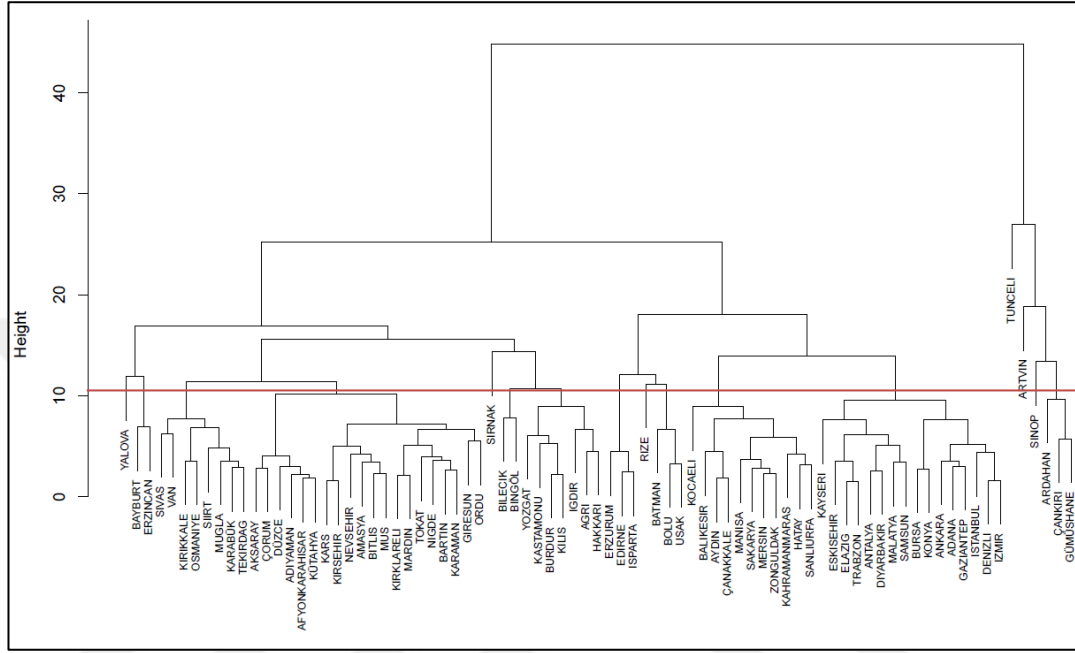
Şekil 3.11 : Zamansal GN grafiği aylık değişimler, Van ili.

### 3.5.3 Kümeleme sonuçları

Grafik görselleştirme düzleminde dağılımını ve zamana göre değişimini analiz ettiğimiz illerin hasta hareketlerine ilişkin ortak özellikler gösterebileceğine Bölüm 3.5.1 ve 3.5.2’de değinilmişti. GN ile yapılan mekanlar arasındaki hareketlilik analizlerinin çoğu az sayıda örnekleme gerçekleştirildiğinden grafik alanında hizmet merkezleri arasındaki değişimi, yani sağlık hizmet merkezlerinin karakteristiğini takip etmek mümkün olabilmektedir. Ancak Türkiye gibi il düzeyinde 81 idari merkezin olduğu büyük ölçekli bir araştırma alanındaki hasta hareketlerini gözlemlemek zorlaşmaktadır. Bu çalışmada çekim-kaçış metriklerine göre grafik ortamında zamansal değişimleri analiz edilen hizmet merkezlerinin, hasta hareketleri karakteristiklerine göre ortaya çıkarılan kümelerine ilişkin sonuçlar sunulmuştur.

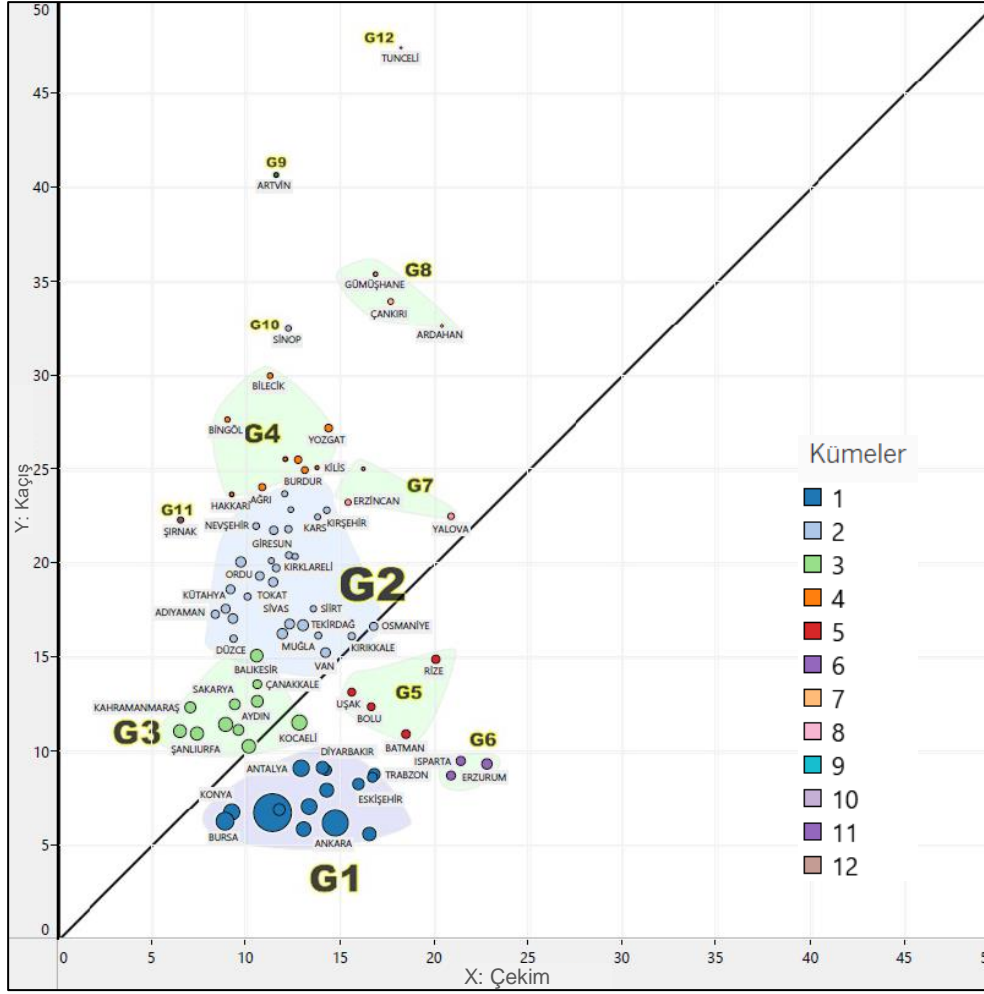
Şekil 3.12’de hiyerarşik kümeleme algoritması ile ürettiğimiz kümelerle ilişkin dendrogram grafiği gösterilmiştir. Bu kümeleme yönteminde kesim seviyesi deneysel olarak seçilmektedir. Çeşitli eşik değerleri test ettikten sonra küme sayısı üyeler ve

küme sayısının dağılımları dikkate alınarak 12 yükseklik değeri eşik olarak seçilmiştir. Hiyerarşik kümeleme yöntemine göre oluşturulan kümelere ilişkin dendrogram grafiği, en yakın grupların tek bir grup oluşturana kadar çizgilerle birleştirilmesi yoluyla elde edilir. Grup sayısını belirleyen kırmızı eşik çizgisi gözleme dayalı (ampirik) olarak seçilmektedir. Bu çalışmada yükseklik eşiği 12 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.12 : Hiyerarşik kümeleme için üretilen dendrogram.

Kümeleme sonucunda elde edilen 12 grup renklerle vurgulanarak Şekil 3.13'de sunulmuştur. Gruplardan dört tanesi (G1-G4) 81 ilin 64'ünü içermektedir. İstanbul, Ankara ve İzmir de dahil olmak üzere en kalabalık illerin şemanın altındaki aynı kümede yer aldığı görmek şaşırtıcı değildir (G1). Yüksek kaçış oranları olan en az nüfuslu iller genel olarak diyagonal çizginin üstünde ve grafiğin sol alt köşesinden (örneğin G2, G4, G7) uzakta kümelemektedir. Bununla birlikte, bazı iller bu kolayca tanımlanabilen gruplardan herhangi birine uymamaktadır. 81 il arasında en yüksek çekim ve düşük kaçış değerlerine sahip olan Edirne, Erzurum ve Isparta ayrı bir kümede yer almıştır (G6). Bu üç ilin diğer egemen gruplardan farklı olarak benzer hasta hareketi örüntülerine sahip oldukları ortaya çıkmaktadır. Diğer kümelere ilişkin sonuçların yorumlanması sağlık yönetimi alanındaki karar vericilerin dikkatine bırakılacaktır. Çizelge 3.5'te illerin yer aldığı kümeler ve küme üye sayısına ilişkin bilgiler sunulmuştur.



Şekil 3.13 : Kümeleme sonuçları GN grafiği, 4 yıllık ortalama.

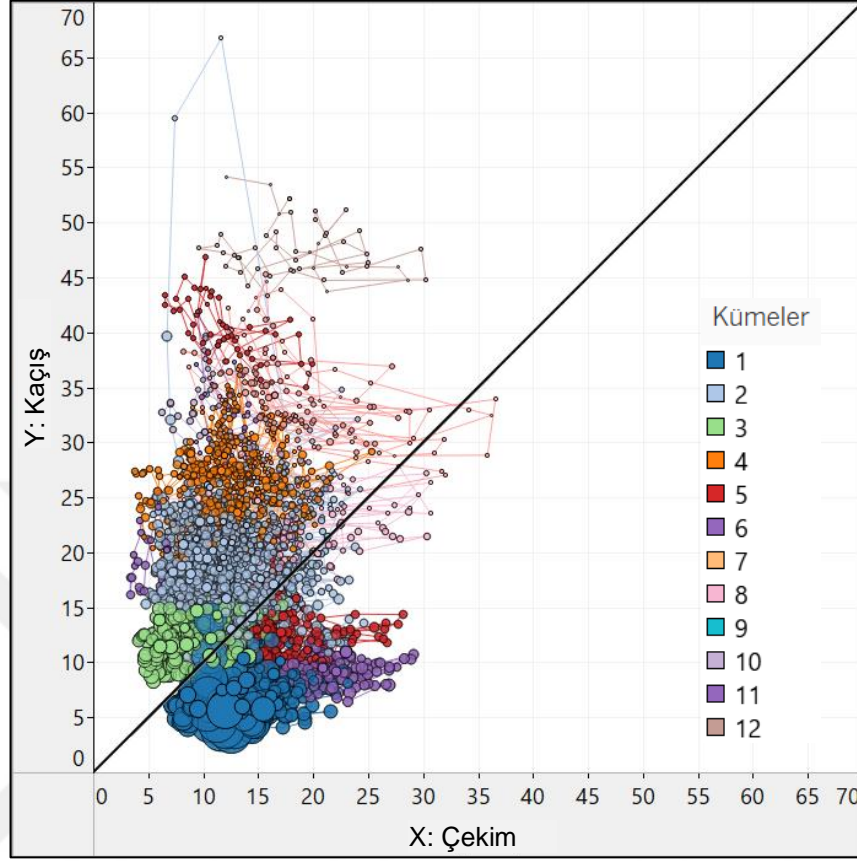
Çizelge 3.5 : Kümeleme sonuçları, gruplar ve üye sayısı.

Grup: 01 Üye sayısı: 16	Grup: 02 Üye sayısı: 28	Grup: 03 Üye sayısı: 11	Grup: 04 Üye sayısı: 9
Adana, Ankara, Antalya, Bursa, Denizli, Diyarbakır, Elazığ, Eskişehir, Gaziantep, İstanbul, İzmir, Kayseri, Konya, Malatya, Samsun, Trabzon	Adıyaman, Afyonkarahisar, Aksaray, Amasya, Bartın, Bitlis, Çorum, Düzce, Giresun, Karabük, Karaman, Kars, Kırıkkale, Kırklareli, Kırşehir, Kütahya, Mardin, Muğla, Muş, Nevşehir, Niğde, Ordu, Osmaniye, Siirt, Sivas, Tekirdağ, Tokat, Van	Aydın, Balıkesir, Çanakkale, Hatay, Kahramanmaraş, Kocaeli, Manisa, Mersin, Sakarya, Şanlıurfa, Zonguldak	Ağrı, Bilecik, Bingöl, Burdur, Hakkari, Iğdır, Kastamonu, Kilis, Yozgat
Grup: 05 Üye sayısı: 4	Grup: 06 Üye sayısı: 3	Grup: 07 Üye sayısı: 3	Grup: 08 Üye sayısı: 3
Batman, Bolu, Rize, Uşak	Edirne, Erzurum, Isparta	Bayburt, Erzincan, Yalova	Ardahan, Çankırı, Gümüşhane
Grup: 09 Artvin	Grup: 10 Sinop	Grup: 11 Şırnak	Grup: 12 Tunceli

Şekil 3.14’de aylık zamansal hareketlilik örüntülerindeki tüm gözlemler elde edilen kümelere göre renklendirilmiştir. Bu dağılım özellikle çok sayıda gözlem için zamana



göre hareketlilik örüntülerindeki değişimlerin yorumlanması konusunda kümeleme yönteminin kullanılmasının yararını daha iyi ortaya koymaktadır.



Şekil 3.14 : Zamansal GN grafiği aylık değişimler, kümeleme sonuçları.

Şekil 3.14'teki gösterim incelendiğinde, ortalama değerler esas alındığında çekim/kaçış değerleri birbirine yakın gibi görünen bazı gözlemlerin farklı kümelerde yer alabildiği görülmektedir. Diagonalin üstünde görünen diğer kümelerden farklı olarak G7 ve G11'in gözlem çiftleri, yılın belirli zamanlarında köşegenin altına düşmekte ve bu kümelerin diagonalin üzerindeki diğer kümelerle karşılaştırıldığında ayırt edici bir örüntü ortaya koyduğu görülmektedir.

### 3.5.4 Kümeleme sonuçlarının istatistiksel analizi

Sağlık hizmet merkezleri hasta hareketleri karakteristiğine göre kümelere ayrılmasına karşın, ortaya çıkarılan gruplar arasında diğer göstergeler açısından fark olup olmadığı test edilmemiştir. Bu bölümde kümeleme sonuçlarını en iyi açıklayacak olan sağlık altyapısına ilişkin parametreler kullanılarak, gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olup olmadığı araştırılmaktadır. Bağımsız değişkenler ve nüfusa göre normalleştirilmiş versiyonları kullanılarak, kümeleme analizinden çıkan grupların

tesadüfi olup olmadığının ve hasta hareketliliği metriklerinin illerin sağlık altyapısına ilişkin değişkenleri ne kadar temsil ettiğinin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır.

Bu amaçla, il nüfusu, ildeki sağlık personeli sayısı (hekim, uzman hekim ve diğer sağlık personeli), yatak sayısı (kamu, özel ve üniversite) ve bu değişkenlerin nüfusa göre normalleştirilmiş versiyonları gösterge olarak kullanılmıştır. İl bazında 2010-2013 periyodu için elde edilen sağlık altyapı göstergeleri, TÜİK tarafından yayınlanan yıllık sağlık istatistiklerinden alınmıştır [65]. Her bir il için bu periyottaki ortalama değerler kullanılmış ve her küme için grup içindeki tüm illerin ortalaması alınmıştır (Çizelge 3.6).

**Çizelge 3.6 : Kümelere göre sağlık göstergeleri ortalamaları.**

Küme	Üye S.	Nüfus		Uzman H.		Hekim		Tp. Hekim		DSPS		ÜHYS		ÖHYS		THYS	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
1	16	2 575 993	3 069	114	1 058	46	4 127	160	8 582	396	1 562	78	1 368	44	6 850	296	
2	28	474 626	649	133	337	73	986	206	2 685	589	96	17	119	22	1 069	228	
3	11	1 190 143	832	73	525	46	1 358	118	3 879	342	291	26	289	23	2 420	215	
4	9	298 027	278	106	218	81	496	188	1 684	642	6	1	43	12	556	184	
6	3	531 406	930	187	378	71	1 308	259	3 332	664	862	166	137	29	2 409	462	
5	4	368 144	512	156	292	85	804	241	2 496	737	61	22	190	46	1 069	312	
7	3	168 572	243	138	186	111	429	249	1 464	891	0	0	44	20	342	201	
8	3	141 046	183	150	147	116	330	266	1 126	878	0	0	26	14	311	215	
9	1	166 892	357	214	214	128	572	342	1 915	1 147	0	0	0	0	471	282	
10	1	202 912	273	135	239	118	512	252	1 602	790	0	0	0	0	531	262	
11	1	457 586	149	33	204	45	353	77	915	200	0	0	0	0	490	107	
12	1	83 366	325	389	261	313	586	702	1 418	1 700	0	0	0	0	177	212	

**A:** Toplam değer küme ortalaması, **B:** 100 bin kişi başına ortalama değer küme ortalaması, **DSPS:** Diğer sağlık personeli sayısı, **ÜHYS:** Üniversite hastane yatak sayısı, **ÖHYS:** Özel hastane yatak sayısı, **THYS:** Toplam hastane yatak sayısı

İstatistiksel testlerde kullanılacak değişkenlere ilişkin değişken türü ve tanımlamaları Çizelge 3.7’de verilmektedir. Buna göre bağımlı değişken (küme grupları) kategorik, bağımsız değişkenler sürekli formdadır. Veriler sınıflandırma ölçeğinde olduğundan ve her kümedeki örneklem sayısı 30’un altında kaldığından gruplar arasındaki farkları tespit etmek için parametrik olmayan testler kullanılmıştır.

Gruplar arasındaki ortalama farklılıkları açıklamak için sıralamaya dayalı parametrik olmayan testlerden Kruskal-Wallis (K-W) [66] istatistik testi kullanılacaktır. K-W, varyans analizi (ANOVA) testinin parametrik olmayan eşdeğeri olarak kabul edilir. Bu test, bağımlı değişkenin (kümelerin) sınıflama ölçeğinde olduğu (kategorik) ve bağımsız değişkenin (ölçülen değerlerin) sürekli olduğu durumlarda uygundur. K-W



istatistiksel testi her grup için en az altı örnek gerektirdiğinden [67] az sayıda üyeye sahip kümeler (G5-G12), istatistiksel testlerden hariç tutulmuştur.

**Çizelge 3.7 : İstatistiksel analizde kullanılan değişkenler.**

Değişken	Değişken türü	Tanımlama
Küme grupları	Kategorik	Hasta hareketlilik örüntüleri kümeleme sonuçları
Nüfus	Sürekli	Küme içerisinde yer alan illeri nüfus ortalaması
Uzman Hekim	Sürekli	Uzman hekim sayısı (asistanlar uzman olarak alındı)
Hekim	Sürekli	Hekim sayısı
Toplam Hekim	Sürekli	Toplam hekim sayısı
Diğer Personel	Sürekli	Toplam sağlık personeli sayısı
Toplam Yatak	Sürekli	Toplam hastane yatak sayısı
Özel H. Yatak	Sürekli	Özel hastane toplam yatak sayısı
Üniversite H. Yatak	Sürekli	Üniversite hastanesi toplam yatak sayısı
Nüfusa G. Uzman H.	Sürekli (oran)	$(\text{Uzman Hekim} / \text{Nüfus}) * 100.000$
Nüfusa G. T. Hekim	Sürekli (oran)	$(\text{Toplam Hekim} / \text{Nüfus}) * 100.000$
Nüfusa G. Diğer Per.	Sürekli (oran)	$(\text{Diğer Per.} / \text{Nüfus}) * 100.000$
Nüfusa G. Özel H. Yatak	Sürekli (oran)	$(\text{Özel H. Yatak S.} / \text{Nüfus}) * 100.000$
Nüfusa G. Üniv. H. Yatak	Sürekli (oran)	$(\text{Üniv. H. Yatak S.} / \text{Nüfus}) * 100.000$
Nüfusa Göre Toplam Yatak	Sürekli (oran)	$(\text{Toplam Yatak S.} / \text{Nüfus}) * 100.000$

Çizelge 3.8’de K-W testinin sonuçları verilmektedir. Sonuçlarda gözlemlenen  $p$  değerleri, biri hariç (Nüfusa Göre Toplam Hekim) açıklayıcı değişkenlerin tamamına göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. Nüfusa göre normalleştirilen toplam hekim değişkeninde gruplar arasında bir fark çıkmaması, pratisyen hekim dağılımının nüfusa oranla gruplar arasında değişmediği şeklinde yorumlanmıştır.

Elde edilen sonuçlar, hasta hareketlilik verilerine dayanılarak oluşturulan başlıca kümelerin, ilgili temel sağlık göstergeleri ile istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyona sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, hasta hareketliliğinin, bir ülkedeki sağlık hizmeti sunumunun genel etkinliğini değerlendirmek için temsili/vekil bir değişken olarak kullanılabileceğini ve sağlık parametrelerini kullanarak saptanamayan sistemdeki anormalliklerin veya boşlukların belirlenmesi konusunda ilave bir avantajı olduğunu doğrulamaktadır.

**Çizelge 3.8 : K-W test sonuçları.**

Değişken	Ki-kare	P (df = 3)
Nüfus	41.3552	5.498e-09
Uzman Hekim	34.2144	1.785e-07
Hekim	31.198	7.722e-07
Toplam Hekim	33.9442	2.036e-07
Diğer Personel	33.5121	2.511e-07
Toplam Yatak	45.9917	5.695e-10
Üniv. H. Yatak	44.6966	1.073e-09
Özel H. Yatak	38.2541	2.497e-08
Nüfusa G. Uzman Hekim	10.4101	0.01538
Nüfusa G. Hekim	18.6265	0.0003266
Nüfusa G. Toplam Hekim	5.0931	0.1651
Nüfusa G. Diğ. Per.	8.1789	0.04245
Nüfusa G. Toplam Yatak	13.7041	0.003337
Nüfusa G. Üniv. Yatak	33.7183	2.272e-07
Nüfusa G. Özel Yatak	21.31	9.077e-05

### 3.6 Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, bir ülkenin coğrafi bölgeleri arasındaki hizmet sunumu farklılıklarını tanımlayabilmek için mekansal etkileşim örüntülerinin analizinin önemini ortaya koymaktadır. Çalışmanın birincil katkısı, karar vericilerin hasta hareketi örüntülerini tespit etmelerini ve sağlık hizmetlerinin dağılımındaki eşitsizlikleri belirleyebilmelerini sağlayan metodolojidir. Geliştirilen analitik yöntemle, hareketlilik verileri kullanılarak sağlık alanındaki hizmet merkezlerinin erişilebilirliğinin incelenebilmesi sağlanmıştır. Özellikle Türkiye'de olduğu gibi çok sayıda idari alanının ve mekansal-zamansal eğilimlerin olduğu durumlar için literatüre katkıda bulunmaktadır.

İller arasındaki hasta hareketliliğiyle hesaplanan erişilebilirliğe ilişkin göstergelerin (çekim/kaçış) zamana göre değişiminin görselleştirildiği bu çalışmada, GN ve hiyerarşik kümeleme algoritmaları birlikte kullanılarak benzer hasta hareketliliği örüntülerine sahip iller ve gruplar tespit edilmiştir. Zamansal GN dağılım grafiğiyle, yüksek kaçış oranına sahip dezavantajlı illerle birlikte hasta hareketliliği açısından ideal dengeye sahip iller ve bazı anomaliler belirlenmektedir. Dezavantajlı illerdeki hastaların ihtisas sağlık hizmetlerine erişimi oldukça düşük düzeyde olduğu

gözlemlenirken ideal durumdaki illerde ise büyük zamansal dalgalanmaların bulunduğu tespit edilmiştir.

Hiyerarşik kümeleme algoritması kullanılarak Türkiye için ulusal düzeyde uygulanan kümeleme analiziyle, benzer özellikler sergileyen dört ana grup ve daha küçük ve yalıtılmış diğer sekiz il grubu ortaya çıkarılmıştır. İstatistiksel testler, hasta hareketlilik verileri kullanılarak tanımlanan grupların, temel sağlık altyapı göstergeleri açısından birbirinden ayrıldığını ortaya koymaktadır. Kümeleme sonuçları, bazı illerin hasta hareketliliği açısından cazibesinin sağlıkla ilgili hizmetlere ve tek başına sosyoekonomik özelliklere bağlı olmadığını göstermektedir. Batman, Uşak ve Bolu gibi iller, sağlıkla ilgili daha az tesis ve daha düşük sosyoekonomik statüye sahip olmalarına karşın, çekim seviyeleri orta büyüklükteki illerden normalden nispeten yüksektir.

Bu araştırmada, hasta hareketliliğinin analizi, herhangi bir tıbbi branşa bakılmaksızın, ulusal düzeydeki ikinci ve üçüncü kademe sağlık hizmetlerinin bütünü için ele alınmıştır. Bununla birlikte, hasta hareketliliği analizinde kümeleme yaklaşımı, belirli bir tıbbi branşa özel sağlık hizmeti bölgelerini tanımlamak için de uygulanabilir. Böyle bir çalışma, verilerin genel analizinden mümkün olmayan belirli bir uzmanlığa yönelik sağlık hizmetlerinin bölgesel erişilebilirliğini daha iyi anlamaya imkan sağlayacaktır.

Çalışmada kamu büyük veri kaynaklarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Veri seti, Türkiye'de ulusal düzeyde 4 yıllık bir süre zarfında gerçekleşen 1.2 milyar hastane başvurusu hakkındaki bilgiyi temsil etmesi açısından kapsayıcıdır. Çalışmanın ulusal ölçekte yapılması, çok boyutlu öznitelik verileri içermesi ve mekansal-zamansal nitelik taşımamasından dolayı sağlık sektöründeki büyük veri analizi araştırmalarına örnek olarak gösterilebilir.

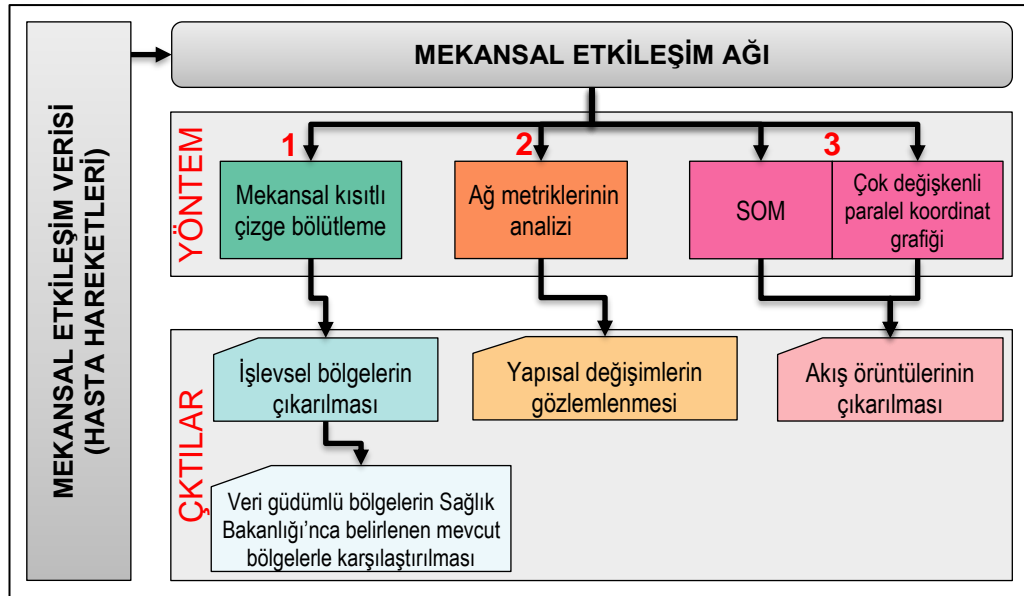
Araştırmada Türkiye hasta hareketlilik verileri kullanılmış olsa da kümeler arasındaki örüntülerin bu şekilde analizi, çok sayıda yönetim merkezine sahip diğer ülkelere de uygulanabilir. Kullanılan metodoloji, yöneticilerin mevcut sağlık servislerinde potansiyel boşlukları belirleyebilmeleri için bir kılavuz olabileceği ve dezavantajlı bölgelerdeki sağlık hizmetlerinin sunum kalitesinde iyileşme ile ilgili gelecek planlama kararlarında da önemli bir rol oynayabileceği değerlendirilmektedir.



#### 4. MEKANSAL ETKİLEŞİM AĞLARIYLA İŞLEVSEL BÖLGELERİN VE AKIŞ ÖRÜNTÜLERİNİN ORTAYA ÇIKARILMASI

Mekansal nüfus hareketliliğine ilişkin büyük hacimli ve boylamsal verilerin (belirli bir zaman aralığı için tekrar eden) analizi, sağlık, enerji, ulaşım, şehir ve bölge bilimi gibi farklı alanlarda planlama ve politika oluşturma için önemlidir. Aralık 2009-Aralık 2013 dönemi için Türkiye'nin sağlık sisteminde hasta hareketliliğini ağ modeliyle ele alan bu çalışmada, büyük boylamsal hareketlilik verilerinden işlevsel bölgeler, yapısal değişiklikler, çok değişkenli ve mekansal-zamansal akış örüntüleri ortaya çıkaran entegre bir yaklaşım kullanılmıştır.

Araştırma kapsamında sağlık hizmetlerine erişmek amacıyla yerleşim yerleri arasında gerçekleşen hasta hareketlerinden Kaynak-Hedef (K-H) konum çiftleri arasında bir mekansal etkileşim ağı çıkarılmaktadır. Elde edilen hareketlilik ağı kullanılarak birbirini tamamlayan üç bileşenden oluşan bir analiz gerçekleştirilmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Analiz aşamaları, yöntem ve çıktılar.

Birinci aşamada, hareketlilik ağı kullanılarak mekansal kısıtlı çizge bölütleme (spatially-constrained graph partitioning) yaklaşımıyla sağlık hizmetlerinde işlevsel bölgeler ortaya çıkarılmıştır. Hasta hareketleri verilerine dayandığı için veri güdümlü

olarak isimlendirilmiş olan bu bölgeler, doğal hizmet sunum alanlarını (catchment area) yansıtmaktadır. Bu aşamada ilave olarak, araştırma sonucunda ortaya çıkarılan bölgeler Sağlık Bakanlığı'nca belirlenen yürürlükteki sağlık hizmet bölgeleriyle karşılaştırılmaktadır.

İkinci aşamada, mekansal etkileşim ağ yapısının ağırlıklı kümeleme katsayısı ve modülerlik metrikleri esas alarak, hareketlilik ağındaki zamana göre oluşan yapısal değişiklikler tanımlanmaktadır. Araştırmanın üçüncü aşamasında, hasta hareketliliğinin mekansal-zamansal ve çok değişkenli akış örüntüleri, öz düzenleyici haritalar (Self-Organized Map: SOM) ve çok değişkenli paralel koordinat grafiği kullanılarak analiz edilmektedir. Çalışma sonucunda mekân ve zaman boyutunda değişen hasta hareketliliği desenlerinde çeşitli ilginç örüntüler ortaya koyulmuştur. Bölgesel ve zamansal farklılıkları gözlemlediğimiz hareketlilik örüntüleri, çeşitli boyutlarda sağlık hizmeti sunumu ve arz-talep dengesizliklerine işaret etmektedir.

Bu araştırmada kullanılan veriler aylık bazda sağlık kuruluşlarına kabul edilen hasta sayısını içermektedir. Verilere ilişkin ayrıntılı açıklama “Bölüm 1.3. Örnek Olay ve Veri” bölümünde sunulmaktadır.

Bu bölüm, tez yazarının girişimiyle başlayan bir akademik işbirliğiyle gerçekleştirilmiş ortak bir araştırma çalışmasına [17] dayanmaktadır.

#### **4.1 Giriş**

Konumsal bazlı servislerin kamu hizmetleri, temel altyapı ve ulaşım gibi sistemlere entegrasyonu sayesinde geniş hacim ve çeşitlilikte hareketlik verilerinin üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Mekansal etkileşim verisinin analizi sağlık, enerji, ulaşım ve şehir planlama gibi farklı alanlarda etkili politikaların uygulanması ve planlama için önemlidir. Örneğin, bir sağlık sisteminde hasta hareketliliğindeki coğrafi ve zamansal farklılıkların belirlenmesi, arz ve talep arasındaki dengesizliğin ortaya çıkarılmasına, hareketlilik davranışlarındaki değişikliklerin belirlenmesine ve daha iyi bir kavrayışla politika oluşturma sürecinin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Mekansal K-H ağlarını oluşturacak hareketlilik verileri, genellikle belirli bir zaman aralığındaki etkileşimlerin ağırlık değerinden çıkarılır. Büyük hacimli boylamsal hareketlilik verisinden yararlı bilgilerin ortaya çıkarılması, bu tür verilerin içerdiği hacim, çeşitlilik ve karmaşıklık nedeniyle güçtür.

K-H ağlarını analiz eden literatürdeki çalışmalar, işlevsel bölgelerin ortaya çıkarılması [5], ilgi noktaları (mekanlar) [68], zaman içindeki akış örüntüleri ve eğilimleri [69-71] ve ağın coğrafi ve yapısal özelliklerinin ortaya çıkarılması [72,73] gibi bir dizi ana temaya odaklanır. Bu ana temalar, bugüne kadar birçok problem için ayrı ayrı uygulanmış olsa da sadece birkaç çalışma [5,74-78], büyük hacimli ve boylamsal hareketlilik ağlarının analizi için birden fazla temayı entegre etmiştir.

Bu çalışmayla büyük hacimli boylamsal hareketlilik verilerinden ağ yapı modeline dayalı olarak işlevsel bölgelerin ortaya çıkarılması, mekansal akış örüntülerinin tespit edilmesi ve zaman içindeki değişimlerinin keşfedilmesi için çoklu analiz temalarını birleştiren bir yaklaşım sunulmaktadır (Şekil 4.1).

İller arasında gerçekleşen hasta hareketlerinden üretilen ağ yapı modelinde, düğümler illeri; bağlantılar ise iller arasındaki hasta hareketlerini temsil eder. Aylık dönemler için hesaplanmış ilden ile hasta hareketliliğinin toplamı, oluşturulan mekansal etkileşim ağı modelinde ilişkilerin ağırlığını temsil etmektedir. İl-il K-H hareketlilik ağına mekansal olarak sınırlanmış bir çizge bölütleme (graph partitioning) yöntemi [5] uygulanarak veri güdümlü işlevsel bölgeler elde edilmektedir. Ortaya çıkarılan bölgeler Sağlık Bakanlığının belirlediği mevcut sağlık bölgeleriyle kıyaslanarak bölgesel politikaların hastaların hareketleri ve seçimiyle ilişkisi incelenecektir. Bunun yanında, oluşturulan ağ yapısında ağırlıklı kümeleme katsayısı ve modülerlik parametreleri esas alınarak ağdaki zamana göre meydana gelen yapısal değişiklikler tespit edilmektedir. Ayrıca, öz düzenleyici haritalar, çok değişkenli paralel koordinat grafiği ve akış haritası çıkarma yöntemleri kullanılarak mekansal-zamansal ve çok değişkenli akış örüntüleri ortaya çıkarılmıştır.

## 4.2 Literatür

Boylamsal K-H ağlarının karakteristiğini, bağlantılarını ve bu ağlardaki topluluk yapılarının gelişimini inceleyen literatürdeki çalışmalar iki farklı kavramlaştırmaya dayanmaktadır. Birincisi belirli bir zaman aralığında (zaman penceresi) gerçekleşen mekanlar arasındaki etkileşimleri durağan çizge (graph) dizileri olarak gösterirken, ikincisi ise her biri asıl zaman periyodunun ardışık birer alt kesitleri olan zaman pencerelerini temsil eden değişen alt-çizgeler olarak gösterir [79]. Belirli durağan bir zaman aralığındaki toplam etkileşimi temsil eden çizgeler, söz konusu çevrimde meydana gelen değişken etkileşimlerin güçlü dalgalanmalarını azaltır ve evrimin genel

eğilimlerine odaklanır. Dinamik ağlarda çizge dizilerini elde etmek için, seçilen zaman pencereleri sürekli değiştirilerek örtüşmeyen aralıklar kullanılabilceği gibi her pencere için yeni bir çizge oluşturularak tekrarlı bir ağ yapısı da oluşturulabilir [17]. Bu çalışmada ağdaki örüntülerin genel mekansal-zamansal eğilimlerini ortaya çıkarmak için statik çizge dizilerinde toplulaştırılmış etkileşimlere odaklanılmıştır.

Ağ yapılarını inceleyen çalışmalar odaklanılan temaya göre dört ana başlık altında incelenmektedir [17]. Bunlar; ağın genel yapısını inceleyen çalışmalar, ağdaki düğümlerin ayırt edici özelliklerine odaklanan araştırmalar, ağdaki bağlantılara veya akışlara ilişkin çalışmalar ve ağda yer alan küme, grup, topluluk ve benzeri yapıları ortaya çıkaran araştırmalardır.

Ağın genel yapısıyla ilgili araştırmalar, bir bütün olarak ağın yoğunluğu, bağlantıların dağılımı, ağın türü gibi genel topolojik ve yapısal tanımlamalarla ilgilenir. Mekansal ağlarda ağın genelini tanımlayan olguların içerisine topolojik ve coğrafi yapısı da dahil olur [72,73].

Ağdaki her bir düğümün özelliklerine odaklanan araştırmalarda, seçkin yerler veya popüler destinasyonlar gibi belirli özelliklere sahip mekanları ortaya çıkartan ilgi noktaları (points of interest) araştırılır. Bu konuda gerçekleştirilen çalışmalar genellikle; göç ağlarını [68], emtia akışlarını [80] veya havayolu ağları gibi [81] ağ yapılarını incelemektedir. Ağdaki düğümlerin ayırt edici özellikleri derece merkezilik metrikleri (derece merkezilik, arasında merkezilik, yakınlık merkezliliği vb.) veya akış büyüklüğü (toplam, gelen, giden, net vb.) gibi parametrelerle tanımlanmaktadır.

Topluluk yapılarını veya mekansal etkileşim ağlarındaki karşılığıyla işlevsel bölgeleri inceleyen çalışmalarda, ağın geri kalanıyla kıyaslandığında daha yoğun bağlantılara sahip belirli bir grup düğümün ortaya çıkarılması ve tanımlanması amaçlanır. Sosyal grupları bulmak, belirli canlıların yaşadığı habitatları belirlemek gibi uygulama alanları olan bu çalışmalarda kullanılan yöntemlere örnek olarak çizge bölütleme, kümeleme, mekansal bölgeleme gösterilebilir [5,82,83].

Ağ yapılarının analizinde bir diğer konu da akışları, akış örüntülerini ve bunların zaman içerisindeki değişimini inceleyen uygulamalardır. Genellikle göç hareketleri, insan, hayvan, emtia, bilgi, enerji, hastalık vb. olguların belirli yere doğru yönelmesi, yayılması konu edinilir. Mekansal etkileşim ilişkilerini de kapsayan bu araştırma alanında, birbirine benzeyen akış örüntülerinin ortaya çıkarılması, akış gruplarının



doğrultusu, karakteristiği, zaman içerisindeki değişimi incelenmektedir. Bu alanda kullanılan başlıca yöntemler; akış özelliklerini tanımlayan metrikler geliştirme [84], akış yumuşatma [85], yoğunluk temelli kümeleme [86,87], mekansal-zamansal kümeleme ve görselleştirme [71,77], bağlantı demetleme (edge bundling) [69,70] olarak sayılabilir.

Bu ana temalar çok çeşitli uygulama problemlerine uyarlanmış olmasına karşın, az sayıdaki çalışma, büyük hacimli ve boylamsal mekansal hareketlilik ağlarının sistematik analizini gerçekleştirmiştir [5,74-78].

### **4.3 Türkiye’de Sağlık Bölgeleri**

Bu çalışmanın amaçlarından biri de hasta hareketliliği mekansal etkileşim ağını kullanarak veri güdümlü işlevsel hizmet bölgelerinin ortaya çıkarılmasıdır. Buna ilave olarak, mevcut sağlık bölgeleme sisteminin verimliliğini değerlendirmek amacıyla, tespit edilen bölgeler Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen yürürlükteki sağlık bölgeleriyle karşılaştırılacaktır.

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, özellikli planlama gerektiren sağlık hizmetleri için 2011 yılında yeni bir bölge merkezli planlama belgesi yayınlamıştır [64]. Bu düzenleme ile Türkiye’de 81 ili içine alan 29 sağlık hizmet bölgesi oluşturulmuştur. Türkiye sağlık bölgeleri; nüfus yoğunluğu, sosyoekonomik yapı, ulaşım, sağlık hizmeti sunumunun kalitesi ve kapasitesi gibi temel göstergeler baz alınarak oluşturulmuş ve kapasiteleri yetersiz çevre illere hizmet veren bölge merkezleri belirlenmiştir. Bu belgede kabul edilen politikaya göre, her bölgedeki hastalar öncelikle diğer merkezlerden önce kendi bölgesel sağlık merkezinden sağlık hizmeti almalıdır. Ancak, başvuru şartı bulunmadığından ve vatandaşların genel sağlık sigortası ile sağlık hizmetlerini seçme konusunda özgür olmaları nedeniyle, Sağlık Bakanlığı bölgelerinin uygulamada etkin bir şekilde çalışıp çalışmadığı açık değildir. Şekil 4.2’deki harita, her bölge için belirlenen sağlık hizmet merkezlerini gösterilmektedir.



Şekil 4.2 : Sağlık Bakanlığı'nın yürürlükteki sağlık bölgeleri.

## 4.4 Yöntem

### 4.4.1 Tanımlamalar

Hasta hareketlilik verileri doğal olarak iki tip düğümün bulunduğu iki bölümlü bir mekansal ağ oluşturur; hasta ikamet illeri ve hastaneler. Bu ağdaki bir kenar (akış), hastanın kendi ikametgâhından (kaynak) bir hastaneye (hedef yer) olan hareketliliğini temsil eder. Türkiye'nin idari birimlerin hiyerarşisinde iller, ilçelere; ilçeler de mahallelere ayrılır. Bu çalışmada elde edilen verilerden hastaların ikametini temsil eden kaynak düğümler ilçe düzeyinde, tedavi merkezlerinin konumunu gösteren hedef düğümü ise il düzeyinde sağlanmaktadır. Kaynak ve hedeflerin mekansal çözünürlüğünü eşleştirebilmek için ilçe düzeyindeki veriler gruplanarak il düzeyine çıkarılmıştır. Elde edilen mekansal etkileşim ağı doğrudan bağlantı türünde olup, düğümler ağdaki her bir ili; bağlantılar ise iller arasındaki belirtilen dönem için toplam hasta akışını göstermektedir. Ağda her bir akışın toplam hacmine ek olarak aynı zamanda hastane türü, hizmet sunum kademesi, tıbbi uzmanlık branşı gibi her bir akışın çok değişkenli özellikleri bulunmaktadır.

Bir boylamsal K-H hareketlilik ağı, bir dizi örtüşmeyen zaman penceresi şeklinde ifade edilebilir. Burada her pencere, bulunduğu zaman kesitindeki akışların bir anlık görüntüsünü temsil eden bir alt K-H ağına sahiptir. Başlangıç zamanı  $t_{min}$ , bitiş zamanı  $t_{max}$  olan bir zaman sıralı hareketlilik çizgesi  $M_w^t(t_{min}, t_{max})$  olsun. Burada  $w$  zaman sıralı hareketlilik çizgesindeki her bir zaman kesitinin (ör; saat, gün, ay, yıl vb.) büyüklüğünü gösterirse, dinamik ağı tamamı denklem 4.1'deki gibi olur.

$$M_{t_{min}}^w, M_{t_{min+w}}^w, \dots, M_{t_{max}}^w \quad (4.1)$$

K-H ağı içerisindeki her bir  $M_t^w$  çizgesi bir dizi  $P = \{p_1, \dots, p_n\}$  düğüm noktası ile bir dizi  $F = \{f_{ij}^s\}$  bağlantıdan oluşur. Ağdaki her bir kenar  $f_{ij}^s$   $i$ 'den  $j$ 'ye  $s$  zaman penceresindeki bir akışı temsil etmekte ve  $i \in P, j \in P, i \neq j, t \leq s \leq (t + w)$  koşullarını taşımaktadır.  $M_t^w$  çizgesi içerisinde her bir konum sabit koordinatlara sahiptir. Ancak, konumların varlığı iki düğüm arasında bir noktadan diğerine gerçekleşen akışlara bağlıdır. Zaman penceresinin büyüklüğünü değiştirerek, zamansal ölçeklerde farklı düzeylerde düğüm sayısı yoğunluğu (granularity) elde edilebilir. Farklı boyutlardaki pencereler farklı anlamlı davranışlar yakalamaya yardımcı olabileceğinden, zaman penceresi için uygun bir boyut seçmek uygulamaya özel bir sorundur, ancak her çizge arasındaki en iyi farkları yakalamak için maksimum zamansal çözünürlük tercih edilir [88]. Bir taraftan yüksek zamansal çözünürlük, en küçük zaman birimine karşılık gelen her aralıkta veya çizgenin iki ardışık formu arasındaki değişimleri yansıtırken [79] diğer yandan, en düşük çözünürlüğün seçilmesi zaman içindeki tüm etkileşimleri bir araya getiren tek bir grafiği gösterecektir.

Bu çalışmada, veri güdümlü işlevsel bölgeleri ve çok değişkenli akış örüntülerini tanımlamak için en düşük zamansal çözünürlüğü yansıtan 4 yıllık veriler kullanılırken, ağdaki yapısal karakteristiğinin zamansal gelişimini ve mekansal-zamansal akış örüntülerini tanımlamak için ise K-H çizgelerinin en yüksek zamansal çözünürlüğü olan aylık kesitlerdeki veriler kullanılmıştır.

#### 4.4.2 Mekansal kısıtlı çizge bölütlemeye hiyerarşik bölgeleme

Mekansal olmayan ağlarda topluluk tespitinden farklı olarak, mekansal kısıtlı veya bitişik sınırlı çizge yapılarında bölütlemenin amacı; güçlü bağlı ve mekansal olarak bitişik düğümleri kümeler halinde gruplayarak işlevsel bölgeleri tanımlamaktır. Bu çalışmada öncelikle mekansal kısıtlı çizge bölütleme yöntemlerinden biri olan hareketliliğe dayalı hiyerarşik bölgeleme yaklaşımı [5] kullanarak sağlık alanındaki işlevsel bölgeler ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra hasta hareketleri esas alarak bulunan işlevsel bölgeler Sağlık Bakanlığı'nca tayin edilen Türkiye'deki mevcut sağlık bölgeleriyle karşılaştırılarak aradaki uyumsuz alanlar tanımlanmaktadır.

Hareketlilik temelli hiyerarşik bölgeleme yaklaşımında öncelikle, K-H ağındaki konumlar (düğümler) arasındaki boyut farklılıklarının etkisini ortadan kaldırmak için

ham akış matrisi bir modüler matrise dönüştürülür [5]. Modülerlik matrisindeki her bir kenar, ağdaki iki konum için gerçek akış ve beklenen akış hacmi arasındaki fark ile türetilen modülerliği temsil eder. Beklenen akış hacmini hesaplamak için çeşitli istatistiksel metrikler kullanılabilir. Bu çalışmada düzeltilmiş bir akış hacmine dayanan denklem 4.2 kullanılmıştır:

$$BA(K, H) = \frac{F_K F_H f(K, H)}{(F_S^2 - \sum_{i=0}^n F_i^2)} \quad (4.2)$$

Burada  $F_K$ ,  $K$  kaynak düğümü ile bu düğümün sahip olduğu bağlantılar arasındaki akış sayısını;  $F_H$ ,  $H$  hedef düğümü ve onun bağlantıları arasındaki akış sayısını gösterir.  $f(K, H)$   $K$  ve  $H$  düğümleri arasındaki akış sayısını,  $F_S$ , tüm bölgeler (iller) arasında toplam akış sayısını ve  $\sum_{i=0}^n F_i^2$  ise alan içi beklenti elimine etmek için kullanılır. Sonuç olarak, bir K-H bağlantısının modülerliği denklem 4.3'teki gibi hesaplanır:

$$MOD(K, H) = GA - BA \quad (4.3)$$

Burada  $GA$  ağda mevcut gerçekleşen akışı,  $BA$  ise beklenen akışı göstermektedir. Bu formülü kullanarak, K-H ağdaki hasta akışlarının mevcut hali, ağdaki her bir bağlantının ağırlığının iki konum arasındaki modülerliği temsil ettiği bir K-H modülerlik çizgesine dönüştürülür. Modülerlik değeri pozitif ise, aradaki bağlantının beklentinin üzerinde olduğu, eğer değer negatif ise bağlantının beklentinin altında kaldığı anlaşılır.

Mekansal bitişik bölgeler kümesi oluşturmak (bölgeleme) için hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden olan ortalama bağlantı kümeleme (average linkage clustering) yöntemi [89] kullanılmıştır. Hiyerarşik kümeleme aralarında en güçlü bağlantı olan grupları yinelemeli olarak birleştirerek, mekansal bitişik gruplar arasında hiyerarşik oluşturulan bir kümeleme yöntemidir. Bu yöntemle iki mekansal komşu düğümü bir çizgiyle birbirine bağlanır. Daha sonra kümeleme hiyerarşisiyle tutarlı mekansal bitişik bir ağaç yapısı üretilir. Mekansal bitişik ağacın her bölgesi, her bölge için grup içi modülerliği en üst düzeye çıkartan bir amaç fonksiyonuna dayalı olarak iki bölgeye ayrılır. Modülerlik, tüm bölgeler için, bir bölgedeki her bir birim çiftinin akış beklenti farklarının toplamı ile hesaplanır [5].

Bu çalışmada veri güdümlü işlevsel bölgelerin belirlenmesi ve mekansal akış örüntülerinin çıkarılmasında Java programlama diliyle geliştirilmiş bir yazılım paketi [89] kullanılmıştır.

#### 4.4.3 Ağ metrikleriyle etkileşim ağının yapısal karakteristiğinin çıkarılması

Ağ yapılarında evrensel yapısal özellikleri belirlemek için, merkezîyet [90,91], ortalama kümeleme katsayısı [92] ve modülerlik gibi çeşitli ağ metrikleri [79] yaygın olarak kullanılmaktadır. Kümeleme katsayısı, bir düğümün komşularının küme olma özelliğini ne kadar taşıdıklarının yani birbirleriyle ne kadar iyi bağlantılı olduklarının bir ölçüsüdür. Ağırlıklı kümeleme katsayısı ise komşular arasındaki ilişkilerin yoğunluğunun miktarı veya hacmini de dikkate almakta ve şöyle denklem 4.4'teki gibi tanımlanmaktadır [93]:

$$AKK_i^a = \frac{1}{s_i(k_i - 1)} \sum_{j,h} \frac{(a_{ij} + a_{ih})}{2} b_{ij}b_{ih}b_{jh} \quad (4.4)$$

Burada  $AKK_i^a$ ; düğüm  $i$  için ağırlıklı ( $a$ ) kümeleme katsayısı,  $s_i$ ; düğüm  $i$ 'nin şiddetini temsil eden toplam hacim değeri,  $k_i$ ; düğüm  $i$ 'nin bağlantıda olduğu her üçlü grup  $(i, j, h)$  için sahip olduğu toplam komşu sayısı,  $a_{ij}$ ; düğüm  $i$ 'den düğüm  $j$ 'ye gerçekleşen bağlantının ağırlığını göstermektedir. Formüldeki  $b$  değerleri hesaplamanın sadece üçlü gruplar için gerçekleşmesini temin eden, ilgili düğümler arasında bağlantı olması durumunda 1, olmaması durumunda 0 değerini alan katsayılardır. Ayrıca ağırlıklı kümeleme katsayısı formülünde normalleştirme katsayısı olarak  $\frac{1}{s_i(k_i-1)}$  bağıntısı kullanılmıştır. Bu bağıntı, hesaplamanın 0-1 arasında yapılmasını sağlar ve metriğin bir düğümünün sahip olduğu her yönlü bağlantı çiftinin (giden-gelen) şiddetinden toplam göreceli bir ağırlık üretmesine imkân verir. Eğer ağırlıklar ( $a_{ij}$ ) sabitse, formül ağın bağlantıları boyunca ağırlık dağılımını göz ardı eden sadece kapalı üçlü grup sayısını dikkate alan bir topolojik kümeleme katsayısı üretir.

Ağdaki her düğümün (il) ağırlıklandırılmış kümeleme katsayısını hesapladıktan sonra, hareketlilik çizgelerinin her bir zamansal kesiti için toplulukların oluşumunu veya bölünmesini yakalayacak ağırlıklı kümeleme katsayılarının ortalaması hesaplanır. Ortalama ağırlıklı kümeleme katsayısı (OAKK), ağırlıklar ve topoloji arasındaki korelasyon hakkında genel bilgi sağlar.

## 4.5 Bulgular

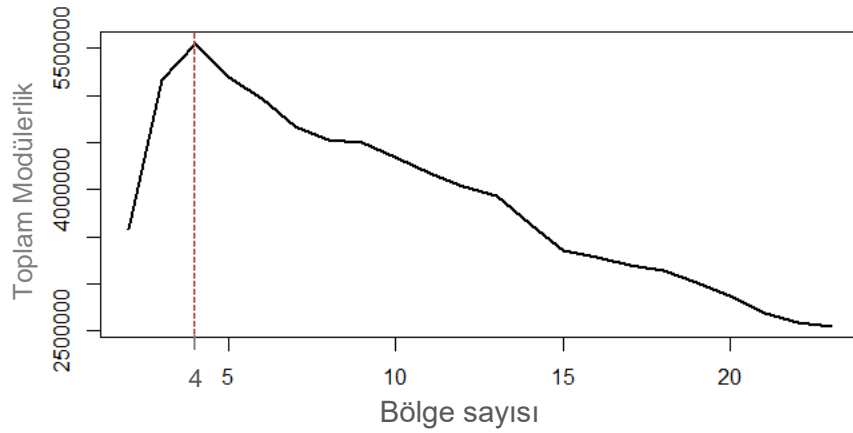
Çalışmanın sonuçları üç alt bölümde sunulmuştur. İlk bölümde; elde edilen veri güdümlü işlevsel bölgeler Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen mevcut sağlık bölgeleriyle karşılaştırılmaktadır. İkinci bölümde, aylık hasta hareketliliğinde meydana gelen yapısal değişikliklerin evrimi incelenmiştir. Son bölümde ise, hasta hareketlilik verisindeki mekansal-zamansal ve çok değişkenli akış örüntülerinin analizine ilişkin sonuçlar verilmektedir.

### 4.5.1 Veri güdümlü işlevsel bölgeler

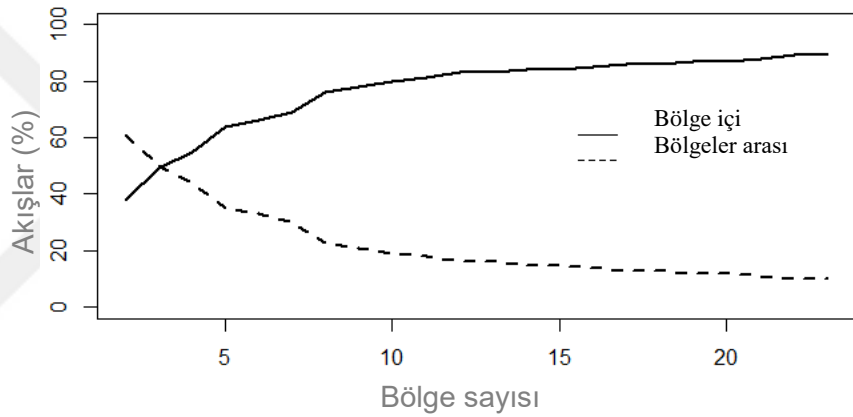
İşlevsel bölgeleri ortaya çıkarmak için uygulanan hiyerarşik kümeleme yönteminde minimum zamansal çözünürlüğü yansıtan araştırma döneminin tamamındaki toplam hareketlilik kullanılmıştır. Başka bir deyişle, bölgeleme çalışmasına esas olacak ağ çizgesi, araştırma verisinin kapsadığı 4 yıllık periyodun toplamını temsil eden  $t$  zamanındaki hareketliliğidir ve  $M_w^t(t_{min}, t_{max})$  ifadesiyle ifade edilmektedir. Hiyerarşik kümeleme yönteminde mekansal bitişik gruplar hiyerarşik bir ağaç şeklinde birbirlerine bağlıdır. Genel olarak, grup içi bağlantıların gruplar arası bağlantılara oranının maksimum olduğu seviye, en belirgin bölgeleme yapısını verir. Öte yandan hizmet sunum organizasyonunun daha verimli olması için bu bölgeler alt bölgelere ayrılabilir.

Hiyerarşik kümelemede grup sayısı ağaç yapısındaki belirli bir yükseklik değeri (gruplar arası uzaklık değeri) seçilerek ayarlanabilmektedir. Ortaya çıkan mekansal bitişik bölgeleri Türkiye'deki sağlık bölgeleriyle karşılaştırabilmek için bölge sayısının birbirine yakın olması gerekmektedir. Mevcut sağlık bölge sayısı 29 olmasına karşın bunların 2'si Ankara ve 6'sı İstanbul ilinin alt bölgelere ayrılmasıyla oluşturulmuştur. Bu çalışmada il ölçeğinin altına inilmediğinden Sağlık Bakanlığı'nın Ankara ve İstanbul için belirlediği alt bölgeleri dikkate alınmayarak bu iller birer bölge kabul edilecektir. Dolayısıyla il düzeyindeki bölge sayısı 23'e düşmektedir. Bundan dolayı, mekansal bitişik hiyerarşik bölgelerin bölge içi toplam modülerliği, 23 bölgeye kadar tüm seviyelerde hesaplanarak değerlendirilmiştir. Her bir grup, farklı ölçeklerdeki hareketlilik örüntülerini vurgularken, elde edilen sonuçlara göre toplam bölge içi modülerliğin en üst düzeye çıktığı 4 bölge seçeneği, ağda en kararlı küme yapısı olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 4.3). Öte yandan Sağlık Bakanlığı bölgeleriyle

karşılaştırmak amacıyla oluşturulan 23 bölge hiyerarşik grupta akışların %89'u bölgeler arasında gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4.4).

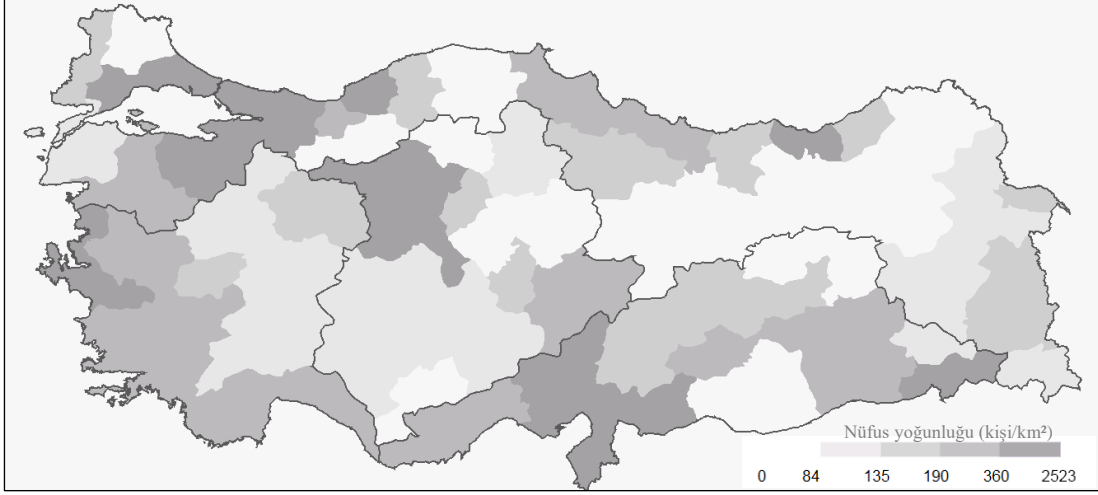


Şekil 4.3 : Hasta hareketliliği ağı, modülerlik-bölge sayısı karşılaştırması.

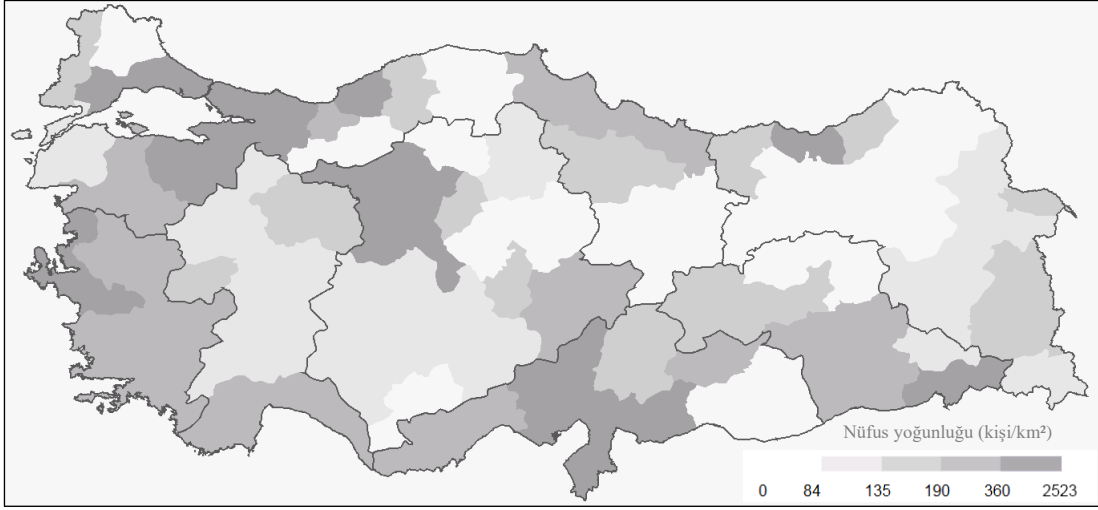


Şekil 4.4 : Hasta hareketliliği ağı, bölge içi ve bölgeler arası akışlar.

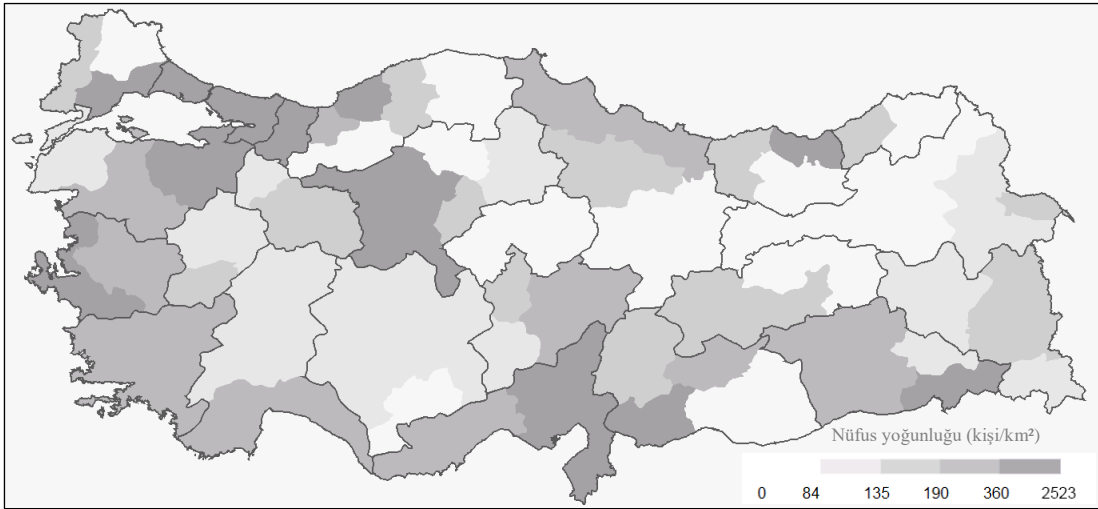
Türkiye için hasta hareketliliğine dayalı işlevsel bölgelerin tespit edildiği bu çalışmanın sonuçlarına göre, en yüksek düzeyde kümeleme yapısı gösteren 4 bölge seçeneği incelendiğinde (Şekil 4.5); Marmara bölgesiyle birlikte İstanbul iliyle sıkı bağlantısı bulunan Kuzey ve Doğu Anadolu bölgesi illerinin aynı bölgede yer aldığı görülmektedir. Benzer şekilde Ege'de İzmir; İç Anadolu'da ise Ankara illerinin hinterlandları etrafında iki bölge oluşmuştur. Dördüncü bölge ise Antalya'nın hinterlandının ve önemli sağlık merkezleri bulunan Diyarbakır'ın birleşmesiyle oluşmuştur. Yedi bölge sonuçlarına baktığımızda ortaya çıkan grupların dörtlü bölütlemede gözlenen Kuzey, Batı, Orta ve Güneydoğu bölgelerinin alt bölgelere ayrılmasıyla oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 4.6). Sağlık Bakanlığı tarafından oluşturulan Türkiye sağlık bölgeleriyle karşılaştırmak için özellikle hesaplanan 23 bölge bölgeleme sonuçları ise Şekil 4.7'de sunulmuştur.



**Şekil 4.5 :** Hiyerarşik bölgeleme sonuçları, 4 parçalı bölgeleme.



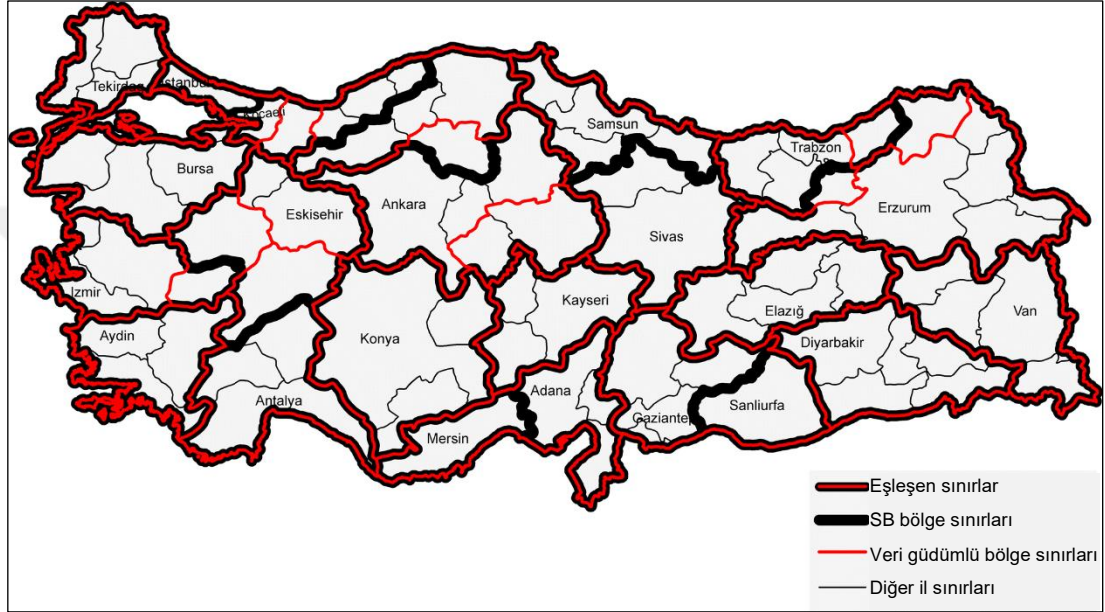
**Şekil 4.6 :** Hiyerarşik bölgeleme sonuçları, 7 parçalı bölgeleme.



**Şekil 4.7 :** Hiyerarşik bölgeleme sonuçları, 23 parçalı bölgeleme.



Şekil 4.8’de hasta hareketliliğinden elde edilen 23 bölgenin Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenmiş bölgeler üzerine bindirilmesiyle elde edilen harita verilmiştir. Haritada Bakanlığın bölge sınırları kalın siyah çizgiyle, veri güdümlü bölgelerin sınırları ise ince kırmızı çizgiyle gösterilmektedir. İki sınırın örtüştüğü yerlerde kalın siyah çizgi üzerine ince kırmızı çizgi oluşmaktadır. Böylece sınırların nerelerde eşleştiği ve nerelerde ayrıştığı görülebilir. Ayrıca bölge sınırı dışındaki kalan il sınırları daha ince bir siyah çizgiyle verilmiştir.



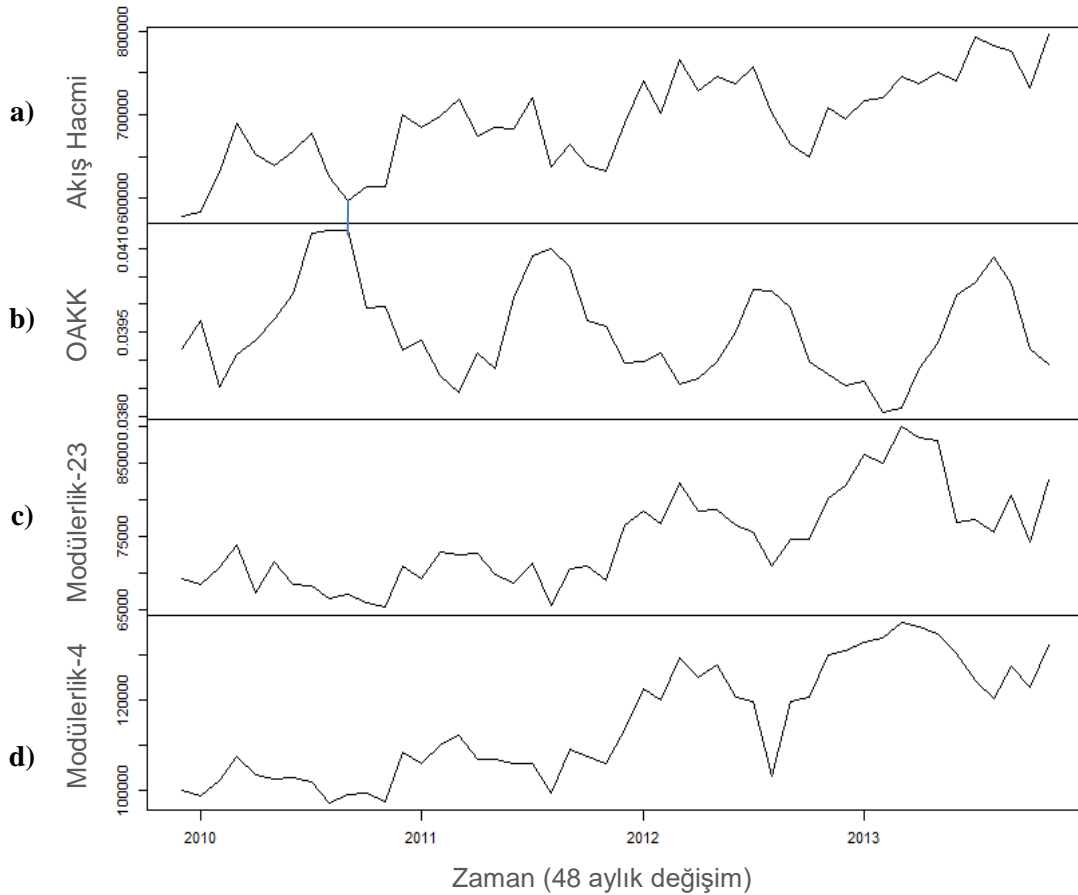
**Şekil 4.8 :** Hareketlilik bölgeleme sonuçları ile Sağlık Bakanlığı mevcut bölgelerinin karşılaştırması.

Araştırma kapsamında ortaya çıkarılan veri güdümlü bölgeler ile Sağlık Bakanlığı’nın mevcut bölgeleri karşılaştırıldığında, Diyarbakır, Elâzığ, Van, Tekirdağ, Bursa, Kayseri, Konya, Aydın sağlık bölgeleri, Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen bölgelerle tamamen örtüşmektedir. Öte yandan Bakanlıkça belirlenen bölgelemede tek bir ilden oluşan İstanbul, Mersin ve Şanlıurfa bölgeleri, hareketlilik verisine dayalı bölgelemeye göre yakın bölge veya illerle birleşmiştir. Çıkan sonuçlara göre İstanbul bölgesi Kocaeli ilini kapsamına alırken, Mersin bölgesi Adana bölgesine, Şanlıurfa bölgesi Gaziantep bölgesine dahil olmaktadır.

Hareketliliğe dayalı bölgelemeyle Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen bölgeler arasındaki uyumsuzluklar, örtüşmeyen illerin mevcut bölgesel merkezlerle olan bağlarının güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Örneğin haritaya bakıldığında (Şekil 4.8), Bakanlığın planlama belgesinde merkez olarak görülen Eskişehir’in, veri güdümlü çalışma sonuçlarına göre bölgesindeki illeri koruyamadığı görülmektedir.

#### 4.5.2 Ağdaki yapısal değişimlerin analizi

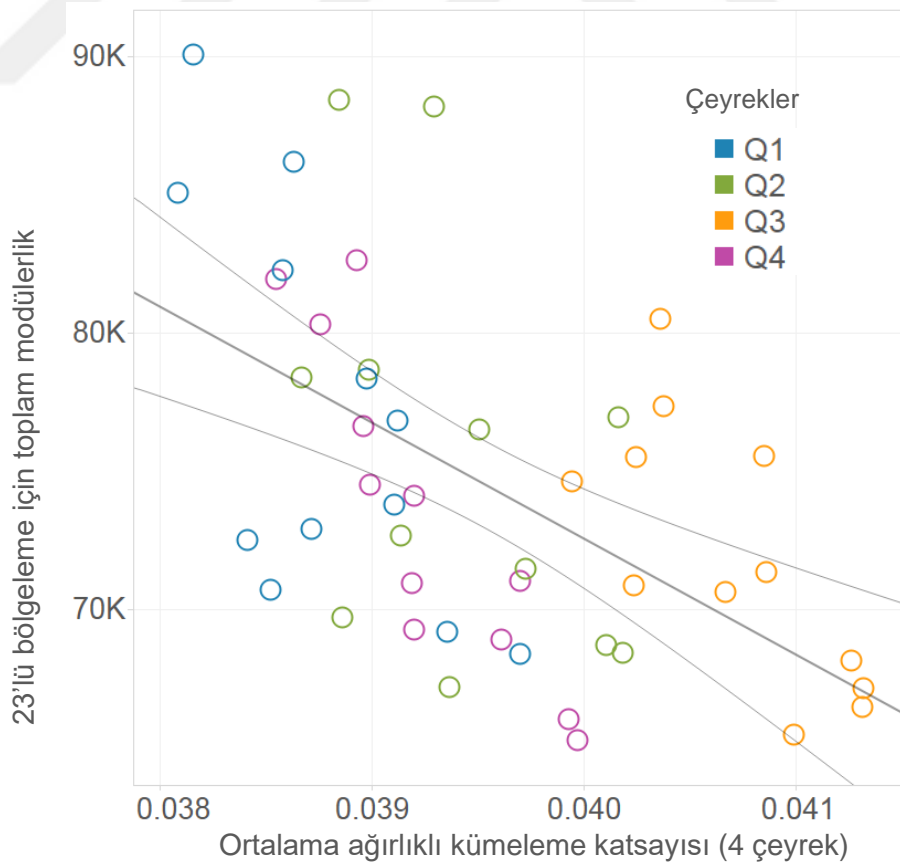
Boylamsal hareketlilik verileriyle elde ettiğimiz mekansal etkileşim ağındaki genel yapısal değişikliklerin evrimini yakalamak amacıyla, ağıın zamansal değişimini oluşturan 48 aylık hareketlilik çizgelerinin her biri için modülerlik ve OAKK değerleri hesaplanmıştır. Mekansal kısıtlardan bağımsız olan OAKK; komşuluk, düğümlerin birbirine uzaklığı gibi coğrafi parametreleri hesaba katmadan kümeleme örüntülerini yakalar. Toplam bölge içi modülerlik ise coğrafi olarak yakın illerde hasta hareketlerinin kümelemesini ortaya çıkarır. Dolayısıyla, OAKK ülke genelinde iller arasındaki hareketlerden ortaya çıkan kümeleri temsil ederken, modülerlik birbirine yakın iller arasındaki mekansal kümelenemeleri yansıtır. Şekil 4.9'da araştırma periyodu içerisindeki 48 aylık zaman kesitleri için akış hacmi ve OAKK değişimi ile 23'lü ve 4'lü bölgeleme seçenekleri için toplam bölge içi modülerliğin değişimini göstermektedir.



a) Toplam akış hacmi, b) Ortalama ağırlıklı kümeleme katsayısı (OAKK) c) 23'lü bölgelemede toplam bölge içi modülerlik d) 4'lü bölgelemede toplam bölge içi modülerlik

**Şekil 4.9 :** Hareketlilik ağıının yapısal değişimi, akış hacmi, OAKK ve modülerlik.

Şekil 4.9a’da görüldüğü gibi; ilkbahar ve yaz aylarında akış sayısının artmasıyla yaşanan mevsimsel dalgalanmalar dikkat çekmekte ve tüm dönem boyunca toplam akış hacminde bir artış eğilimi bulunduğu anlaşılmaktadır. OAKK’nın özellikle yaz aylarında artışı, büyük şehirlerden Anadolu’nun çeşitli bölgelerine memleket ziyareti veya turistik seyahat davranışlarının ülke çapındaki artan sıklığı ile ilişkili olduğu değerlendirilmektedir (Şekil 4.9b). Şekil 4.9c ve Şekil 4.9d’de bölge içi modülerlik değerlerinin değişimine bakıldığında 4’lü ve 23’lü bölge tercihlerinin benzer bir zaman serisi örüntüsü sergilediği görülmektedir. Bu durum, bölgelemede hiyerarşik yöntem kullanıldığından beklenen bir sonuçtur. Şekil 4.10’da OAKK ile bölge içi modülerlik metrikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Dağılım grafiği, aylık metrikleri dört çeyreğe ayırarak OAKK ile toplam bölge içi modülerlik arasındaki ilişkideki zamansal değişimi göstermektedir. Grafikte 23’lü hiyerarşik bölgeleme seçeneği için toplam modülerlik ile OAKK arasındaki ilişki, 48 aylık kesitler için mevsimsel çeyreklere (3 aylık dönemler) göre hesaplanmıştır. Q1, Q2, Q3 ve Q4, Aralık-Ocak-Şubat dönemiyle başlayan üçer aylık mevsimsel dönemleri temsil etmektedir.



**Şekil 4.10 :** Hareketlilik ağıнын yapısal değişimi, modülerlik-OAKK korelasyonu.

Değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin boyutunu belirlemek için bağlantı analizi (correlation analysis) yapılmaktadır. Bağlantı analizinde doğrusal ilişkinin derecesi bağlantı katsayısıyla ( $r$ : correlation coefficient) hesaplanır. Bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişkence açıklanabildiği açıklayıcılık katsayısı  $R^2$  (bağlantı katsayısının karesi) ile hesaplanır [94].

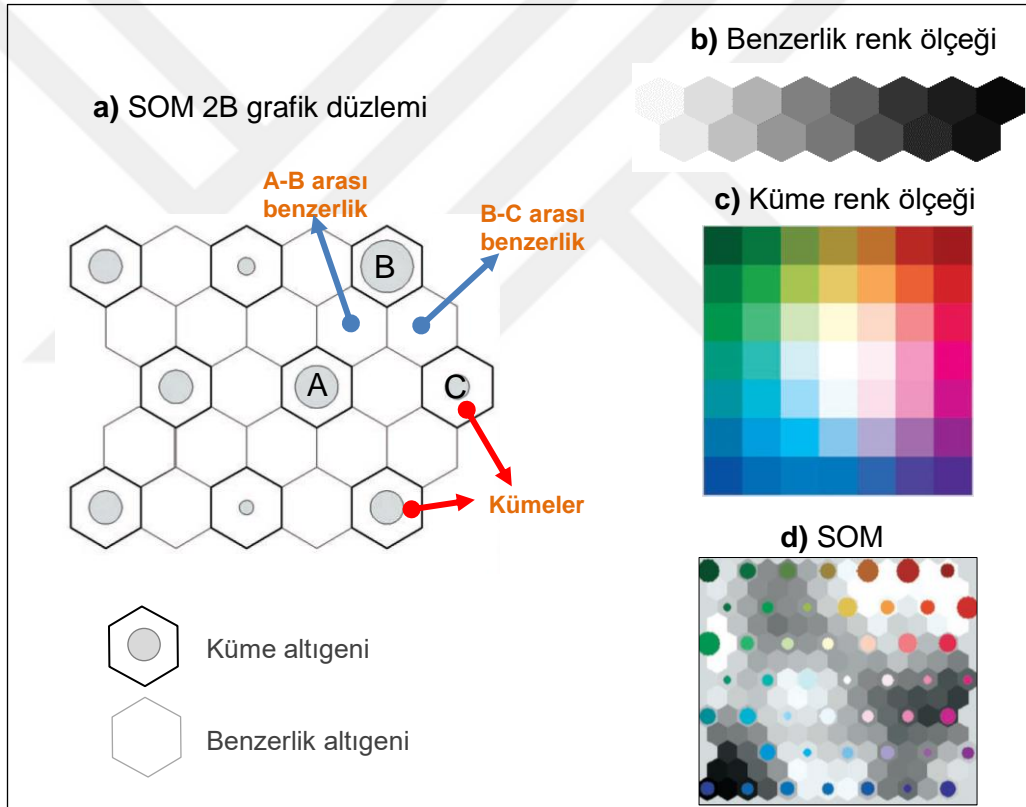
Şekil 4.10'daki grafikte gözlenebildiği gibi, eğri uydurma (line fitting) sonuçlarına göre modülerlik ile OAKK arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Grafikte OAKK ve toplam bölge içi modülerlik arasındaki ilişki yılın son çeyreği içinde en güçlü seviyesinde iken ( $R^2$ : 0.80), sırasıyla üçüncü ve birinci çeyrekte nispeten üst seviyededir ( $R^2$ : 0.52 ve 0.45). OAKK ile toplam bölge içinde modülerlik arasındaki ilişkinin en zayıf olduğu dönem son çeyrektir ( $R^2$ : 0.18). OAKK'nın yüksek değerleri, ilden ile akışlarda yüksek kümelemeyi gösterirken; toplam bölge içi modülerlikteki yüksek değerler, kümelemenin bölgeler arasında değil, bölge içindeki hasta akışlarının artışıyla karakterize olduğuna işaret etmektedir. Bu nedenle, yılın dördüncü çeyreğindeki hasta akışlarının daha kümelenmiş bir yapıda olduğu ve daha çok bölgeler arasında uzak mesafelere doğru gerçekleştiği anlaşılmaktadır (hastalar komşu illere değil bölge dışına gitmektedirler).

Akışların mekansal olarak yakın veya uzak yerlerde kümelenildiğini gözlemlemek, ayrıca bu kümelenmenin zaman içinde nasıl değiştiğini belirlemek, sağlık hizmetlerinin yönetimi ve bölgesel ve mevsimsel politikaları uygulamak için kullanılabilmesi değerlendirilmektedir.

#### **4.5.3 Mekansal akış örüntüleri**

Bu çalışmada akış örüntüleri ve zaman içindeki değişimlerini göstermek için akış haritası çıkarmayı çok değişkenli kümeleme ve görselleştirmeyle birleştiren entegre bir yaklaşım [5] kullanılmaktadır. Bu yaklaşıma göre, öncelikle, incelenen mekansal-zamansal değişkenler belirli bir ön seçime göre alt değişken gruplarına ayrılır ve her değişken grubu içerisinde çok değişkenli ilişkiler ve mekansal akış örüntüleri öz düzenleyici haritalar (self-organized map: SOM), çok değişkenli paralel koordinat grafiği ve akış haritaları kullanılarak tanımlanır [17]. Araştırma kapsamında aylık değişim, yıllık değişim, sağlık hizmet kademeleri ve seçilmiş bazı branşlar için değişken grupları belirlenerek bu değişken grupları özelinde analiz yapılmaktadır.

Öz düzenleyici haritalar (SOM), çok değişkenli özniteliklere dayanan kümeleme sonuçlarını iki boyutlu grafik düzlemine taşıyarak küme sayısı, küme üye sayısı, kümeler arasındaki benzerlikler ve ilişkilerin anlaşılmasını kolaylaştırmayı amaçlayan bir araçtır [95]. Farklı şekiller kullanılarak geliştirilen örnekleri olmasına karşın SOM grafiği genellikle birbirine bitişik altgenlerden oluşur. Bu çalışmada kullanılan SOM uygulamasında iki farklı anlam taşıyan altgen bulunmaktadır (Şekil 4.11). SOM'daki her altgen, küme veya kümeler arasındaki benzerliğe ilişkin bilgi taşır. Birbirine komşu her iki küme çifti arasında birer benzerlik altgeni bulunur (Şekil 4.11a). Her bir küme altgeni, kümeleme analizinden elde edilen bir gruba ilişkin bir düğüm (daire) taşır. Kümeler iki veya üç boyutlu renk ölçeğiyle kodlanırken (Şekil 4.11c) benzerlikler siyah-beyaz arası gri renk ölçeğiyle (Şekil 4.11b) görselleştirilir.



**Şekil 4.11 :** Öz düzenleyici harita (SOM).

Bu çalışmada SOM, Türkiye’de iller arasındaki hasta hareketlerinden elde edilen akış kümelerinin görselleştirilmesinde kullanılmıştır. Çok değişkenli akış kümeleri, yakın kümelerin akış nitelikleri açısından benzer olduğu SOM’un iki boyutlu bir yerleşim düzeninde sıralamaktadır (Şekil 4.12b). Her SOM düğümü (daire), bir akış kümesini gösterir ve her dairenin boyutu, kümenin içerdiği akış sayısını gösterir. Her dairenin altında yer alan altgenler, koyu tonların daha fazla farklılığı gösterdiği, komşu

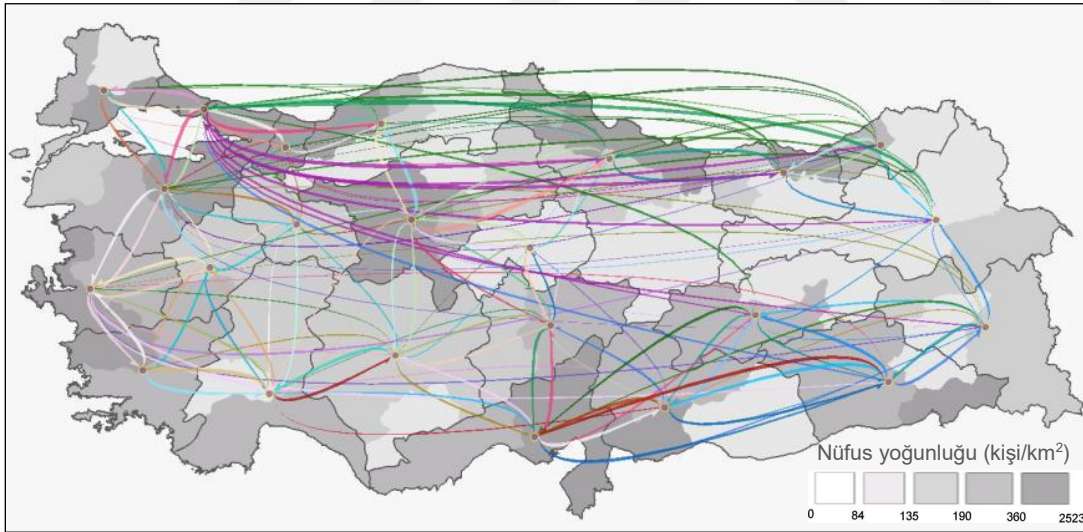


düğümler arasındaki çok değişkenli farklılığı temsil eder. Her bir SOM kümesine benzersiz bir renk atamak için iki boyutlu bir renk ölçeği kullanılmıştır. Burada benzer kümeler benzer renklere sahiptir.

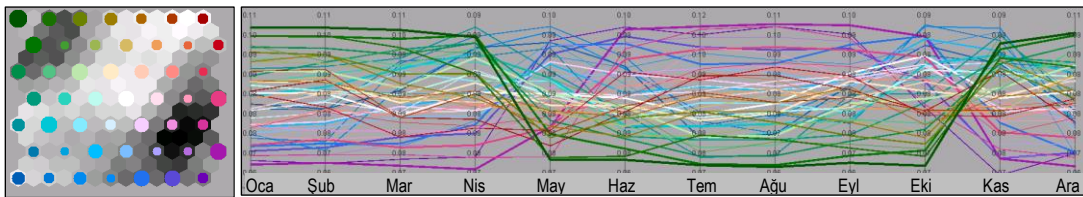
SOM tarafından oluşturulan renkler aynı zamanda akışların mekansal örüntülerini içeren akış haritasına ve her çok-değişkenli kümenin anlamını ortaya koyan çok değişkenli paralel koordinat grafiğine aktarılmaktadır (Şekil 4.12). Paralel koordinat grafiği, analizde seçilmiş olan her bir değişkeni temsil eden eksenlerden oluşmaktadır. Kümeleme analizinden çıkan gruplar, çok değişkenli paralel koordinat grafiğinde birer çizgi olarak temsil edilir. SOM grafiğinde akış kümelerine atanan her bir renk, paralel koordinat grafiğinde eksenleri birleştiren çizgilerle aynı renktedir. Bu çalışmada uygulanan analizler [89]'deki yazılım kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

#### 4.5.3.1 Mekansal-zamansal akış örüntülerinin aylık değişimi

Şekil 4.12, dört yıllık dönemde hasta akışlarının aylık değişimini göstermektedir. Akışlar, belirli bir ay için toplam hareket hacminin, tüm zaman periyodu için toplam akış hacmine oranına göre sembolize edilir.



a) Akış haritası

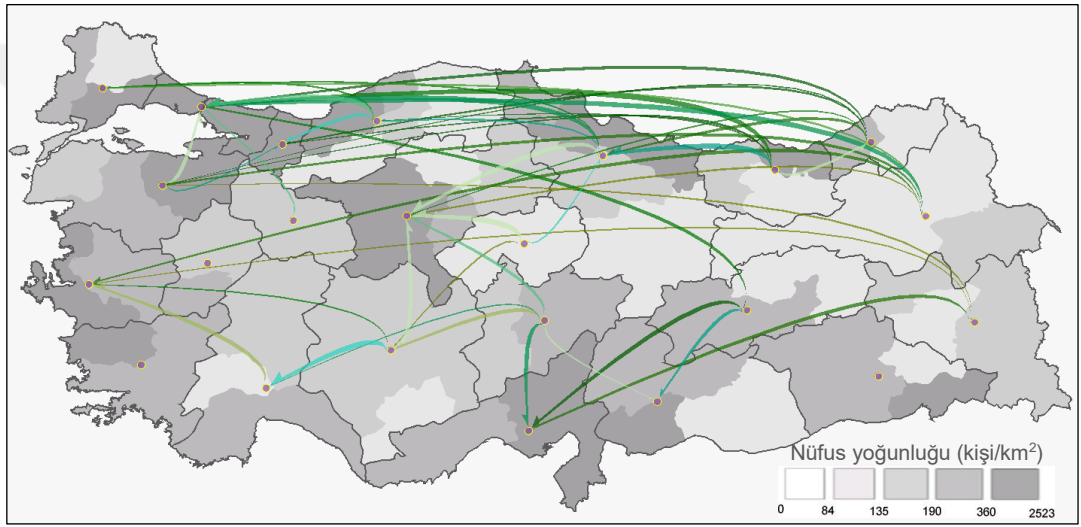


b) Öz düzenleyici harita

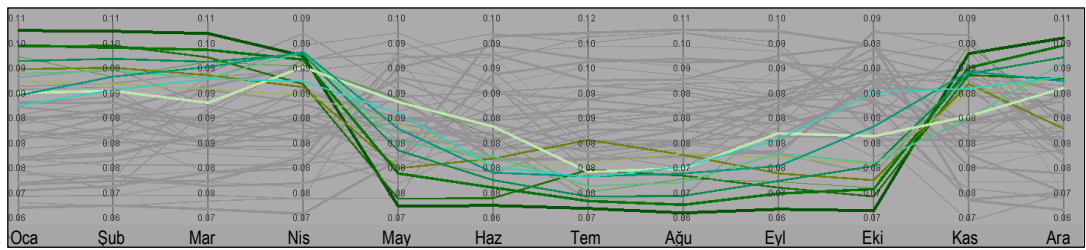
c) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

Şekil 4.12 : Akış örüntülerinin aylık değişimi, tüm kümeler.

Şekil 4.12’de gösterilen akış kümeleme sonuçlarını daha yakından incelemek ve mekansal-zamansal varyasyonları tespit etmek amacıyla benzer akış kümeleri filtrelenerek takip eden grafiklerde incelenmiştir. Şekil 4.13, yeşil renk kuşağındaki grubun hasta akışı örüntüsünü göstermektedir. Bu gruptaki hareketler Kasım ayından Nisan ayına kadar süren; İstanbul, Ankara, İzmir ve Adana gibi büyük şehirleri hedefleyen sağlık hizmeti arayışlarını yansıtmaktadır. Kuzey ve Kuzey Doğu bölgelerinden hastalar bu örüntülerin en büyük kısmını temsil etmekte ve öncelikle İstanbul ve Kuzey Batı bölgelerini hedef almaktadır. İstanbul ili, geniş nüfusunun ve sağlık hizmetleri altyapısının bir sonucu olarak hastaları uzak mesafelerden çekebildiği görülmektedir.



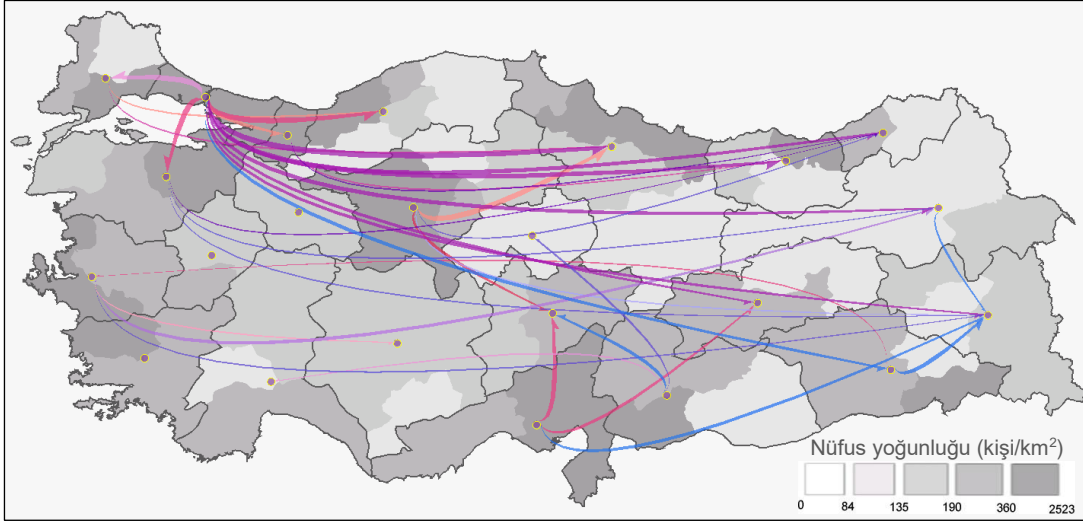
a) Akış haritası



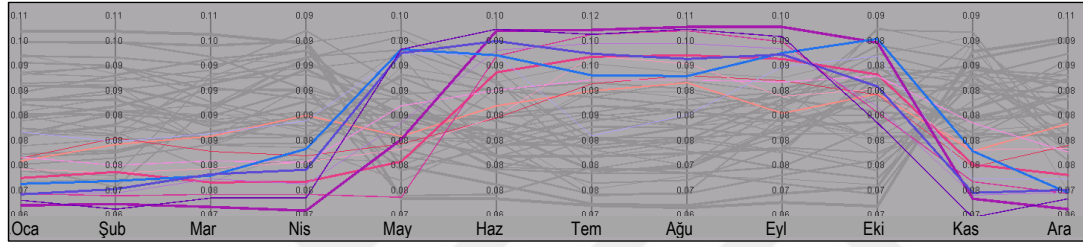
b) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

Şekil 4.13 : Akış örüntülerinin aylık değişimi, yeşil renk kuşaklı küme.

Mor renk kuşağındaki kümeler incelendiğinde, Mayıs ve Ekim ayları arasında seyahat eden hasta akışlarını yansıttığı görülmektedir (Şekil 4.14). Bu akışlar batı illerinden, özellikle İstanbul’dan Kuzey, Kuzey-Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerine doğru gerçekleşmektedir. Mor gruptaki akışların, yaz aylarında vatandaşların memleket ziyaretleri esnasında sağlık tesislerine yapmış oldukları genel başvurulardan kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

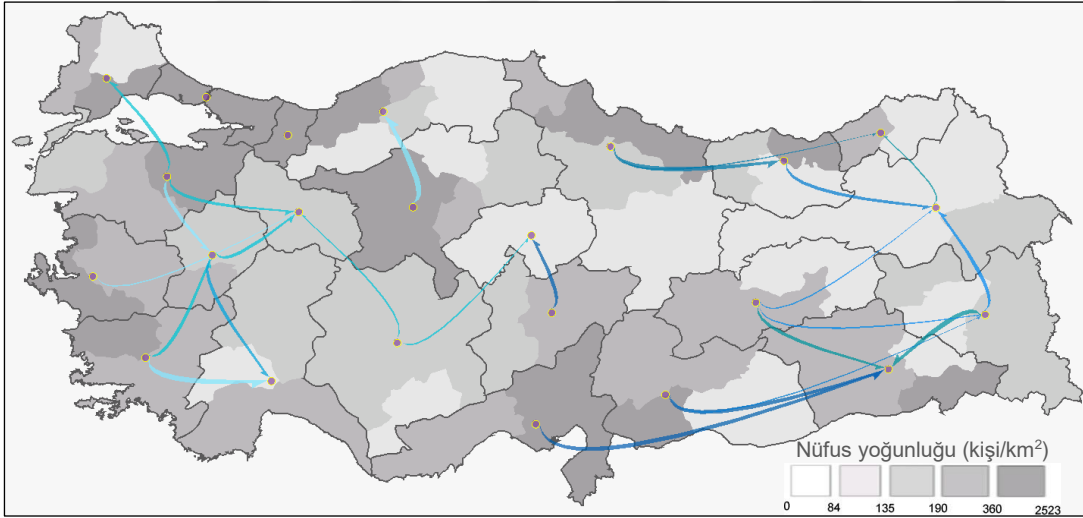


a) Akış haritası

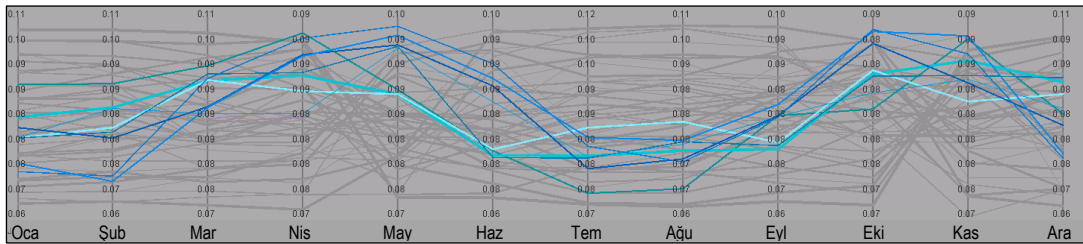


b) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

Şekil 4.14 : Akış örüntülerinin aylık değişimi, mor renk kuşaklı küme.



a) Akış haritası



b) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

Şekil 4.15 : Akış örüntülerinin aylık değişimi, mavi renk kuşaklı küme.

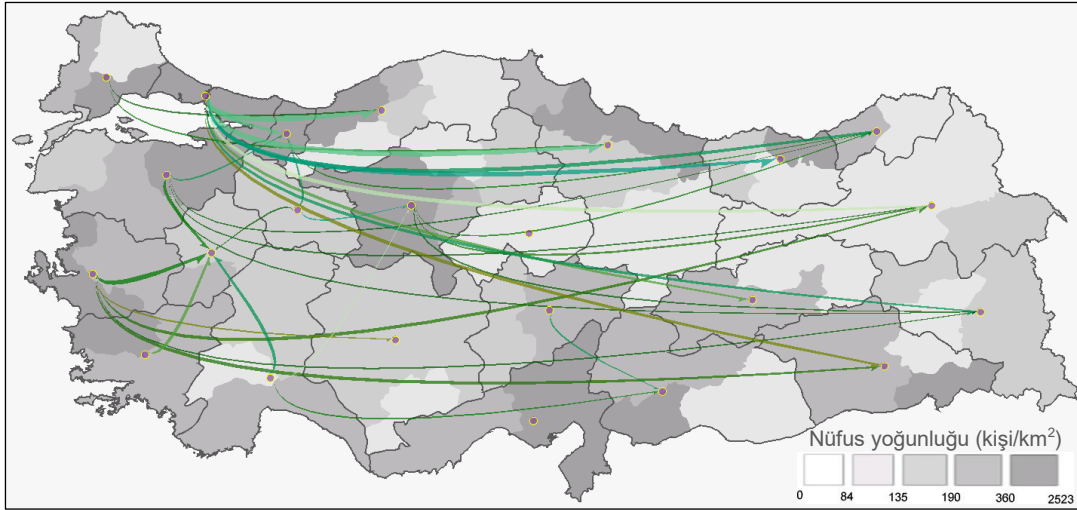


Şekil 4.15'teki mavi akış kümelemelerini temsil eden mekansal-zamansal etkileşim örüntüleri incelendiğinde, büyükşehirlerden Anadolu illerine doğru gerçekleşen uzun mesafeli akışlar ve daha kısa mesafeli bölgesel akışlardan oluştuğu görülmektedir. Bu akışlar, mekansal olarak güney ve doğu bölgesinde Diyarbakır etrafında ve batı bölgelerinde kümelemekte ve ilkbahar-sonbahar aylarında en üst seviyeye ulaşmaktadır.

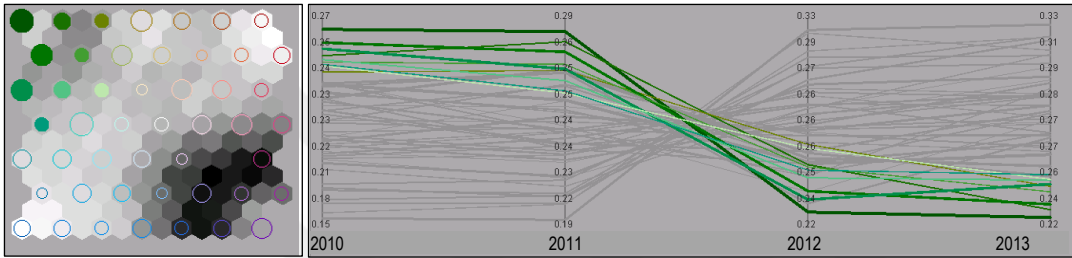
#### **4.5.3.2 Mekansal-zamansal akış örüntülerinin yıllık değişimi**

Hareketlilik örüntülerindeki yıllık değişimleri ortaya çıkarmak için, Aralık 2009 – Aralık 2013 periyodu arasındaki aylık gözlemler 4 yıla ayrılarak incelenmiştir. Şekil 4.16, başta İstanbul üzere batı bölgelerindeki vatandaşların Doğu illerine gerçekleştirdikleri hareketleri yansıtan yeşil renk grubundaki kümeleri göstermektedir. Bu akışlar 2011'den sonra önemli ölçüde azalmıştır. Diğer taraftan, Şekil 4.17, Güney ve yakın merkezlerde sağlık hizmetleri arayan Güney, Güneydoğu ve Kuzey-Batı bölgelerinde yaşayan sakinlerin oluşturduğu mor, kırmızı ve mavi renk grubuna sahip akış kümelerini göstermektedir. Yeşil grubun aksine, 2011'den sonra bu akışlarda artış gözlemlenmektedir.

Yıllara göre mekansal-zamansal hasta hareketliliğinde gözlemlenen değişimin TSDP kapsamında gerçekleştirilen politika değişiklikleriyle ilişkisi olabileceği değerlendirilmektedir. 2010 yılı sonunda uygulamaya konulan aile hekimliği uygulamasının [57] veya sağlıkta ücret farklarıyla ilgili bir değişikliğin hasta hareketlerinin mekansal-zamansal değişimine etki etmesi mümkündür. Aile hekimliğiyle, önleyici sağlık hizmetlerinin desteklenmesi ve böylece üst kademe sağlık kurumlarına gereksiz başvuruların azaltılmasının hedeflendiği bilinmektedir. Değişen hareketliliğin mevcut sistemin yerini alan aile hekimliği uygulamasına bazı bölgelerde adaptasyonun sağlanamamasından, dolayısıyla üst kademelerde hasta hareketliliğine yol açmasından kaynaklanmış olması ihtimal dahilindedir. Öte yandan bu çalışma sorgulayıcı veri analizine (exploratory data analysis) dayandığından dağılımların ve örüntülerin ortaya çıkarılmasıyla ilgilenmektedir. Bu konuda bir yargıda bulunmak için uzman sağlık yöneticilerinin görüşlerine ve çıkarımsal analizlere ihtiyaç duymaktadır.



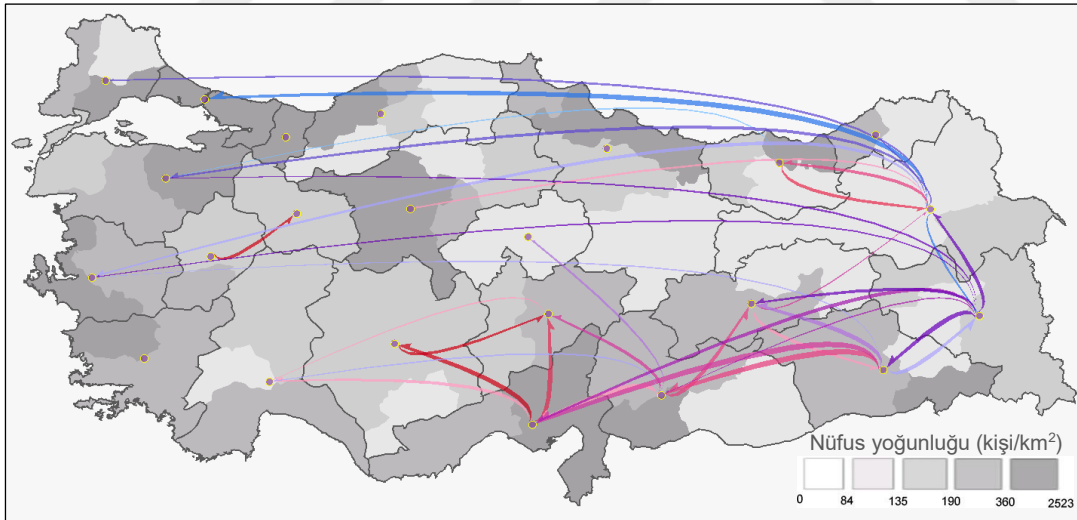
a) Akış haritası



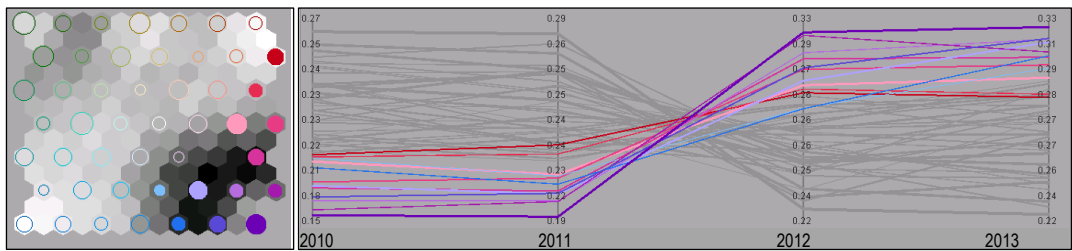
b) Öz düzenleyici harita

c) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

Şekil 4.16 : Akış örüntülerinin yıllık değişimi, yeşil renk kuşaklı küme.



a) Akış haritası



b) Öz düzenleyici harita

c) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

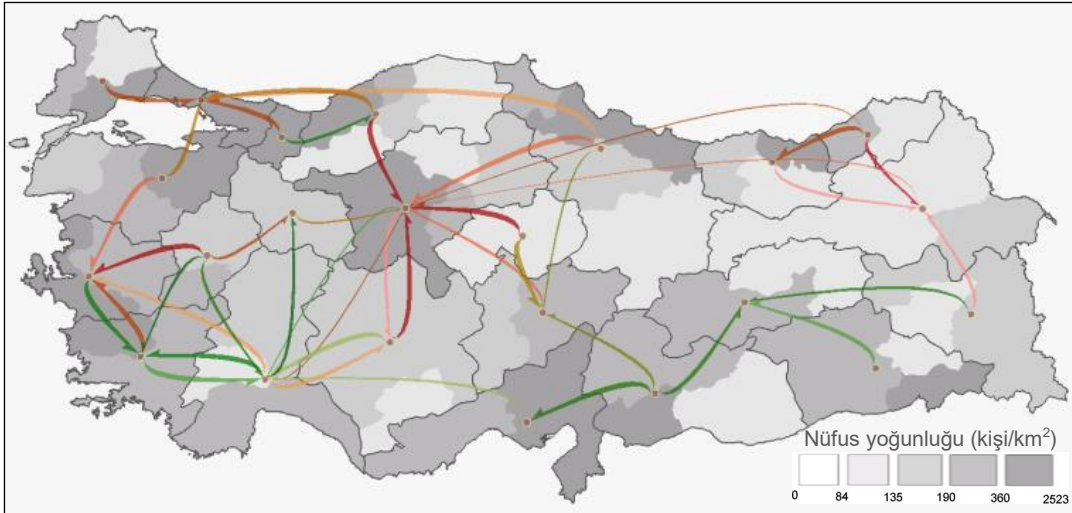
Şekil 4.17 : Akış örüntülerinin yıllık değişimi, mor-kırmızı-mavi renk kuşaklı küme.

### 4.5.3.3 Akış örüntülerinin çok değişkenli göstergelere göre analizi

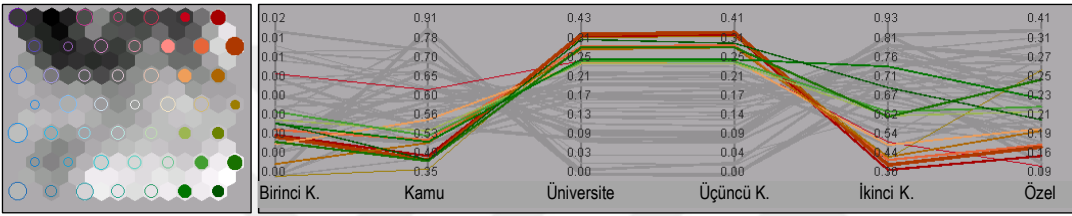
Bu bölümde akış örüntülerinin analizi zamansal bir parametre yerine çok değişkenli seçilmiş göstergelere göre gerçekleştirilmiştir. Akış verilerinin barındırdığı hastaların başvurduğu sağlık kuruluşu kurum türü ve sağlık hizmeti kademeleri analizde kullanılan değişkenlerdir. Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20, kurum tipi (kamu, özel, üniversite) ve sağlık hizmeti seviyesine göre (birinci, ikinci, üçüncü kademe) toplam altı değişken için gerçekleştirilen analiz sonuçlarını vermektedir. Şekil 4.18’de aynı akış verisi birinci grup, (1) çoğunlukla üniversite hastaneleri tarafından sağlanan üçüncü basamak sağlık hizmetlerine yönelik akışları temsil eden kırmızı renk ölçeğine sahip kümeleri; (2) sadece üçüncü kademe değil, aynı zamanda özel kurumlardan ikincil basamak sağlık hizmetlerini de tercih eden hastaların oluşturduğu yeşil renk ölçeğindeki akış kümelerini vurgulamaktadır. Kırmızı kümedeki akışlar İstanbul, Ankara ve İzmir’in önemli sağlık merkezlerini hedef alırken; yeşil kümeler, batı ve güneydoğu bölgelerinde mekansal olarak kümelenen ikincil kademe sağlık hizmetlerine odaklandığı gözlemlenmektedir.

Şekil 4.19, öncelikli olarak özel sağlık kurumlarının ikinci basamak sağlık hizmetlerine ilgi gösteren, bunun yanı sıra kamu ve üniversite kurumlarında üçüncü basamak sağlık hizmetlerine erişmek isteyen Güney Doğu Bölgesindeki hasta akış kümelemelerini göstermektedir. Burada yer alan pembe renkli küme ise hem kamu hem de özel kurumların birinci ve ikinci basamak sağlık hizmetlerini hedefleyen hastaların akışını göstermektedir.

Şekil 4.20, yaz aylarında, mevsimsel olarak İstanbul'dan kuzeydoğu bölgelerine göç eden ve kamu kurumlarında ikincil kademe sağlık hizmetlerine ihtiyaç duyan hastaları temsil eden mor kümelemeyi göstermektedir. Bu bölgelerin sakinleri olmayan hastalar, sayıları ve sağlık hizmetlerinin kalitesi için üniversite ve özel hastaneleri tercih etmektedirler.



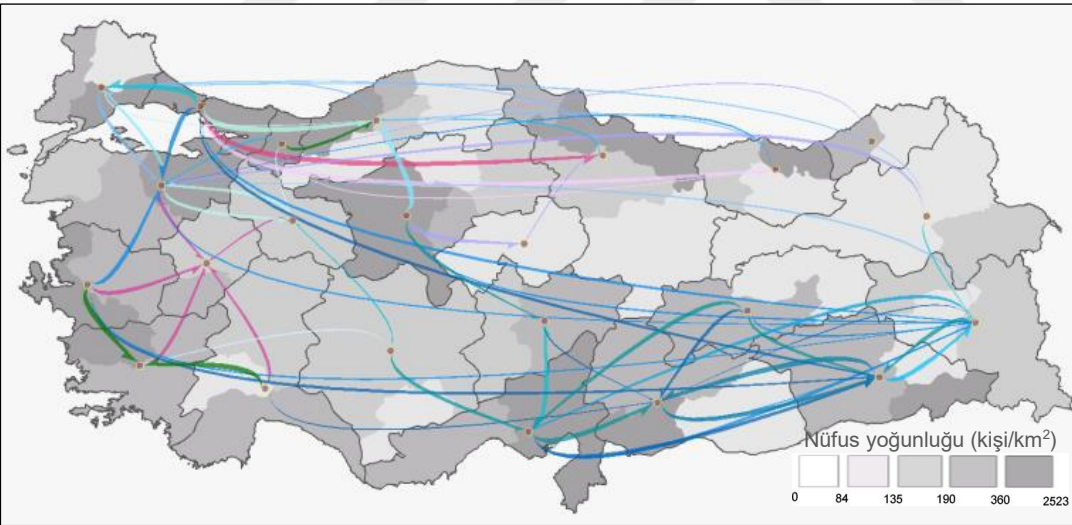
a) Akış haritası



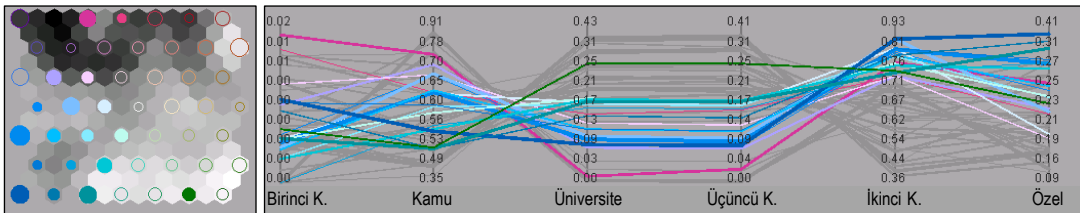
b) Öz düzenleyici harita

c) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

Şekil 4.18 : Kademelere göre akışlar, yeşil-kırmızı renk kuşaklı küme.



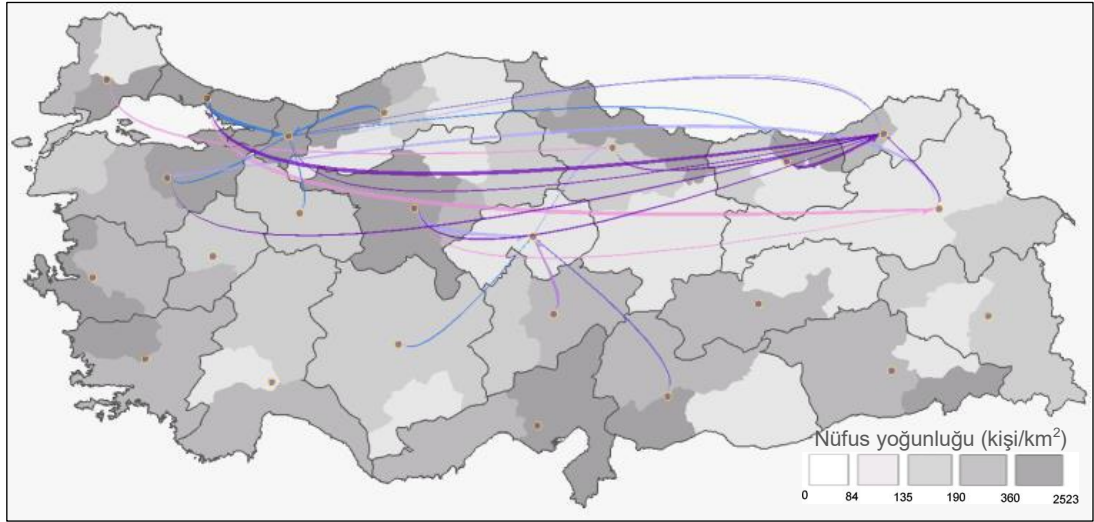
a) Akış haritası



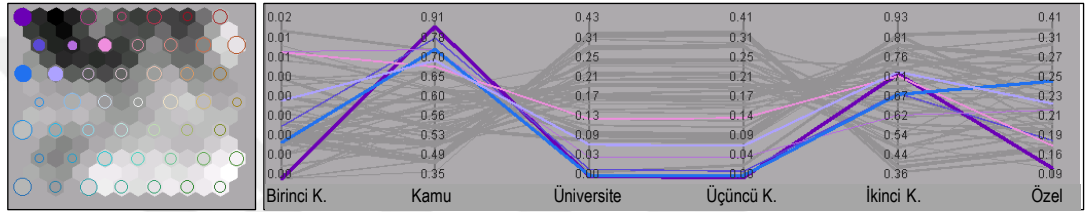
b) Öz düzenleyici harita

c) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

Şekil 4.19 : Kademelere göre akışlar, mavi-pembe renk kuşaklı küme.



a) Akış haritası



b) Öz düzenleyici harita

c) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

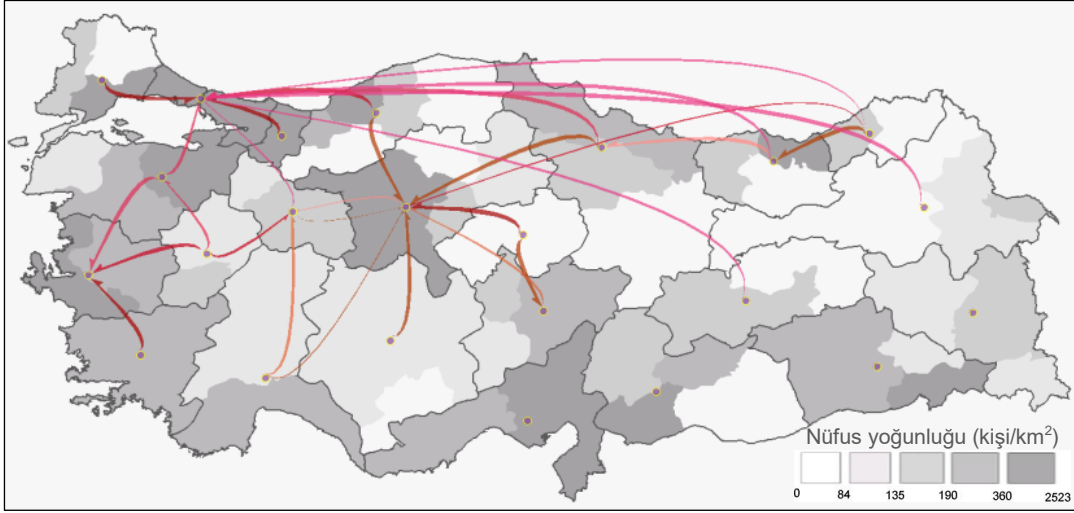
Şekil 4.20 : Kademelere göre akışlar, mor-mavi renk kuşaklı küme.

#### 4.5.3.4 Mekansal akış örüntülerinin seçilmiş özelliklere göre analizi

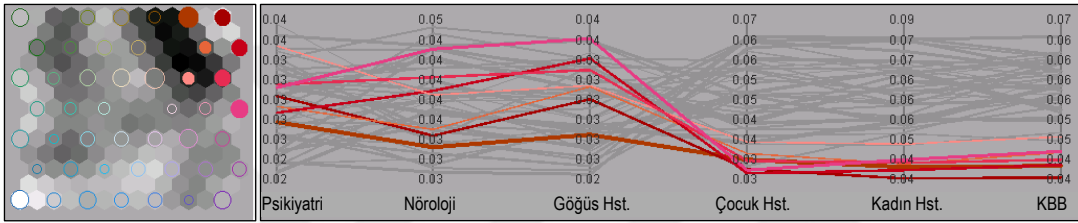
Bu bölümde mekanlar arası hasta hareketleri, başvuru ihtisas sağlık hizmeti türlerine göre ayrı bir boyuttan analiz edilmektedir. Buradaki amaç farklı tıbbi uzmanlıklar arasındaki ilginç mekansal ve çok değişkenli ilişkileri görebilmektir. Çalışmada yer alan 120 branş içerisinde Psikiyatri, Nöroloji, Göğüs Hastalıkları (Pulmonology), Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları (Pediatri), Kadın Hastalıkları ve Doğum (Gynecology) ve Kulak-Burun-Boğaz Hastalıkları (KBB-Otolaryngology) branşları seçilmiştir.

Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de görüldüğü gibi incelenen ihtisas sağlık hizmet branşları arasında iki farklı çok değişkenli küme tespit edilmiştir. Yeşil renk kuşağıyla temsil edilen kümeler, iç, güney ve güneydoğu bölgelerinin gelişmemiş bölgelerinde Çocuk, Kadın ve KBB ihtisas branşlarını hedefleyen hasta hareketlerini yansıtmaktadır. Anadolu'nun doğu ve güneydoğu bölgelerindeki doğum oranları ülkenin geri kalanından çok daha yüksektir. Özellikle Çocuk ve Kadın branşlarında bu bölgelerde daha fazla talep olması beklenir.





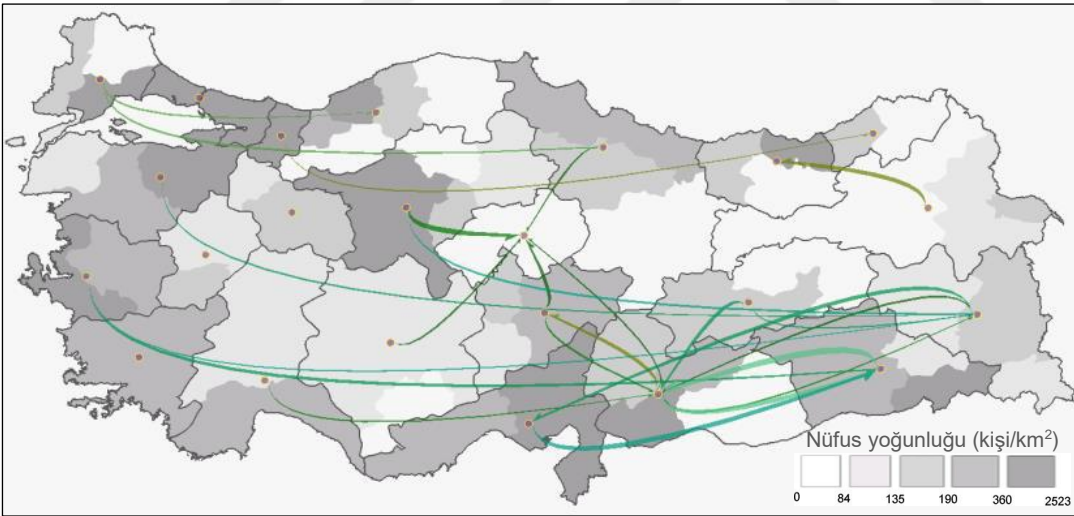
a) Akış haritası



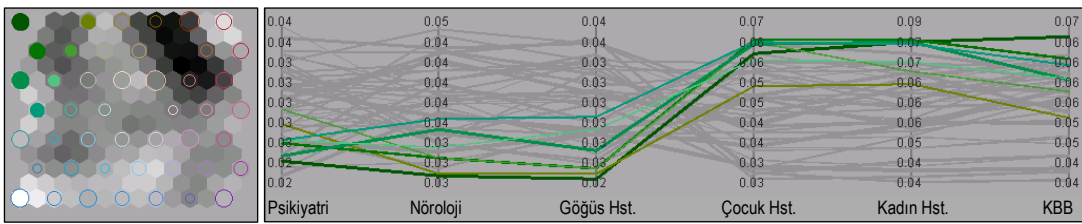
b) Öz düzenleyici harita

c) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

Şekil 4.21 : Branşlara göre akışlar, kırmızı renk kuşaklı küme.



(a) Akış haritası



b) Öz düzenleyici harita

c) Çok değişkenli paralel koordinat grafiği

Şekil 4.22 : Branşlara göre akışlar, yeşil renk kuşaklı küme.

Öte yandan, kırmızı renkle temsil edilen kümeler Psikiyatri, Nöroloji ve Göğüs Hastalıkları branşlarında gerçekleşen hasta hareketlerini yansıtır. Bu uzmanlaşmış sağlık hizmetlerine olan talep, Ankara, İstanbul ve bu özel uzmanlık için yeterli hizmetlerin sunulduğu batı bölgelerinin kentleşmiş ve gelişmiş bölgelerini hedeflenmektedir. Özellikle sağlık hizmetlerinde artan talebin bölgenin sosyo-ekonomik gelişmişliğiyle aynı doğrultuda olduğu değerlendirilmektedir.

#### **4.6 Tartışma ve Sonuç**

Mekansal etkileşimde akışların sahip olduğu çok sayıda özellikten kaynaklanan yüksek boyutluluk ve geçici olarak değişen özelliklerden dolayı, akış ve düğüm nitelikleri arasındaki ilginç ilişkileri tanımlamak zordur. Hem zamansal olarak değişen kaynak-hedef konumları hem de akış nitelikleri arasındaki ilişkileri tanımlamak için özellik seçim yöntemlerini bütünleştirmeye kritik bir ihtiyaç vardır [96]. Öz düzenleyici haritalar, akış haritaları ve paralel koordinat grafiğinin birlikte kullanıldığı bu çalışmada çok değişkenli mekansal-zamansal örüntülerin ortaya çıkarılmasına, büyük hacimli ve boylamsal hareketliliğin analizine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca uygulanan ağ modeliyle mekansal kısıtlı işlevsel bölgelerin belirlenmesi sağlanmış ve hesaplanan ağ metrikleriyle mekansal etkileşim ağının genel yapısal özellikleri tespit edilmiştir.

Mekanlar arası hasta hareketleri verilerini kullanarak gerçekleştirilen çalışmada öncelikle mekansal kısıtlı çizge bölütleme yaklaşımıyla işlevsel bölgeler ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra ağırlıklı kümeleme katsayısı ve modülerlik metrikleri esas alınarak, mekansal etkileşim ağındaki zamana göre oluşan yapısal değişiklikler tespit edilmektedir. Son olarak hasta hareketliliğinin mekansal-zamansal ve çok değişkenli akış örüntüleri öz düzenleyici haritalar, akış haritaları ve paralel koordinat grafiği kullanılarak bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmiş ve karar vericiler için öngörüler hazırlanmıştır. Bu bilgiler sağlık hizmeti sunumunda arz ve talep arasındaki uçurumu kapatmak için politika geliştirmeye ve uygulamaya yardımcı olacaktır.

Bu çalışmada mekansal etkileşim örüntülerinin ortaya çıkarılması için kullanılan veri odaklı yaklaşımın iki büyük katkısı bulunmaktadır. Birincisi, hasta hareketleri mekansal etkileşim ağı kullanılarak işlevsel bölgelerin ortaya çıkarılması ve Sağlık Bakanlığı'nın mevcut bölgeleme düzenlemesiyle karşılaştırılmasıdır. Elde edilen sonuçlara göre, mevcut bölgelerin bir bölümüyle tam eşleşme gerçekleşirken bazı

bölgelerde uyumsuzluklar tespit edilmiştir. Yürürlükteki bölgelerle hasta hareketlerini esas alan bu çalışmadan elde edilen işlevsel bölgeler arasında ortaya çıkardığımız farklar, sağlık kaynaklarının ve hizmetlerinin dağılımıyla ilgili yeni bir değerlendirme yapma ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu çalışmada kullanılan yaklaşımın ikinci katkısı ise; hasta hareketliliğinde, dolayısıyla sağlık hizmeti kullanımında, bölgesel karakteristik özelliklerin, zamana ve diğer çok değişkenli parametrelere bağlı olarak değişen örüntülerinin ve kaymaların tanımlanmasını olanaklı kılmasıdır.

Mekansal-zamansal etkileşim örüntüleri bütün olarak değerlendirildiğinde, Türkiye'deki hasta hareketliliği iller arasındaki göç olgusuyla ilişkili olması muhtemeldir. Türkiye'de göç hareketlerine bakıldığında GSYH payı düşük bölgeler olan Kuzeydoğu Anadolu ve Orta Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu'dan gelir payı yüksek Batı ve Doğu Marmara, Ege, Batı ve Güney Anadolu bölgelerine doğru olduğu bilinmektedir [97]. Ülkenin çeşitli bölgelerinde sosyal ve coğrafi bağların etkisi sağlık hizmetlerinin kullanımına yansımıştır. İhtisaslaşmış alanlarda sağlık hizmetleri almak için İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlere doğru gerçekleşen hasta hareketleri, Anadolu'nun İç, Kuzeydoğu ve Doğu bölgelerinin kapsamlı hizmetler sunmada yetersiz kaldığını göstermektedir. Ayrıca uzak bölgelere olan göç ilişkilerinden farklı olarak, analiz sonuçları diğer bölgelerle güçlü kültürel bağları yansıtan Batı, Güney ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki bir dizi hareketi tespit etmiştir.

Hareketlilik örüntülerindeki mekansal-zamansal değişimlerin sağlık politikalarındaki değişimlerle ilişkili olması muhtemeldir. Örneğin 2011-2012 yılları arasında gözlemlenen önemli bir hareketlilik örüntüsü, aile hekimliği sisteminin başladığı 2010 yılı sonunun hemen sonrasına rastlamaktadır. Aile hekimliği sistemi her bireyi bir aile hekimine bağlamakta ve herhangi bir üst kademe sağlık kuruluşuna gitmeden önce aile hekimine başvurmayı teşvik etmektedir. 2011 yılından sonra Anadolu'nun batısı ile doğusu arasındaki hareketlilik düşerken Güney, Güneydoğu ve Kuzey-Batı bölgelerinde yaşayan sakinlerin oluşturduğu kümelerin akış değerlerinde artış gözlemlenmektedir.

Bu çalışmanın önemli kısıtlarından biri, hasta hareketlerinin ne zaman ve nereden nereye gerçekleştiğini ve ne tür bir sağlık hizmeti alındığını belirleyebilmesine karşın uygun fiyat, algılanan kalite veya aşinalık gibi etkenlere ilişkin hasta motivasyonlarını ihmal etmesidir. Ancak tezin birinci ve ikinci bölümünde gerçekleştirilen analizler ağ



modeli kullanılarak yaptığımız çalışmayı önemli ölçüde tamamlamaktadır. Bu bağlamda tez çalışmasında birinci ve ikinci bölümdeki nedensellik ve erişilebilirliğe ilişkin çalışmalar dikkate alındığında hasta hareketliliğinin temel belirleyicileri, kalite, fiyat ve erişilebilirlik ile genel mevsimsel göç ve ülkenin çeşitli bölgeleri arasındaki sosyal bağlar ortaya konulmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan bütüncül yaklaşım, akış örüntülerini ve eğilimleri tanımlamaya yardımcı olurken, hareketliliğin ana unsurlarını tanımlamak, akış örüntülerinin sosyodemografik ve nüfus özellikleri gibi yerel (noktasal veya bölgesel) niteliklere ve bunların mekansal örüntülere göre karşılaştırılmasını gerektirir. Bu konuda analizden elde edilen dikkat çekici örüntüler esas alınarak belirlenecek alanlarda, saha araştırması, anket vb. daha ayrıntılı çalışmaların yapılması önerilmektedir.



## 5. MEKANSAL ETKİLEŞİM GÖRSELLEŞTİRME ARACI

### 5.1 Giriş

Ulaşım ve iletişim alanındaki ilerlemeler mekanlar arasındaki erişimi kolaylaştırıp hissedilen mesafeleri kısaltmıştır. Bunun sonucu olarak insan, hayvan, araç, mal, eşya, para, bulaşıcı hastalıklar gibi somut varlıklar; fikir, bilgi, kültür gibi soyut olgular bir yerden bir yere hiç olmadığı kadar hızlı hareket etmektedir. Bu durum sistemler arası etkileşimi artırırken ilişkilerin daha karmaşık ve anlaşılması güç hale gelmesine yol açmaktadır.

Öte yandan gelişen bilgi iletişim teknolojileriyle her geçen gün daha fazla veri üretilmektedir. Önemli bir bölümü coğrafi niteliğe sahip bu verilerin uygun yöntem ve araçlarla analiz edilmesi karmaşık sistemlerin anlaşılmasını mümkün hale getirebilir. Bu yöntemlerden biri olan veri görselleştirme, karar vericilerin yapılan analizleri daha kolay görmelerini sağlamak için verilerin şekil veya grafik biçiminde sunulmasıdır. Görselleştirmeyle bir bakışta kavraması güç analitik sonuçlar kavramsal soyutlama ve temsili anlatımla anlaşılabilir hale gelir.

Akış görselleştirme veya akış haritası çıkarımı mekanlar arası hareketlerle oluşan ilişkilerin analizinde kullanılan bir görselleştirme yöntemidir. Akışları, hareketleri görselleştirmek mekansal etkileşim ağlarından örüntüler çıkarmak için kullanılır. Akış görselleştirme ulaştırma ve bilgi iletişim teknolojilerinin gelişimine bağlı olarak artan mekansal etkileşimlerin sonucu oluşan karmaşık ilişkilerin anlaşılmasını kolaylaştırır. Örneğin bir kentte çalışma alanlarıyla barınma alanları arasındaki ilişkiyi görmek için telefon sinyali verilerinden yararlanarak akış haritası yapmak ve güzergâhlar üzerindeki günlük trafiği analiz etmek mümkündür. Başka bir örnek de uluslararası ticari ilişkilerin daha iyi anlaşılması için geliştirilebilecek etkileşim haritalarıdır. Bu gibi bir çalışmada gümrük kayıtlarından elde edilen ürün-ülke bilgilerini içeren ihracat-ithalat verilerini ürünlerin teknoloji seviyelerine göre sınıflandırılıp, ülkeler arası akış haritaları oluşturulabilir.

Coğrafi Bilgi Bilimi ve Kartografya disiplini altında incelenen akış haritası otomatik/yarı otomatik tasarımı, yer aldığı ana disiplinindeki diğer gelişmelerle

karşılaştırıldığında kullanılan yöntem ve araçlar açısından yakın zamana kadar yerinde saymıştır [15]. Bu haritalar genellikle büyük verilerden elde edilen ilişkiler ağının görselleştirilmesine dayandığı için oldukça çok sayıda bağlantıyla uğraşmayı gerektirmektedir. Sözelimi Türkiye için il düzeyinde bir göç haritası 6 561 bağlantı, ilçe düzeyinde bir iç göç haritası ise yaklaşık 900 bin bağlantı barındırmaktadır. Bunun yanında her bir göç ilişkisinin taşıdığı farklı yaş grupları, gelir seviyeleri, cinsiyet, meslek vb. diğer anlamlı çoklu değişkenler hesaba katıldığında mekansal ilişkilerin harita üzerinde gösterilmesi oldukça zor hale gelmektedir. Akış verilerinin haritaya etkili ve anlaşılır bir şekilde yansıtılması, özellikle zaman ve mekan boyutlarını da içerdiğinde daha da güç hale gelmektedir [98]. Böyle bir verinin etkileşimli haritada görselleştirilerek, ağ yapılarının, çoklu ilişkilerin ve bunların mekansal-zamansal örüntülerinin aynı anda harita düzlemine yansıtılması; karmaşıklık (cluttering), küçük alan problemi (small area problem) gibi harita görselleştirme problemlerine neden olmaktadır.

Bu çalışma mekansal etkileşim ilişkilerinin görselleştirilmesinde kullanılan akış haritası çıkarma (flow mapping) olarak isimlendirilen etkileşimli harita araçlarının tasarımını konu almakta, bu alanda literatürde yer alan bir dizi çalışmanın incelenmesi ve geliştirilecek yeni bir akış haritası tasarım aracıyla daha ileri bir noktaya taşınmasını hedeflemektedir.

## 5.2 Literatür

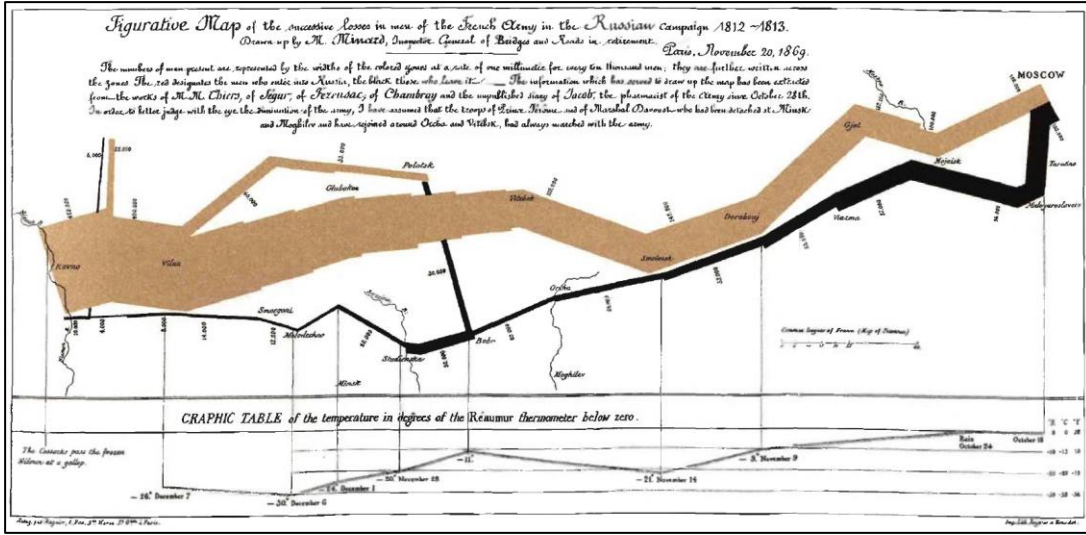
Akış haritası oluşturma, kaynak–hedef noktaları arasında belirli bir hareketliliği temsil eden verileri işleyerek mekansal akışları harita üzerinde kartografik yöntemlerle görselleştirme olarak tanımlanabilir. Mekansal etkileşim kavramının bilimsel temelleri 17'nci yüzyılın sonlarında ortaya konulan Newton'un hareket yasalarının genelleştirilmesi çabalarına dayandırılrsa da bu konudaki en belirgin ilk uygulama Ravenstein'in 1885'te yapmış olduğu 'The Laws of Migration' isimli İngiltere'nin iç göç araştırması olduğu kabul edilir [99,100]. Ravenstein farklı bölgeler arasındaki göç akımlarının çekim yasasındaki prensiplere benzer bir şekilde büyüklükle doğru orantılı ve aradaki mesafeyle ters orantılı olduğunu savlamaktadır.

Öte yandan 1950'lere gelindiğinde ünlü coğrafyacı Edward Ullman, birbirlerine belli bir mesafe uzaklıktaki yerler arasında meydana gelen hareket veya etkileşimin büyüklüğünü nelerin etkilediğini üç temel kavramla açıklamaktadır. (1) Transfer

edilebilirlik (transferability), (2) tamamlayıcılık (complementarity) ve (3) araya giren fırsatlar (intervening opportunities) [101]. Tamamlayıcılık bir hizmet veya malın bir yerdeki eksikliğine karşın başka bir yerde var olması durumudur. Talep edilen şeyin bulunduğu yerde arzı yoksa bulunduğu yeri de servis alanına alan daha merkezi bir konum bu talebi karşılar. Edward bunu mekansal etkileşimi tetikleyen temel bir faktör olarak *tamamlayıcılık* olarak kavramsallaştırmaktadır. Bunun yanında arz ile talep noktaları arasındaki uzaklık, maliyet ve zaman açısından transfere imkân verecek mesafede olmalıdır (transfer edilebilirlik). Burada, aradaki ulaşımı sağlayan araçlar (araba, uçak, gemi vb.), bunların erişim süresi ve maliyeti hesaplamaya katılır. Edward'ın üçüncü prensibi ise iki nokta arasında daha iyi bir alternatif sağlayan yakın bir başka yerin olması durumuna vurguda bulunur (araya giren fırsatlar). Bu durumda etkileşim bu yeni iki konum arasında meydana gelecektir.

Mekanlar arası hareketleri kantitatif yolla görselleştiren ilk çalışma olarak Henry Drury Harness'in 1837 yılında yaptığı İrlanda'daki yolcu hareketlerine dayalı betimlemesi gösterilmektedir [102]. Harness bu çalışmasında akış büyüklüğünü harita üzerinde çizgiler kullanarak yansıtmıştır. Harita yolcuların gerçek seyahat rotasını değil şehirler ve kasabalar arası topolojik mantıksal bağlantılara odaklanmıştır [102,103].

Mekansal etkileşim örüntülerinin analizinde ilk çalışmalara bakıldığında en bilinen ve eski çalışmalardan biri Minard'ın "March to Moscow" (Moskova'ya Yürüyüş) isimli grafik gösterim çalışmasıdır [104]. Napolyon'un Rusya seferini konu alan ve askerlerin ilerleme hareketlerini gösteren bilgi-grafikte (Şekil 5.1) coğrafi harita üzerinde nümerik değerler ve akımlar kullanılmıştır. Oldukça kısa sürede okunabilen 4-5 boyutlu bir bilgiyi basit ve anlaşılır bir şekilde bütünleştirerek aktaran bu çalışmaya, sunulduğu zamanın çok ötesinde mükemmellik atfedilmesinin sebebi mekansal-zamansal değişimi içeren çok değişkenli karmaşıklığın grafik mimariye kolayca entegre edilebilmesidir [98]. Haritada Napolyon'un Rusya seferine başladığı noktadan bitiş noktasına kadar harita üzerindeki güzergâhı, yolculuk süresince farklı sebeplerden orduda yaşanan kayıp ve artışların sayısal ve görsel büyüklükleri, hava şartlarındaki değişimler, önemli yer isimleri (şehir, nehir vb.) verilmektedir.



Şekil 5.1 : Minard'ın "Moskova'ya Yürüyüş" isimli grafik gösterim çalışması [98].

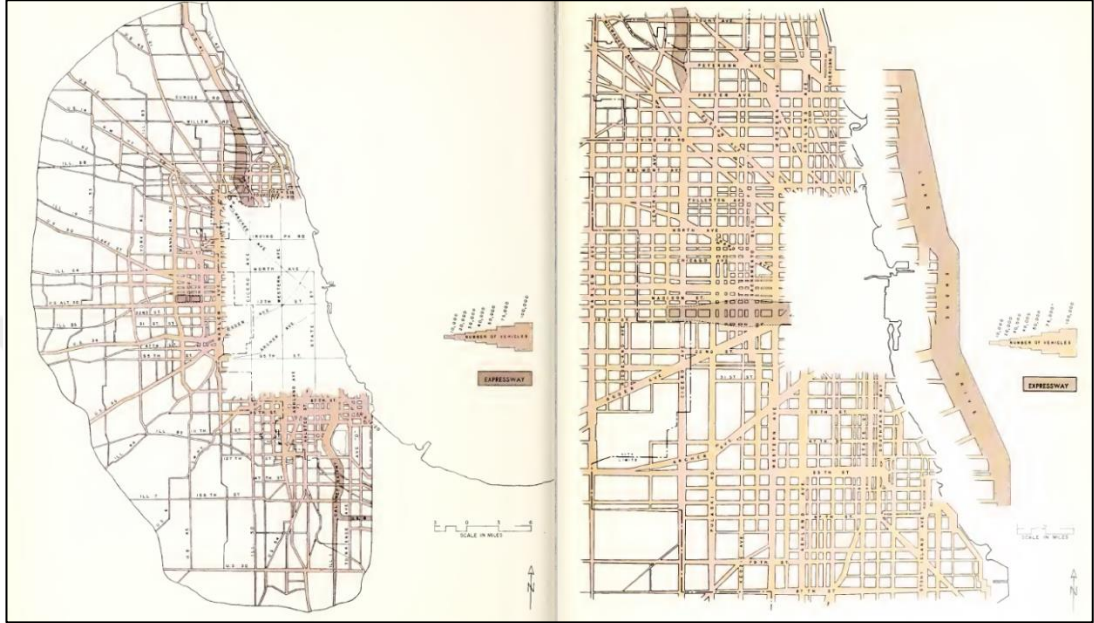
Mekansal hareketlerin haritalarda gösterimine ilişkin bilgisayar olanaklarına ulaşmadan önceki son örneklerden biri de 1957'de Ullman'ın yaptığı, Amerika'da mekanlar arası emtia hareketlerini gösteren çalışmadır [102,105]. Bu çalışmada Ullman, mekanlar arası değişim prensiplerini esas alan bir dizi işaret kullanarak iki yüzden fazla harita çizimi denemesi gerçekleştirmiştir.

Öte yandan literatürde "Chicago Area Transportation Study" [106] uygulama çalışması, bilgisayar olanakları kullanılarak geliştirilen ilk akış haritası örneği olarak kabul edilmektedir (Şekil 5.2). Çalışma ilgili kurum kuruluşlar ve özel sektör temsilcilerinin katkısıyla ABD'nin Chicago eyaletinin ulaştırma altyapısının planlaması amacıyla yapılmıştır. 1954-1956 yılları arasında Chicago'da gerçekleşen trafik kayıtları esas alınarak hazırlanan akış haritasında akış çizgilerinin kalınlığı araç trafiğinin yoğunluğunu temsil etmektedir.

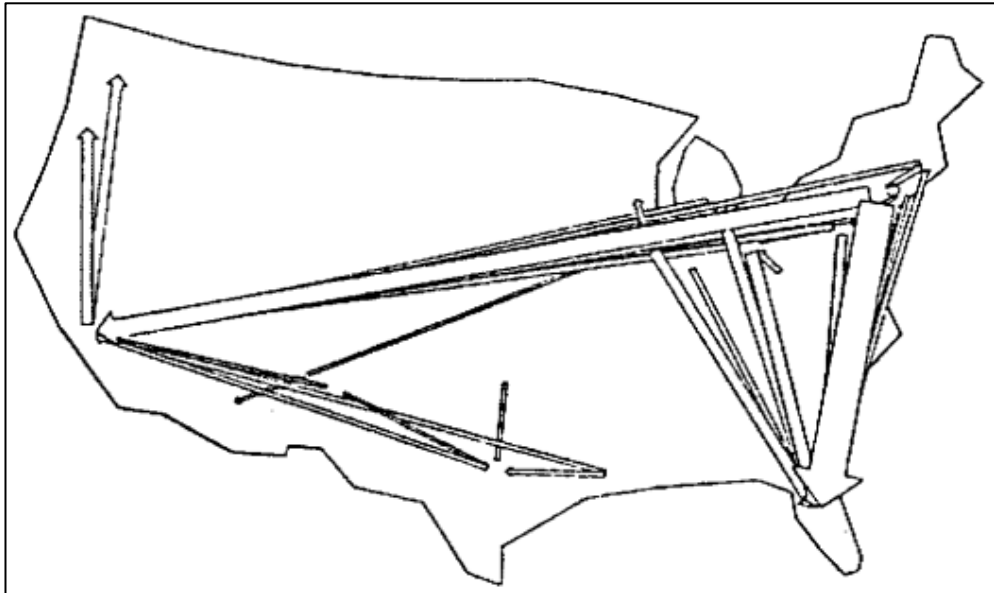
Dijital ortamda yapılan bir başka akış haritası örneği yine ulaştırmayla ilgili bir konuda Kern and Ruston [107] tarafından geliştirilen bir bilgisayar uygulamasıdır. Temel akış verilerini görselleştirebilen ilk bilgisayarlı harita çizim programı olarak da kabul edilen bu yazılım MAPIT ismiyle duyurulmuştur [102]. Uygulama ana hat haritaları, oransal çizgi ve nokta haritalarının yanında akış haritalarının çizimine de olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada mekanlar arası akışlar, bilgisayarda harita üzerinde çizgiler, oklar ve yönleriyle gösterilerek elde edilmiştir.

Akış haritası çiziminde yukarıda verilen örneklere benzer birçok [108-110] çalışmadan sonra mekansal ilişkilerin görselleştirilmesi konusunda dikkate değer en önemli bilimsel katkı Tobler tarafından ortaya konmuştur. Tobler'in özellikle "model of

geographic movement” [111] isimli çalışması ve 1987 yılında zamanın bilgisayar grafik olanaklarını kullanarak geliştirdiği bir uygulamayla gerçekleştirdiği akış çizim deneyleri [112], sayısal harita üzerinde grafik destekli çizimin önemli örneklerindedir. Bilgisayar destekli olarak geliştirilen çizimler ABD’de eyaletler arası göç hareketlerini göstermektedir.



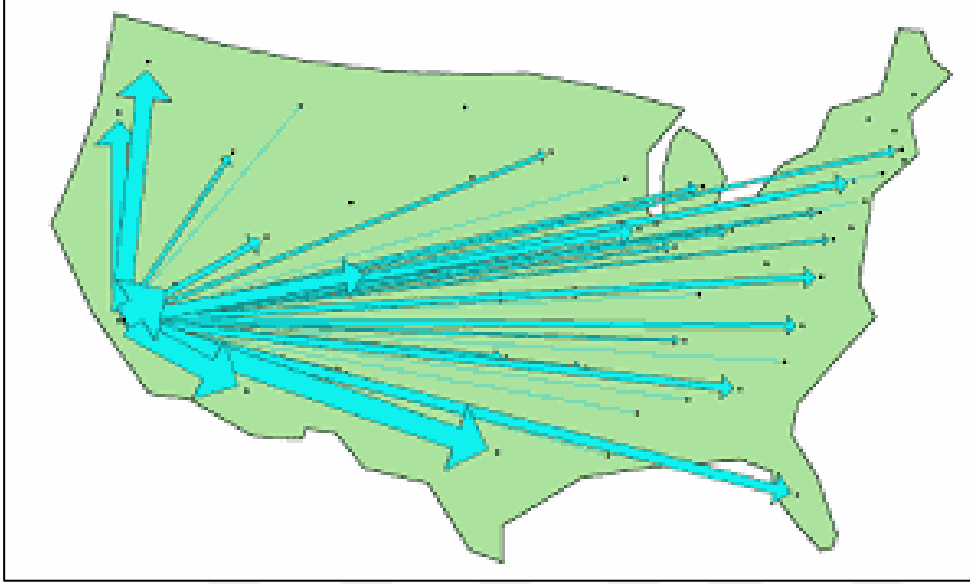
Şekil 5.2 : Chicago alan ulaşım planı, araç akış haritası [106].<sup>2</sup>



Şekil 5.3 : Tobler'in akış haritası çizim deneyleri [112].

<sup>2</sup> Sağ taraftaki ek harita da merkez bölgenin yakınlaştırılmış boyutudur.

Tobler'in bu çalışmaları, 2004 yılında Center for Spatially Integrated Social Science (CSISS) isimli program dahilinde "Flow mapper" adında windows tabanlı bir uygulama olarak kısmen ticarileştirilmiştir [113,114] (Şekil 5.4). Mekansal ilişkilerin analizi ve görselleştirilmesi alanında geliştirilen bir diğer çalışma Tom de Jong tarafından geliştirilen "Flowmap" isimli görselleştirme aracıdır [115] (Şekil 5.5).



Şekil 5.4 : Akış haritası çıkarma aracı örnekleri: Flow Mapper.



Şekil 5.5 : Akış haritası çıkarma aracı örnekleri: Flow Map.

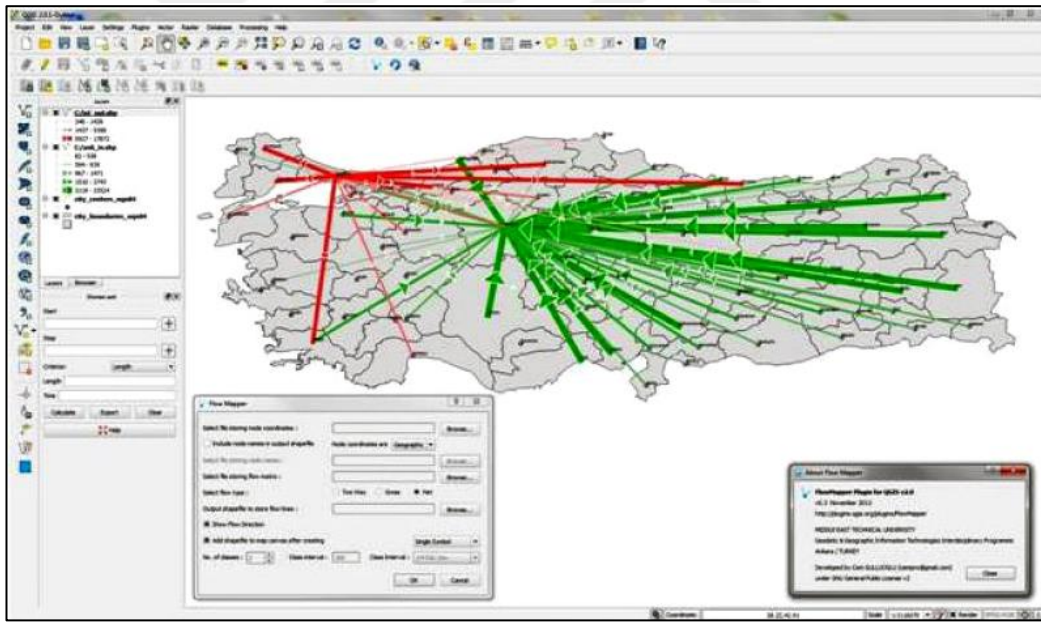
Mekansal ilişki ağlarının haritaya yansıtılması yukarıda anılan birçok araştırmaya konu olmasına karşın son yıllardaki kadar verimli uygulama alanı bulamamıştır.



Alasdair Rae'nin 2009 yılında yayınlanan çalışması [116] bu alandaki gelişme potansiyeline ışık tutmuş ve güncel teknolojik ilerlemelerin coğrafi örüntülerin anlaşılmasında daha verimli kullanılabileceğini örnek uygulamalarla göstermiştir.

Akış haritalama alandaki gelişmeler başlıca lisanslı ve açık kaynak kodlu Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulamaları için de bir ilerleme alanı olmaktadır. Goodchild ve Glennon ArcGIS için yaptıkları çalışmada [117] akış haritası tasarımı konusunda Flow Data Model Tools (FDMT) isimli bir akış veri modeli geliştirmişlerdir. Araştırmacılar 2009 yılında bu çalışmayı ArcGIS 9 serisi için Flowpy isiminde bir Visual Basic makro uygulaması olarak yayınlamışlardır [118].

Türkiye adresli literatürde akış haritaları konusuna odaklanan başlıca çalışmalar arasında 2014 yılında Güllüoğlu tarafından geliştirilen masaüstü CBS yazılımı eklentisi bulunmaktadır [16]. Çalışmada geliştirilen akış görselleştirme aracı açık kaynak kodlu Quantum GIS yazılımına eklenti olarak Python dilinde yazılmıştır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 : Akış haritası çıkarma aracı örnekleri: Flow Mapping [16].

### 5.3 Yöntem

Akış haritası tasarımı alanında geliştirilen araçlarda genel olarak harita görselleştirmede yaşanan karmaşıklık, küçük alan problemi yanında uygulama platformlarının verdiği kısıtlı yetenekler de nitelikli bir görselleştirmenin

geliştirilmesine engel olmaktadır. Bu alanda kullanılabilir genelleştirme, normalleştirme ve kümeleme yöntemleri uygulamaya yeterince yansımamıştır.

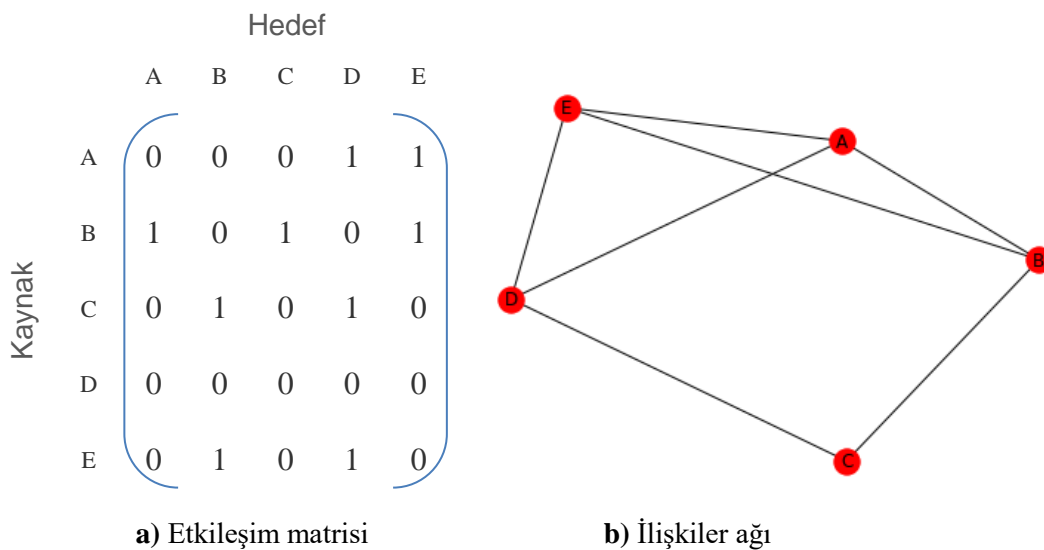
### 5.3.1 Akış veri modeli

Mekanlar arası hareketlerden akış haritası üretirken, etkileşim içerisinde olan konumlar, etkileşimin yönü, büyüklüğü ve diğer özniteliklerine ilişkin bilgiler kullanılır (Çizelge 5.1).

**Çizelge 5.1** : Akış görselleştirme unsurları.

Kaynak konum	Hedef konum	Akış büyüklüğü	Öznitelik
A	B	m	y

Akış haritasını oluşturacak veri seti genelde Kaynak-Hedef düğüm çiftlerinden oluşan bir tabloda veya ilişkiler kare matrisi şeklinde hazırlanır. Matris veri modelinde ağdaki düğümler hem satır ve hem de sütun boyunca sıralanır. Satır ve sütunların kesişimi olan hücreler, ilgili satır-sütun numarasına karşılık gelecek her bir düğüm çifti arasındaki ilişkinin varlığı hakkında bilgi veren 0-1 değerlerini veya bağlantının bir öznitelik büyüklüğünü veren bir değişken hakkında bilgiyi taşır (ör; bağlantının ağırlığı). Matris veri modelinde (A, B) gibi her bir düğüm çiftini temsil eden hücreye karşılık (B, A) gibi bir simetrik hücre bulunduğundan aynı anda hem gelen ve hem de giden akışlarla ilgili veri tutmaya imkân tanır. Bu açıdan bellekte daha az yer kaplar. Sütunlar kaynak, satırlar ise hedef konumları gösterir. Şekil 5.7’de matris veri modeliyle tutulan 5 düğümlü bir ilişkiler ağının temsili sunulmuştur.



**Şekil 5.7** : Kaynak-Hedef etkileşim matrisi ve ilişkiler ağı.

Kaynak-Hedef matrislerinin grafik gösterimdeki karşılığı düğümler ve çizgilerdir. Eğer yalnızca düğümlerin oluşturduğu ağ yapısı ve aralarındaki ilişkiler inceleniyorsa düğümlerin arasındaki mesafe belirli bir modele göre (ör; çekim modeli) belirlenebilir. Öte yandan mekansal kısıtlı ağların görselleştirilmesinde düğümlerin sabit bir konumu vardır.

### 5.3.2 Akış haritaları tasarım prensipleri

Kavramsal olarak akış, bir şeyin belli bir doğrultuda belirli bir zaman için gerçekleştirdiği hareket [119] olarak tanımlanmaktadır. Kartografya'da ise akış haritası, konumlar arasında gerçekleşen belirli hareketlerin, çizgisel işaretlerden yararlanarak harita üzerinde gösterilmesi yöntemidir [120]. Bu temel tanımlama sayısal akış harita tasarımının ilk öncülerinden olan Tobler'den günümüze değişmemiştir [120-122]. Mekansal veri görselleştirme çalışmaları kapsamında oluşturulan akış haritaları üç temel bileşenden oluşur; akış kaynak konumu, hedef konumu ve akış büyüklüğü [16]. Buna, eğer analiz edilen veri seti içerisinde bulunuyorsa akışa ait öznitelikleri de eklemek mümkündür.

Öte yandan bir akış haritasında aralarında hareket bulunan noktalar ile hareketi temsil edecek çizgiler dışında bu bileşenler için kullanılacak harita işaretlerinin şekil, tür, dolgu, ton, büyüklük, kalınlık, renk, konum ve benzeri özellikleri, tasarımda kullanılan diğer unsurlardır. Görsel değişkenler (visual variables) olarak tanımlan bu özellikler, okuyucuya mekansal olguları ve bu olguları oluşturan bileşenler arasındaki farkları göstermek için grafik ortamına belirli bir düzen içerisinde yansıtılır. Bu bileşenler, ister bireysel isterse birbirleriyle uyumlu olarak gözlensinler, konuyu okuyucuya iletmeye yararlar. Bu semboller, okuyucunun bilgi topladığı ve haritayı yorumladığı görsel değişkenler olarak işlev görür [122,123].

Görselleştirme bir işlem olarak veri analizinde son aşama değil, veriyi farklı perspektiflerden keşfedebilmeye yarayan bir araç olarak görülmektedir [124]. Öte yandan görselleştirme teorik bir çerçeveye desteklenmediği sürece ortaya çıkarılan bilginin doğru yorumlandığından emin olunamaz. Teorik arkaplanda geliştirilen modeller olmaksızın (örneğin Gravity Model) mekansal örüntülerin basit bir şekilde görselleştirilmesi ve tanımlanması kendi başına yeterli olmamaktadır [102].

Longley'e göre [125] coğrafi görselleştirmenin başlıca amacı kullanıcılara keşif, sentez, sunum ve analiz yapmalarına imkan tanımadır. Bu amaçların her biri sırasıyla

Accoff'un; veri (data), bilgi (information), kullanışlı bilgi (knowledge) ve bilgelik (wisdom) olarak tanımladığı insanın kavrayış sınıflarının her birine hitap eder [126]. Rae coğrafi görselleştirmenin yukarıda sayılan aşamalarını gerçekleştirmeden kendi başına kullanışlı bilgi ve bilgelik üretemeyeceğini vurgular [15]. Bu noktada bilgiyi elde etmek için her zaman insan algısının bir önceki formu olan enformasyonun kontrollü/düzenli kaybı göze alınır [127].

Mekanlar arası ilişkilerin analizinde öncelikle konuyla ilgili tüm veriler toplanır. Daha sonra kademeli olarak ihmal edilebilir veriler elimine edilebilir. Her veri eleme işlemi, başta yapılması gereken veri toplama işindeki ihmalden kaynaklanmamalı analitik bir karara dayanmalıdır. Ayrıca gösterilmeyecek veriler belirlenirken belirli bir tekrarlı deneyler serisine dayanan bir süreç izlenmesi gerekir [116,127]. Bu prensip, akış haritası görselleştirme çalışmalarında çok sayıda akışın varlığından kaynaklanan karmaşıklık ve küçük alan problemlerinin çözüm süreçlerinde çokça uygulanır [68]. Örneğin akış harita ekranına tüm etkileşim örüntülerini yansıtmak yerine yüksek ağırlığa sahip akışları ön plana çıkaracak eşik bir değer verilir.

Bu çalışmada, tekrarlı denemelerle veri kaybı ilkesinin hayata geçirilmesi için; filtreleme, genelleştirme ve görselleştirme fonksiyonları etkileşimli olarak tasarlanmıştır. Kullanıcılar tekrarlı deneyler sonucunda görselleştirme amacına uygun bir eşik noktasını belirleyebilmektedirler. Eğer mekanlar arası bağlantısallık tasvir edilmek isteniyorsa düşük bir eşik seçilebilir, öte yandan mekansal etkileşim ağındaki anahtar rol üstlenen düğümler görülmek isteniyorsa limit değerleri artırılmalıdır.

Ayrıca geliştirilen uygulamada çizgilerin yanında düğümler de akışlarla ilgili bilgi verebilmektedir. Her bir il için gelen, giden, brüt ve net değerlerinden biri referans olarak seçilerek derecelendirilmiş simgeler kullanılarak iller arası karşılaştırma yapmak mümkündür. Ancak kartografik ölçülere göre sınıf içindeki farklılıkların 7'den fazla olmaması tavsiye edilmektedir. Aksi takdirde insan algısı gruplar arasındaki farklılıkları kısa sürede ve doğru olarak algılayamamaktadır [128].

### **5.3.3 Akış haritası tasarımında zaman boyutu**

Mekansal etkileşimin analizi ve görselleştirilmesinde önemli bir parametre de zamandır. Mekansal etkileşimlerin zaman içerisindeki değişiminin farklı harita ölçeklerinde ve zaman aralıklarında incelenmesi, örüntülerin bir anlam ifade etmesi/çıkarsama yapılabilmesi için gereklidir. Analizin amacına göre zaman

boyutunun bağlamı farklılık gösterir; bazı çalışmalarda on yıllar süresince gözlenen uzun periyottaki değişim önemliyken bazılarında belirli bir olay/olgu referans alınarak buna bağlı öncesi ve sonrasına ilişkin değişime bakılır. Bunun dışında yıl içerisinde mevsimler arasındaki farklar, çalışma günleri ile hafta sonu tatilleri arasındaki değişiklikler ya da gün içerisinde çalışma saatleri ve paydos zamanları arasındaki değişimler (commuting network) analize konu olabilir.

Zaman boyutunu da içine alan dinamik mekansal etkileşim süreçlerinin görselleştirilmesinde yaşanan zorluklar insan kavrayışının önünde bariyer oluşturmaktadır. Şimdiye kadar geliştirilen araçlar zaman mekan değişimini yansıtmaktan uzaktır [16]. Örneğin Tobler'in ilk çalışmalarında akış haritası çizim modelinde zaman boyutunun temsil edilmemesi araştırmacılarca eleştiri konusu olmuştur [122].

Andrienko ve diğerleri [129] hareket verilerinin analizinde kullanılan metotları inceledikleri çalışmalarında akış haritaların tasarımında zaman boyutunun önemine dikkat çeker ve hareketlerin varlıkların belirli bir zaman dilimi için gerçekleştirdikleri toplam hareketleri temsil etmesi gerektiğini vurgular.

#### **5.4 Yazılım Geliştirme Ortam Bileşenleri**

Bu bölüm çalışma kapsamında geliştirilen uygulamanın yazılım geliştirme ortam bileşenleri hakkında bilgi verilmektedir. Mekansal etkileşim ilişkilerini analiz etmek amacıyla geliştirilen Mekansal Etkileşim Görselleştirme Aracı (MEGA) için yakın zamandaki coğrafi görselleştirmedeki ilerlemeleri ve temel bazı analitik prensipleri izlemektedir.

Mekansal etkileşim örüntülerinin görselleştirilmesi ve analizini amaçlayan MEGA, açık kaynak kodlu araçlar kullanılarak geliştirilmiş WEB tabanlı bir uygulamadır. Sunucu tarafında ve ara katmanlarında Nginx, MongoDB, Node.js, Express ve Mongoose, RestAPI teknolojileri kullanılan uygulamanın ön uç ve arayüzü büyük ölçüde *HTML 5.0* ve *Javascript* dilinde geliştirilmiştir. Bu dillere bağlantılı olarak *CSS*, *JQuery*, *Ajax*, *Leaflet*, *Leaflet-dvf*, *ALASQL* ve *Boostrapt* kütüphanelerinden faydalanılmıştır.

Görselleştirme aracının performansının artırılması amacıyla sorgu ve hesaplama altyapısı olarak *MongoDB* doküman tabanlı (no-sql) veri tabanı kullanılmıştır. Ön uç

ile veritabanı arasındaki RestAPI isteklerinin işlenmesi için Node.js çalışma ortamı ve Express ara katmanında geliştirilmiş veritabanı modeli (Mongoose), kontrol birimi (controller) ve yönlendirici (router) uygulamaları hazırlanmıştır. Projenin versiyon kontrol sistemi ve kaynak kodu yönetimi için *Bitbucket* ve *Github* kullanılmıştır.

## 5.5 Akış Haritası Aracı Kullanıcı Grafik Arayüzü ve İşlevleri

Bu bölüm çalışma kapsamında geliştirilen uygulamanın kullanıcı arayüzü ve yetenekleri hakkında bilgi verilmektedir. Uygulamaya ilişkin bilgiler; genel görünüm, altlık harita seçimi, veri yükleme, parametre filtreleme, düğüm görselleştirme ve akış görselleştirme başlıkları altında incelenmektedir.

### 5.5.1 Kullanıcı arayüzü genel görünümü

Mekansal etkileşim görselleştirme aracı Şekil 5.8’de görüldüğü gibi WEB tabanlı bir arayüze sahiptir. Arayüzde harita görselleştirmede olabildiğince büyük bir alan kullanabilmek için işlevler sol ve sağ üst köşeye alınmış, ayrıca menüler için saydam arka plan kullanılmıştır.

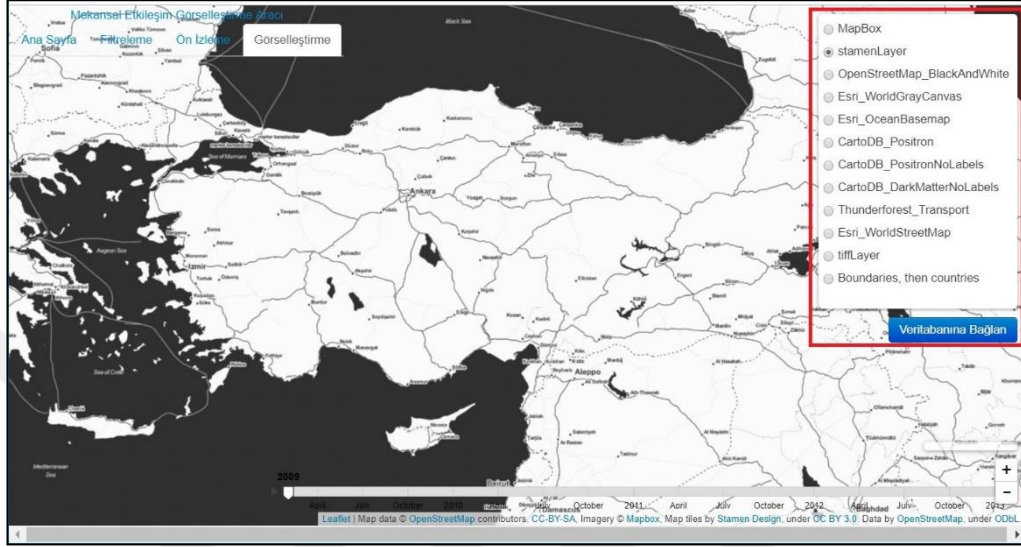


Şekil 5.8 : MEGA grafik arayüzü.

Temel işlemlere ulaşmak için kullanılan ana menü çubuğu sol üst köşede yer alır. Burada anasayfa, veri filtreleme, ön izleme ve görselleştirme sekmeleri mevcuttur. Sağ üst köşede altlık haritaların seçildiği ve veritabanı bağlantısının sağlandığı menüler bulunur. Son olarak sayfanın alt kenarı boyunca mekansal-zamansal analizlerin yapıldığı zaman çubuğu yer alır. İlerleyen bölümlerde bu alanların fonksiyonlarına ilişkin daha ayrıntılı bilgiler verilmektedir.

### 5.5.2 Altlık harita seçimi ve veritabanı bağlantısı

Mekansal etkileşim örüntülerinin gösterildiği kullanıcı etkileşim ortamında birçok harita altlığı seçimi yapılabilmektedir. Ekranın sağ üst köşesinde yer alan düğmeye tıklanarak harita listesine ulaşmak mümkündür. Bu listede Stamen tasarımı, Esri, Open Street, CartoDB gibi birçok alternatif harita altlığı bulunmaktadır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 : MEGA grafik arayüzü, harita altlıkları.

Görselleştirme aracı grafik arayüzünün kullanımı veritabanına bağlanılarak gerçekleştirilen veri yükleme işlemiyle başlar. Veri yükleme butonu sağ üst köşede altlık haritaların bulunduğu düğmenin altında yer alır. Harita yükle düğmesine tıklandığında program arkaplanda *MongoDB* veri tabanına bağlanarak kaynak-hedef ağını oluşturacak öznitelik parametrelerine erişir (Şekil 5.9) ve akışlara ilişkin öznitelik verileri filtreleme ekrana aktarılır. Filtreleme sekmesinde seçilecek parametrelere göre veritabanına yeni akışlara ilişkin istekler gönderilmektedir.

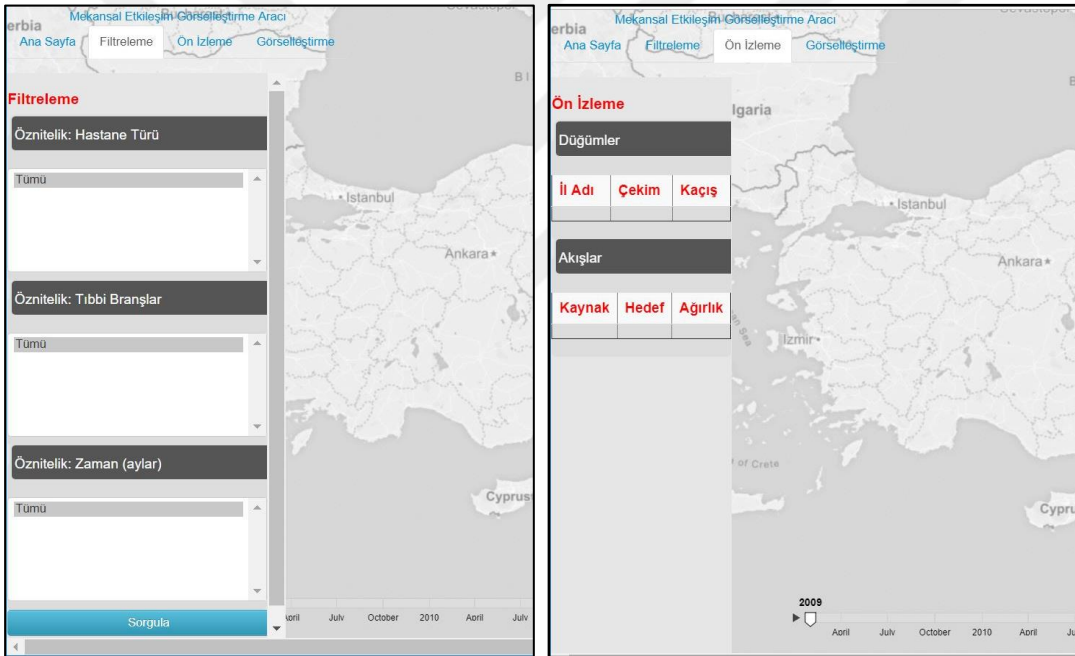
### 5.5.3 Parametre filtreleme ve sorgu ön izleme özelliği

Mekansal etkileşim örüntüleri görselleştirilirken karşılaşılan en önemli problemlerin başında küçük alan ve karmaşıklık problemi gelmektedir. Örneğin Türkiye için ulusal ölçekte iller arası mekansal etkileşim örüntülerini yansıtan bir görselleştirme çalışmasında, harita üzerinde  $81 \times 81 = 6561$  adet akış çizgisi aynı anda çizilmesi gerekebilir. MEGA akış haritası görselleştirme aracı tam ekran harita düzen planıyla küçük alan probleminin çözümüne hitap eder. Görselleştirme işlemlerinin geniş ekranda yapılması, analizi kolaylaştıran bir unsurdur. Bunun yanında uygulamanın



parametre filtreleme özelliği akışları hem büyüklüklerine göre hem de seçilecek özniteliklerine göre süzebilmeye imkân tanımaktadır.

Akış özniteliklerine göre filtreleme fonksiyonu filtreleme sekmesinden gerçekleştirilir (Şekil 5.10). Filtreleme işleminden sonra gelen sonuçlar ön izleme bölümünde belirir. Burada gözlenebilen düğüm ve akışların büyüklüklerine göre eşik değer ve limitler görselleştirme sekmesinden belirlenebilir. Akış haritası çizim sürecinde iki aşamalı bir süzme gerçekleştirilerek kontrollü veri kaybı prensibi hayata geçirilmiştir [127]. İlk aşamadaki filtre özelliğiyle hangi akış türlerine odaklanılacağına karar verilirken ikinci aşamada etkileşimin büyüklüğüne ilişkin en küçük eşik değer belirlenebilir. Filtreleme işleminde belirlenen alt limitin altında kalan değerler hesaplama işleminin dışında tutularak harita çizim ekranı yenilenir.



Şekil 5.10 : Değişken filtreleme ve ön izleme fonksiyonu.

#### 5.5.4 Düğüm görselleştirme

Filtreleme işleminde seçilen özniteliklere göre hesaplanan mekanlar arası akışlar, haritadaki her bir noktaya göre farklılık göstermektedir. Bazı düğümler çok sayıda yerden büyük hacimde akış çekerken bazılarının hem bağlantı sayısı hem de gelen akış miktarı düşük düzeyde kalmaktadır. Bu gibi farklılıkları yansıtabilmek için harita üzerinde yer alan düğüm noktalarının gelen-giden akış büyüklüğü gibi niteliksel ve niceliksel bilgilere göre görselleştirilmesi iyi bir kartografik yöntemdir. MEGA görselleştirme uygulamasının düğüm görselleştirme özelliği, mekanların sahip olduğu

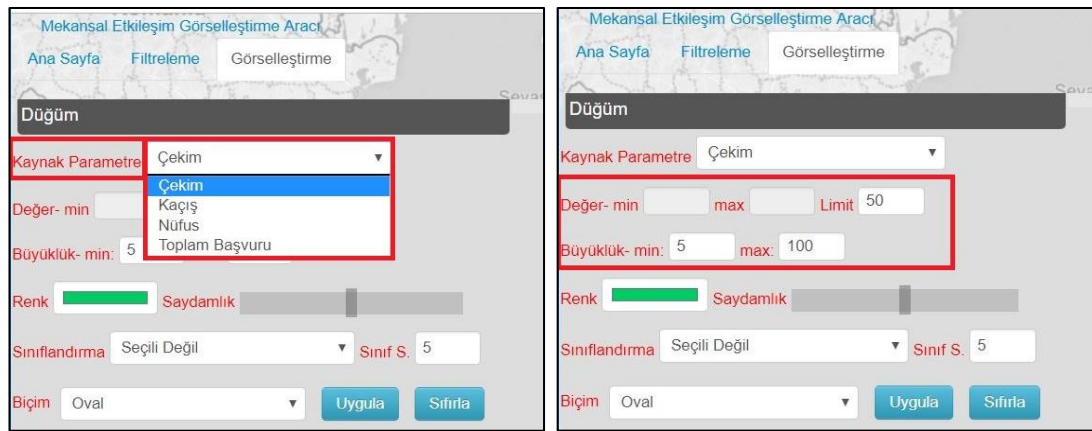


farklı karakteristikleri renk, büyüklük (nicelikler), şeffaflık (üst üste binmeler) gibi görsel değişkenlerle harita gösterimine yansıtılabilmektedir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11 : Düğüm görselleştirme.

Şekil 5.11'te görselleştirme sekmesinde yer alan düğümlere ilişkin görsel özellik seçenekleri verilmiştir. Öncelikle belirli bir değişkenin değerine göre görselleştirilecek düğümler için düğüm kaynak parametresi seçilmektedir (Şekil 5.12a). Burada düğüm büyüklüğüne esas olacak değişken; *çekim* (gelen akışlar), *kaçış* (giden akışlar), *nüfus* veya *toplam başvuru* gibi alanlardan birisi olabilir. Kaynak parametre seçimi yapıldıktan sonra *Değer* bölümüne düğümlerin sahip olduğu en büyük ve en küçük değerler yansıtılır (Şekil 5.12b). Bu bölümde yer alan *Limit* alanı, düğümlerin haritada gösterilebilmesi için sahip olması gereken en küçük sayısal değer belirlenebilmesini sağlar. *Büyükük* (*min/max*) alanından ise düğümleri temsil edecek simgenin boyutunu belirleyecek minimum ve maksimum değerler girdi olarak verilebilmektedir (Şekil 5.12b).



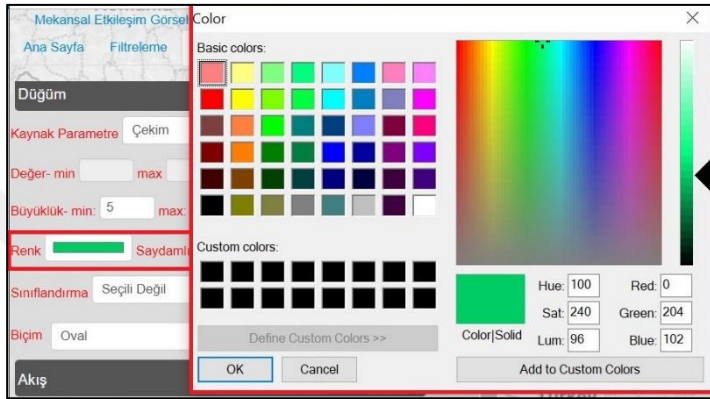
a) Düğüm kaynak parametre seçimi.

b) Düğüm limit ve şekil büyüklük aralığı seçimi.

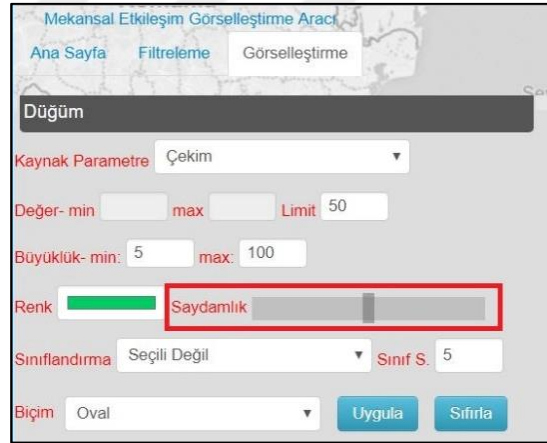
Şekil 5.12: Düğüm görselleştirme, kaynak parametre, limit ve düğüm çapı belirleme.

Şekil 5.13'te gösterildiği gibi görselleştirme sekmesinin altındaki *renk* alanında düğümler için renk seçme işlemi gerçekleştirilir. Bu alanda daha önce belirlenmiş temel renk seçeneklerinin yanında RGB ve HSL değerleriyle isteğe göre uyarlanabilen renklerin de seçilebilmesi mümkündür.

Şekil 5.14'te düğümlerin saydamlığının ayarlanabildiği kaydırma çubuğu gösterilmektedir. Bu kaydırma çubuğu ile 0 ile 100 arasında bir saydamlık değeri atanabilmektedir. Düğüm saydamlaştırma fonksiyonu, akış haritası çiziminde oluşacak karmaşıklık probleminin çözümüne yönelik olarak geliştirilmiştir.



Şekil 5.13 : Düğüm görselleştirme, renk seçenekleri.

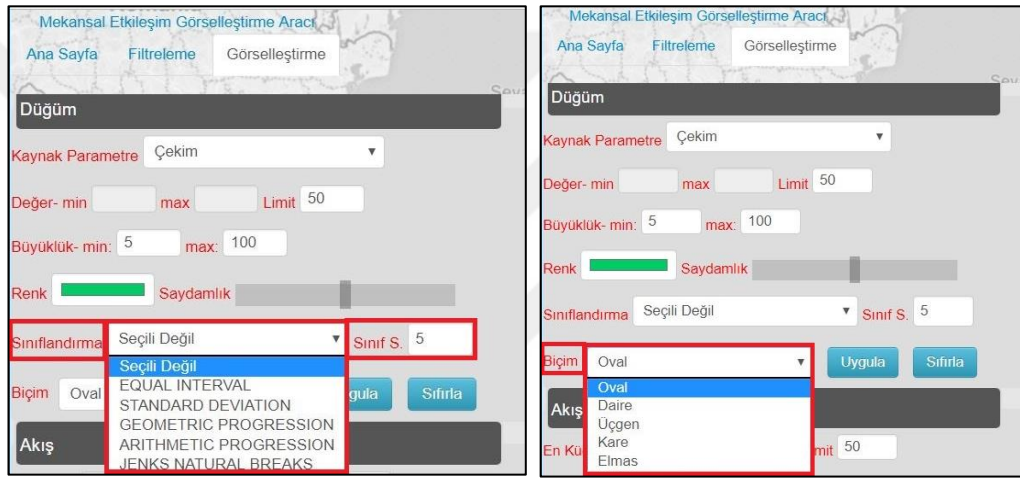


Şekil 5.14 : Düğüm görselleştirme, saydamlık.

Görselleştirme uygulaması MEGA'nın önemli özelliklerinden birisi de niceliksel verilerin sınıflandırması fonksiyonudur. Burada düğümlerin aldığı değerler belirli bir grupta yöntemi kullanılarak aralıklara ayrılır. Geçerli versiyonda mevcut olan sınıflandırma yöntemleri arasında *Equal Interval*, *Quantile*, *Standart Deviation*, *Geometric Progesion*, *Aritmetic Progression* ve *Jenks* yer almaktadır. Sınıflandırmada ayrıca seçilen yöntemle göre grupta yapılacaksa belirli bir sayısal

değer olarak *segment sayısı* parametre olarak seçilebilir (Şekil 5.15a). Düğüm görselleştirme sekmesinde yer alan diğer bir özellik simge biçim seçimidir. Bu alanındaki seçeneklerle düğümü temsil edecek işaretin şekli verilen alternatifler içerisinde seçilebilir (Şekil 5.15b).

Görselleştirme aracında her düğüm noktası tıklandığında o düğüme ilişkin bir bilgi penceresi belirmektedir. Burada düğümün temsil ettiği yerleşim yerinin mekansal etkileşime ilişkin gelen akışlar, giden akışlar gibi değişken değerleri verilmektedir. Düğümlere ilişkin tüm tercihler yapıldıktan sonra görselleştirmenin harita katmanına aktarılması için *Uygula* butonuna tıklanır. Çizimin silinmesi ve parametrelerin varsayılan değerlere döndürülmesi için *Sıfırla* butonu kullanılır.



(a) Düğüm sınıflandırma.

(b) Düğüm biçim seçimi.

Şekil 5.15 : Düğüm görselleştirme, sınıflandırma ve biçim seçimi.

### 5.5.5 Akış görselleştirme

Mekansal etkileşim örüntülerinin görselleştirmesinde en büyük zorluk akış haritalarının çizilmesi aşamasıdır. Harita çizim alanının sınırlı olması ve yerleşim yerleri arasındaki bağlantıların yoğunluğu anlamlı bir harita oluşturmayı güçleştirir. Filtreleme işlemi ve düğüm görselleştirme önemli bir katkı sağlasa da mekanlar arası hareketler hakkındaki bilgiyi temsil edecek unsur nihayetinde bağlantı çizgileridir. Uygulamada yerleşim yerleri arasındaki anlamlı ilişkileri ortaya çıkarmak için akış çizgilerinin rengi, kalınlığı, sınıflandırılması, biçimi, şeffaflığı gibi parametreleri kontrol eden fonksiyonlar geliştirilmiştir.

Uygulamanın akış görselleştirme özellikleri *Akış* sekmesi altında yer almaktadır (Şekil 5.16a). Filtreleme ekranında seçilen özniteliklere göre veritabanından sorgulanan

akışlara ilişkin *en büyük* ve *en küçük* değerler *Akış sekmesinde* ilk satıra ön izleme olarak yansıtılır. Buradaki ilk fonksiyon olan *Limit* alanına girilen değer, akışların haritada gösterilebilmesi için sahip olması gereken asgari sayısal değer belirlenebilmesini sağlar (Şekil 5.16b). Mekansal etkileşim örüntülerinde karmaşıklığı azaltmak için bağlantı ağırlıklarının belirli bir eşiğe göre sınırlandırılması bu özellikle sağlanır. Çizgi ağırlığı limitlemeyle filtrelemeye benzer bir şekilde belirli bir değer altındaki hareketler ihmal edilmek üzere süzülür. Bu özellik kullanılarak Boulding'in [127] bilgi edinimi süreçlerinde veri kaybını göze alma prensibi hayata geçirilmektedir. Aynı bölümdeki *Ağırlık* seçeneğinde çizilecek bağlantı oklarının kalınlığına ilişkin minimum ve maksimum değerlerden oluşan bir aralık girilir (Şekil 5.16b). Dğümler arası bağlantıların ağırlık dağılımı, uygulamada kullanılan doğrusal bir fonksiyona göre, verilen bu yeni aralığa indirgenir.



a) Akış görselleştirme sekmesi.

b) Akış görselleştirme limit ve çizgi kalınlığı.

**Şekil 5.16 :** Akış görselleştirme, limit ve çizgi kalınlığı.

Akış çizgilerindeki karmaşıklık probleminin çözümü için MEGA'da bulunan önemli özelliklerden birisi de renklendirme, saydamlık ve parlaklık seçenekleridir. Akış çizgilerinin renk seçeneği *Renk Parametreleri* başlığı altında seçilebilir renk paleti olarak verilmektedir. Renklendirme fonksiyonundaki en önemli özelliklerden birisi akış çizgilerinin yoğunluğa göre belirli bir renk ölçeğine bağlı olarak dereceli bir renklendirme yapılabilmesidir (Şekil 5.17a).

MEGA'da saydamlık (opaklık), parlaklık ve renklendirme birlikte ele alınması gereken fonksiyonlardır. Saydamlaştırma ve parlaklık özellikleri bağlantı sayısının çok fazla olduğu durumlarda kullanılarak ilişkilerin seçilebilir hale gelmesini sağlamaktadır. Bu fonksiyon *Saydamlık* ve *Parlaklık* kaydırma çubukları aracılığıyla 0 ile 100 arasında bir değer atanarak gerçekleştirilir (Şekil 5.17b). Renklendirme için

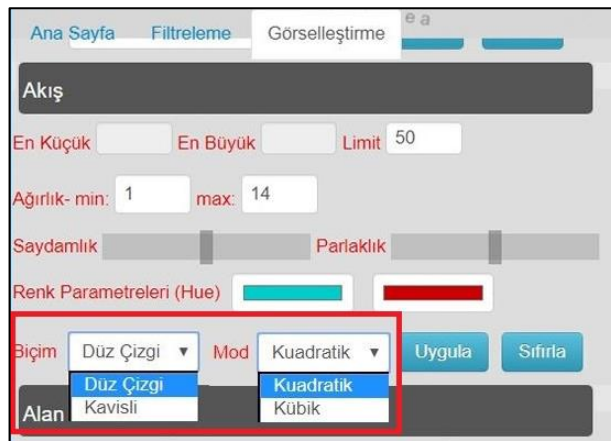
ise saydamlık ve parlaklıktan bağımsız olarak açılan spektrumundan iki renk seçilir. Bu iki renk değerinin arasında kalan spektral değerlere karşılık gelen renkler, özel bir doğrusal fonksiyonla akışların ağırlık değerlerine göre çizgilere atanır. Saydamlık ve parlaklık değerleri tüm çizgiler için ortak olarak belirlenirken, her bir çizginin renk değeri, ilgili düğümler arasındaki akışın ağırlığına bağlı olarak Renklendirme seçeneğinde verilen iki renk arasındaki renk spektrumundan belirlenir.



a) Akış görselleştirme: Renklendirme. b) Akış görselleştirme: Saydamlık ve parlaklık.

**Şekil 5.17 :** Akış görselleştirme, saydamlık, parlaklık ve renklendirme.

Akış görselleştirme uygulamasında çizgilere ilişkin belirlenebilen önemli bir özellik de biçim ve çizgi modudur. *Biçim* ve *Mod* alanları altında belirlenen bu seçenekler çizginin büküm özelliklerine ilişkin sırasıyla; *Düz* ve *Kavisli* ile *Kuadratik* ve *Kübik* alternatiflerini sunar. Çizgi bükme düz çizgilere nazaran uzak noktalar arasındaki ilişkileri takip etmeyi kolaylaştıran bir fonksiyondur (Şekil 5.18).



**Şekil 5.18 :** Akış görselleştirme, biçim ve mod.

### 5.5.6 Alan görselleştirme

Geliştirilen görselleştirme aracı MEGA'nın önemli özelliklerden birisi de mekansal alan görselleştirme özelliğidir (Şekil 5.19). Bu fonksiyon haritadaki yerleşim yerlerini



renklendirerek analize başka bir değişken eklenmesine imkân vermektedir. Renk tonlu (Choropleth) harita başlığı altında seçilebilen bu özellik analizde kullanılan verilerin harita altlığındaki poligon alanlarıyla bağlantısını sağlamaktadır. Bu özellik ile analizdeki iller düğüm ve akışlardan bağımsız olarak seçilen başka bir parametreye göre sınıflandırılarak renklendirilmektedir. Alan görselleştirme fonksiyonunun kaynak parametre ve sınıflandırma seçenekleri, düğüm görselleştirme bölümünde verilen alternatiflerle aynıdır. Düğüm görselleştirmede noktasal gösterim yapılırken Alan fonksiyonunda illere ilişkin alan gösterim işlemi yapılır.

Şekil 5.19 : Alan görselleştirme.

## 5.6 Türkiye Ulusal Hasta Hareketlerinin MEGA ile Görselleştirilmesi

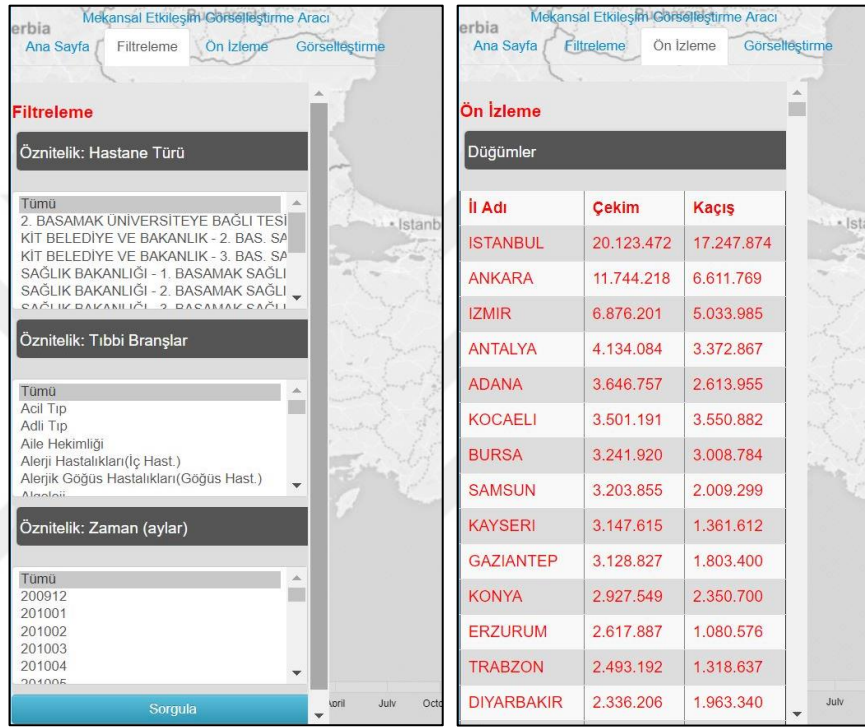
Bu bölümde, mekansal etkileşim görselleştirme aracı MEGA ile Türkiye ulusal düzeyde iller arasındaki hasta hareketleri görselleştirilerek analiz edilmektedir. Tez kapsamında SGK'dan elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, akışlar öznitelik verileri ve zaman boyutuna göre filtrelenerek mekansal etkileşim örüntüleri ortaya çıkarılmaktadır.

### 5.6.1 Hasta hareketleri genel dağılımı

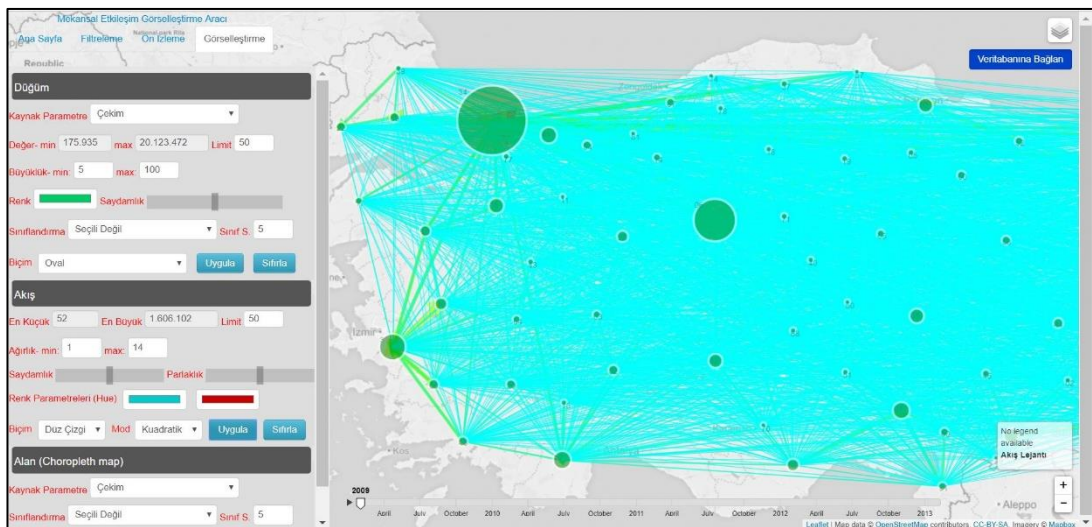
Türkiye ulusal hasta hareketleri verileri MEGA uygulamasına yüklendiğinde hastane türü, tıbbi branşlar ve zaman parametrelerine ilişkin değerler filtreleme alanına aktarılır (Şekil 5.20a). Filtre görünümünde 12 hastane türü, 120 tıbbi branş ve

Aralık 2009 – Aralık 2013 yılları arasındaki 48 zaman kesitinden oluşan öznitelikler arasında seçim yapılabilir. Filtrelemede “tümü” seçeneğine göre sorgulama yapıldığında düğüm ve akışlara ilişkin veriler *Ön İzleme* bölümünde görüntülenmektedir (Şekil 5.20b).

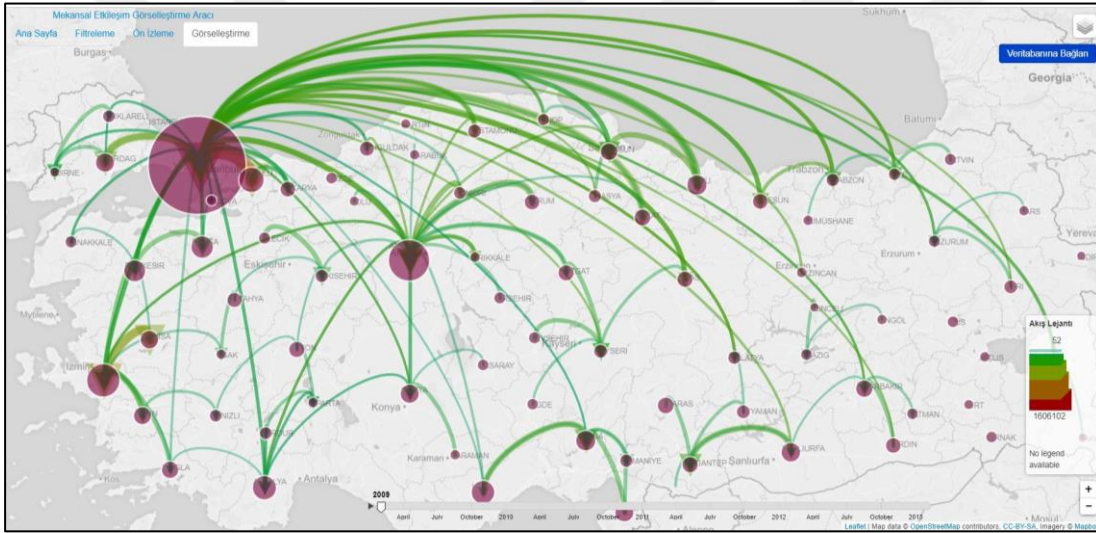
İller arasındaki hasta akışının genel dağılımı herhangi bir filtre uygulanmadan ve varsayılan ayarlarla haritaya aktarıldığında Şekil 5.21’deki gibi bağlantı yoğunluğunun görsel karmaşıklığına yol açtığı bir görünüm elde edilmektedir.



Şekil 5.20 : Hasta hareketleri, akış verisi öznitelikler ve ön izleme.



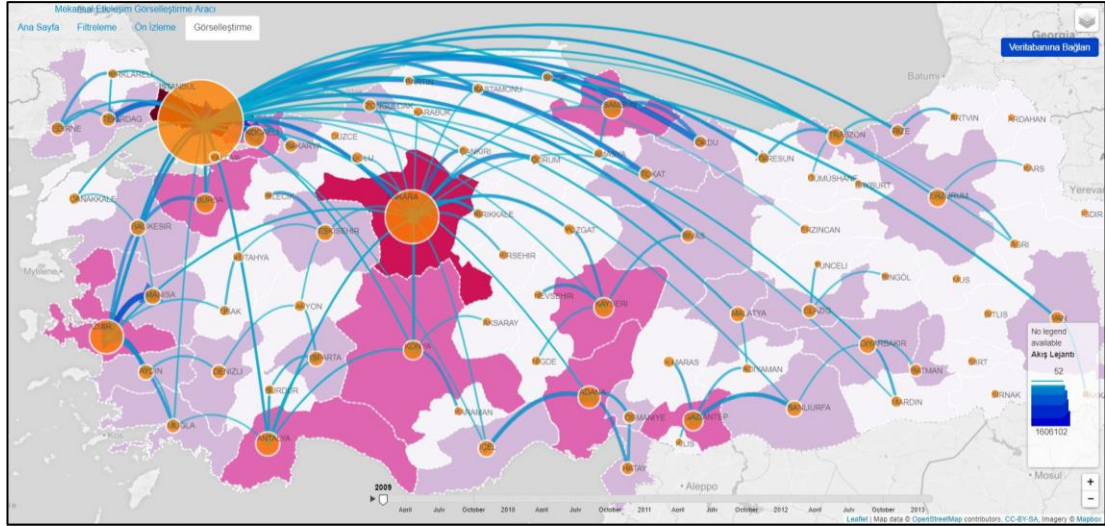
Düğüm ve akışlara ilişkin tanımlayıcı değerlere bakıldığında, *çekim* parametresine göre en düşük değere sahip merkez 175 bin 935 kişiyle Tunceli iken en yüksek hasta çeken merkez 20 milyon 123 bin 472 kişiyle İstanbul olduğu görülmektedir. Ön izleme sonuçlarına bakılarak 200 bin eşik değerinin altındaki akışlar süzüldüğünde Şekil 5.22'deki gibi bir akış haritası ortaya çıkmaktadır. Buna göre Türkiye ulusal hasta hareketi örüntüsünde İstanbul ve Ankara illerinin çekim değerleri açısından baskın olduğu görülmektedir. En yoğun akışlar İstanbul ile Karadeniz Bölgesi illeri arasında gerçekleşirken bunu Ankara ile İç Anadolu Bölgesi illeri arasındaki akışlar takip etmektedir. Harita ve ön izleme verilerine bakıldığında en çok hareketin olduğu merkezler Kocaeli-İstanbul arasında karşılıklı olmak üzere, Manisa'dan İzmir'e ve Ordu'dan İstanbul'a gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 5.22).



**Şekil 5.22 :** Hasta hareketleri genel dağılımı, 200 bin üzeri akışlar.

Akış büyüklüğünü illerin nüfus büyüklüğü ile birlikte analiz etmek için MEGA'nın alan görselleştirme özelliğinden yararlanılmıştır. Şekil 5.23'teki renk tonlu haritada; iller arasındaki hasta akışları illerin nüfus yoğunluğuyla karşılaştırılmıştır. Buna göre akışlar düşük nüfusa sahip illerden büyük kent merkezlerine doğru gerçekleşmektedir. Öte yandan genel dağılıma ilişkin bu analizde; birinci basamak hastane başvuruları, aile hekimliği ve acil gibi erişilebilir sağlık hizmetleri de yer almaktadır. Bu sonuçların aksine ulusal hasta hareketleri; sağlık hizmet kademeleri, tıbbi ihtisas branşları ve zaman boyutuyla incelendiğinde daha farklı örüntülerin tespit edilmesi mümkündür. İlerleyen bölümlerde, bu gibi akış öznelikleriyle gerçekleştirilen mekansal etkileşim analizleri yer almaktadır.





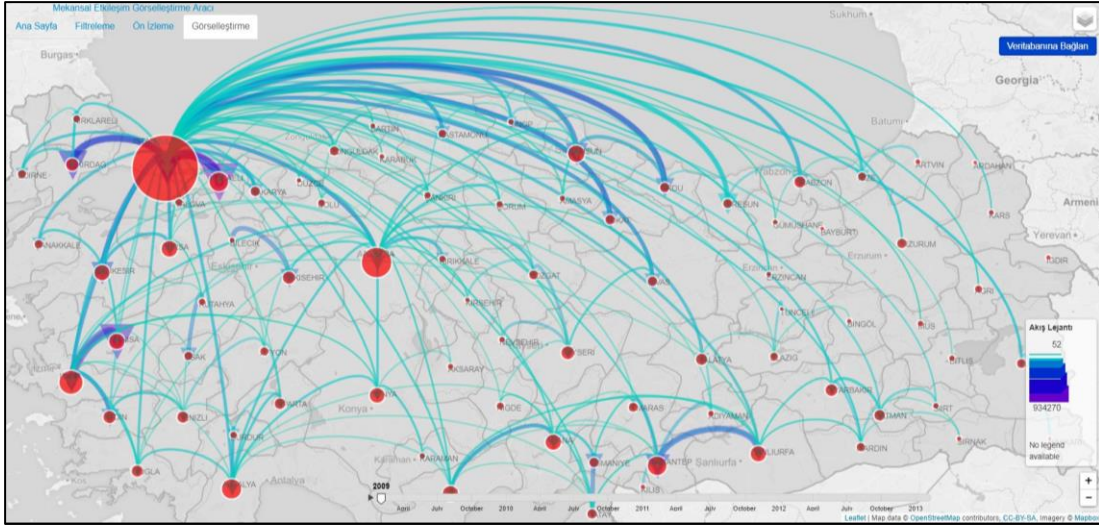
Şekil 5.23 : Hasta hareketleri genel dağılımı, akış-nüfus yoğunluğu karşılaştırması.

### 5.6.2 Hizmet kademelerine göre akışlar

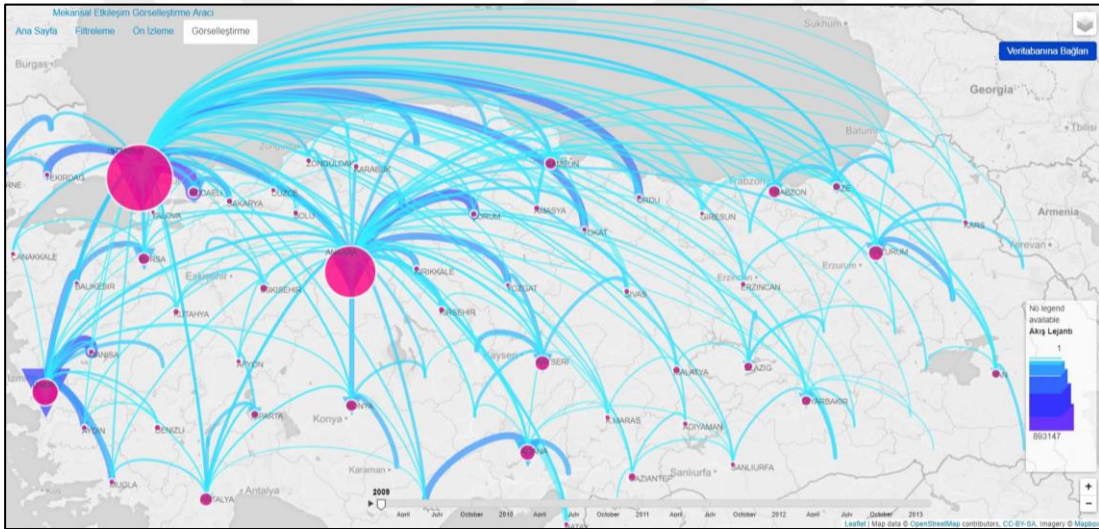
Türkiye’de sağlık hizmetleri birinci kademe koruyucu ve önleyici, ikinci kademe tam teşekküllü hastaneler ve üçüncü kademe tıbbi eğitim ve araştırma konularında ihtisaslaşmış sağlık kuruluşlarından oluşmaktadır (Bkz. Bölüm 3.3). İller arasındaki hasta hareketleri hizmet gruplarına göre incelendiğinde ikinci kademe hizmetler için gerçekleşen akışlar Şekil 5.24’te, üçüncü kademe hizmetler için gerçekleşen akışlar Şekil 5.25’teki haritada sunulmaktadır.

İkinci kademe sağlık kuruluşlarına yapılan başvuruları esas alan mekansal etkileşim haritasında İstanbul yakın hinterlandını ve Karadeniz Bölgesini etkisi altında tutarken, Ankara, İzmir, Gaziantep, Adana, Samsun ve Antalya çevre illerden hasta çekmektedir (Şekil 5.24, Eşik değeri: 80 bin ve üzeri). Ayrıca Şanlıurfa’dan Gaziantep’e ve Bilecik’ten Eskişehir’e doğru gerçekleşen ikinci kademe yüksek sayıdaki hasta akışı kaynak illerdeki sağlık altyapısının zayıflığına işaret eden anomali örüntüleri olarak görülmektedir.

Üçüncü kademe hizmet merkezlerine doğru gerçekleşen akış örüntüleri incelendiğinde Ankara’nın önemli bir çekim merkezi konumunda olduğu görülmektedir (Şekil 5.25 Eşik değeri: 40 bin ve üzeri). Sınırları içerisinde bulunan üniversite hastaneleri, eğitim ve araştırma hastaneleriyle Başkent, birçok tıbbi branşta ihtisaslaşmıştır. İstanbul ili dışında üçüncü kademe göze çarpan sağlık hizmet merkezleri; Kayseri, Adana, Erzurum, Bursa ve Edirne’dir.



Şekil 5.24 : Hizmet kademelerine göre hasta hareketleri, ikinci kademe.

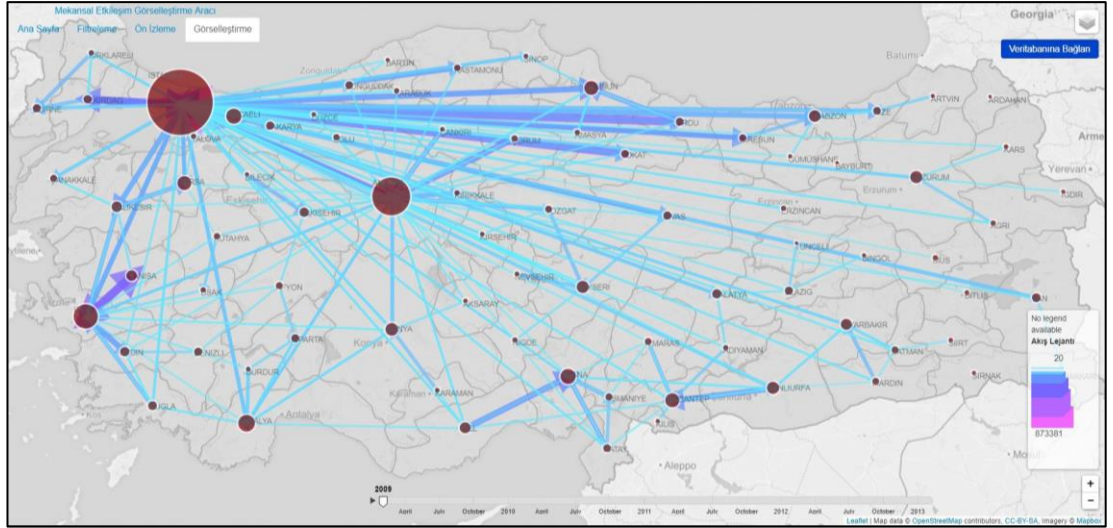


Şekil 5.25 : Hizmet kademelerine göre hasta hareketleri, üçüncü kademe.

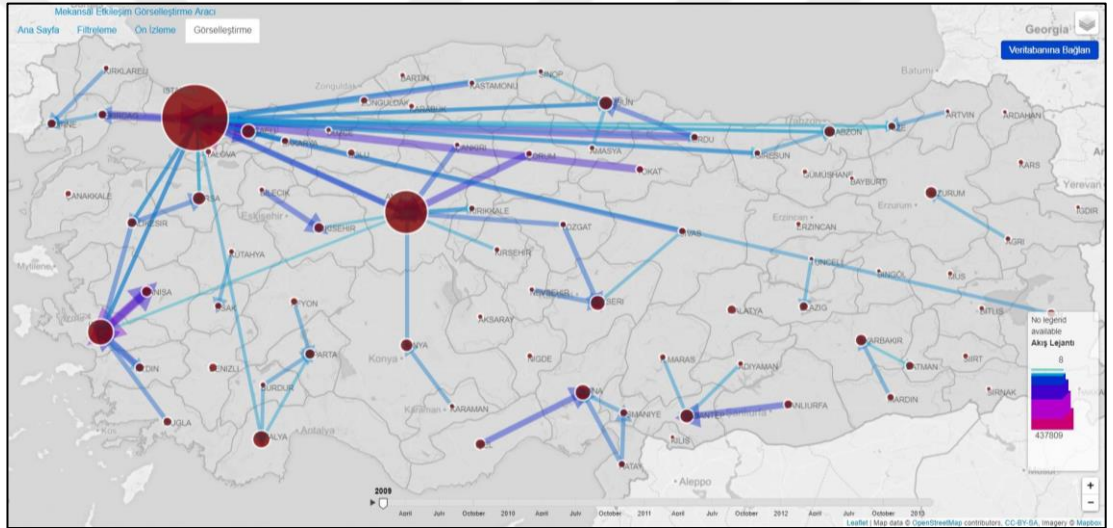
### 5.6.3 Tıbbi branşlara göre akışlar

Türkiye ulusal hasta hareketleri branş bazında dahili branşlar, cerrahi branşlar ve temel tıp branşları olarak üç ayrı başlık altında incelenmiştir. Dahili branşların yer aldığı akış haritası Şekil 5.26'da cerrahi branşlar ise Şekil 5.27'de verilmiştir. Genelde aynı hizmet merkezlerine doğru gerçekleşen hasta akışları cerrahi branşlarda daha az sayıdadır.



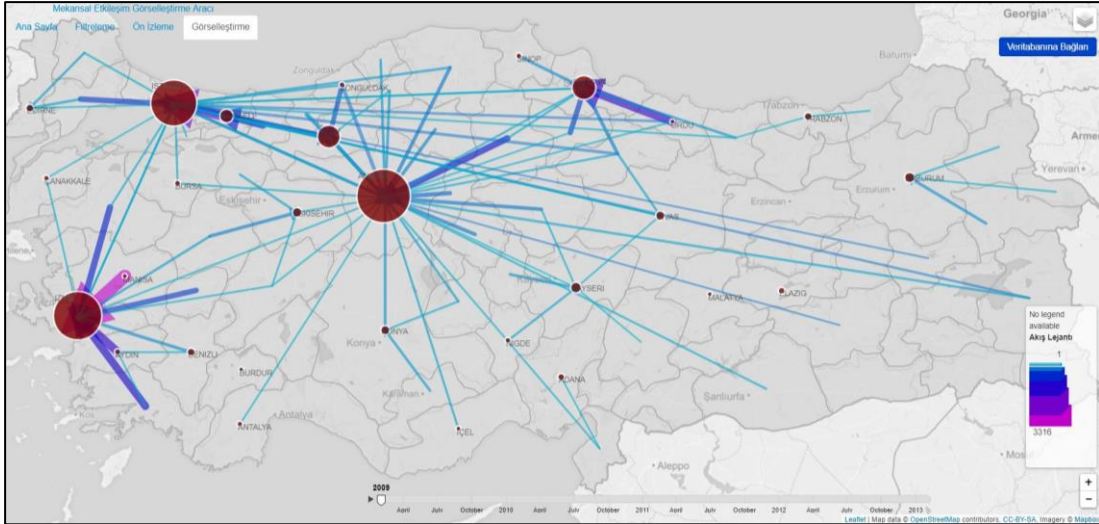


Şekil 5.26 : Branşlara göre hasta hareketleri, dahili tıp branşları.



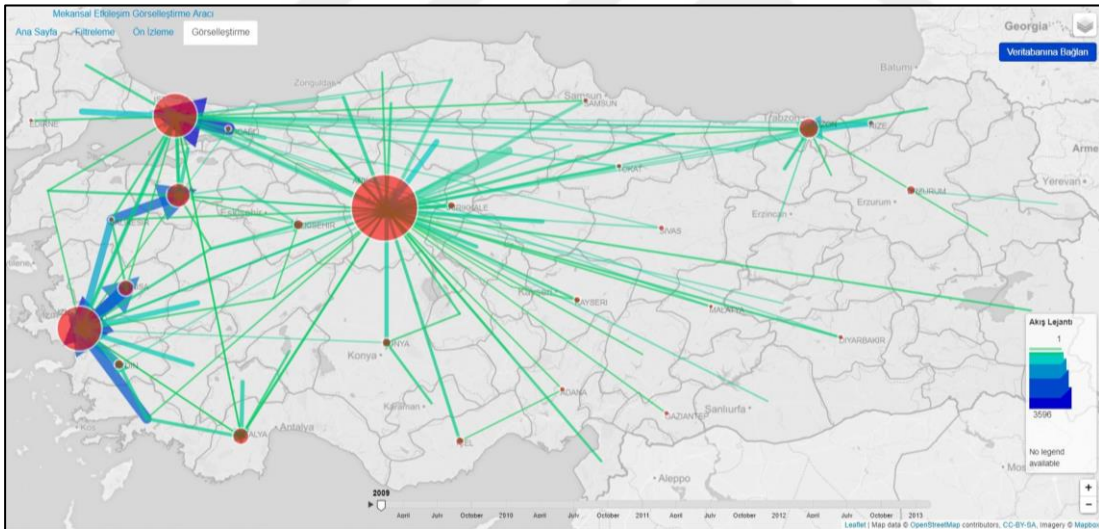
Şekil 5.27 : Branşlara göre hasta hareketleri, cerrahi branşlar.

Temel tıbbi branşlar; Anatomi, Biyofizik, Fizyoloji, Histoloji-Embriyoloji, Tıbbi Biyokimya, Tıbbi Biyoloji, Tıbbi Genetik gibi tıbbi eğitimin temellerini oluşturan bölümlerdir. Sağlık kuruluşlarının bu bölümlerine yapılan başvurulara ilişkin akış haritası Şekil 5.28'deki gibidir. Temel tıbbi branşların Türkiye genelindeki dağılımına bakıldığında üç büyük kent Ankara, İstanbul ve İzmir'in benzer hacimde hasta çektiği ve ülke geneline hizmet verdiği görülmektedir. Bu illerden sonra Samsun ve Bolu önemli merkezlerdendir.



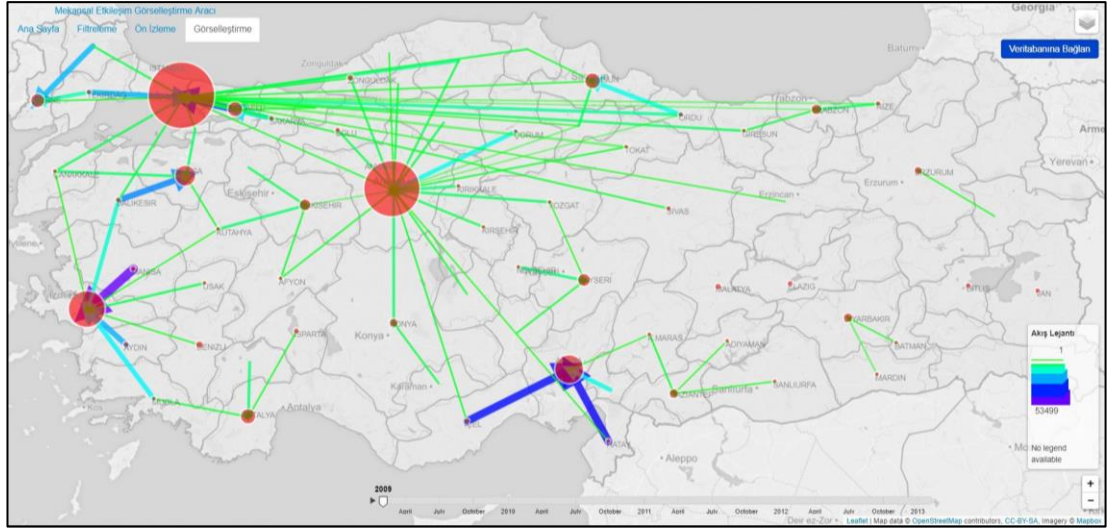
**Şekil 5.28 :** Branslara göre hasta hareketleri, temel tıp branşları.

İhtisas branşlarda mekanlar arası hasta akışları analiz edildiğinde politika geliştiricilere fikir verebilecek birçok farklı örüntü elde edilebilmektedir. Bunlardan alerji hastalıkları, immünoloji ve onkoloji gibi branşlara ilişkin ortaya çıkarılan akış haritaları Şekil 5.29 ve Şekil 5.30'da sunulmuştur.



**Şekil 5.29 :** Branslara göre hasta hareketleri, alerji hastalıkları ve immünoloji.

Alerji hastalıkları ve immünoloji branşındaki hasta akışlarına bakıldığında gelişmiş kent merkezlerinin bulunduğu batı illerinde önemli bir yoğunluk gözlemlenmektedir (Şekil 5.29). Kanser vakalarıyla ilgilenen onkoloji branşında ise Mersin ve Hatay illerinden Adana'ya doğru hasta akışı dikkat çekmektedir (Şekil 5.30). Beş bin ve üzeri hasta için çizilen akış haritasında, İstanbul'un Kocaeli'nden, İzmir'in ise Manisa'dan çektiği hasta sayısı önemli sayıdadır.



Şekil 5.30 : Branşlara göre hasta hareketleri, onkoloji.

## 5.7 Tartışma ve Sonuç

Bu araştırma kapsamında geliştirilen Mekansal Etkileşim Görselleştirme Aracı akışlardaki çok değişkenli yapısal ilişkileri analiz etmeye imkân veren etkileşimli bir görselleştirme arayüzüne sahiptir. Akış tasarımı uygulamasıyla kullanıcı tercihlerine göre farklı öznitelik grupları için ayrı görselleştirme çıktıları oluşturulabilir. Ayrıca ölçek değiştirme (yakınlaşma/uzaklaşma) özellikleriyle hem genel görünüm ve hem de ayrıntılı örüntülerin anlamlandırılması sağlanmaktadır. MEGA ile mekansal ilişkilerin haritasının çıkarılmasında karşılaşılan karmaşıklık ve küçük alan problemlerinin çözümü için filtreleme, ön izleme, saydamlaştırma, renklendirme, sınıflandırma gibi birçok yöntem bir arada hayata geçirilmektedir.

MEGA ile çok sayıda etkileşim içeren karmaşık mekansal ilişkilerin sadeleştirilmesi ve anlaşılır hale getirilmesi mümkün olmaktadır. Uygulama, akışların başlangıç ve hedef konumlarını etkileme potansiyeli olan mekansal dinamikleri anlamlandırma ve yorumlamaya destek olmaktadır. Bu ayırt edici etkiler bazı yerleşim yerlerinin özgünlüğünü ortaya koymakta ve farklı mekansal rollerini anlamakta önemli bir unsur teşkil etmektedir.

Çalışma kapsamında Türkiye genelinde 2010-2013 yılları arasında ilden ile gerçekleşen hasta hareketleri örnek uygulama olarak görselleştirilmiştir. Hastane türleri, hizmet kademeleri ve tıbbi branşlar gibi öznitelik bilgilerini içeren mekansal etkileşim akışları, geliştirilen araçla istenen şekilde genelleştirilerek etkileşimli haritaya aktarılmıştır.

Geliştirilen uygulama ile hasta hareketlerine benzer bir şekilde insan göç hareketleri, trafik akışları, para-mal hareketleri, uluslararası ticaret ağları gibi mekansal etkileşim örüntüleri görselleştirilebilir. Örneğin; ülkeler arası ihracat-ithalat verileri ve bunlara ilişkin belirli öznitelikler (ürün sınıfları, teknoloji seviyeleri vb.) kullanılarak farklı bağlamlarda mekansal ilişkileri yansıtan akış haritaları tasarlanabilir.

İlerleyen çalışmalarda MEGA'nın akış-zaman parametrelerindeki değişimi yansıtmadaki fonksiyonlarının geliştirilmesi düşünülmektedir. Ayrıca uygulamaya çoklu kaynaklardan, başlıca veri tabanları ve farklı dosya türlerinden veri alabilme özelliğinin kazandırılması planlanmaktadır. İleride yapılabilecek çalışmalar için önemli bir gereksinim de mekansal etkileşim ilişkilerinin daha iyi araştırılmasına imkân sağlayacak veri setlerinin erişilebilir olmasını sağlayacak olanakların oluşturulması gerekmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mekansal ilişkilerin analizi ulaştırma, şehir ve bölge planlama, sağlık, ekonomi vb. birçok disiplin için kritik öneme sahiptir. Mekanlar arasındaki akışlar ve bunların zaman içerisindeki değişimini analiz eden bu tez; uygulanan yöntemler ve geliştirilen akış haritası tasarımı ve üretimi aracıyla literatüre önemli bir katkıda bulunmakta, mekansal etkileşim analizi ve örüntülerinin ortaya çıkarılmasında kullanılan temel yöntem ve araçları çok boyutlu ve bütüncül bir yaklaşımla ileri bir noktaya taşımaktadır.

Tez kapsamında geliştirilen yöntem ve araçlarla; hareketlilik örüntülerinin ve nedenlerinin ortaya çıkarılması, etkileşim ilişkileri kullanılarak hizmet merkezlerinin erişilebilirlik karakteristiklerinin belirlenmesi, işlevsel hizmet bölgelerinin çıkarılması ve mekansal etkileşim örüntülerini daha iyi anlamak için harita tasarım ve üretim aracının geliştirilmesi konularında özgün katkılar ortaya konulmaktadır.

Yapılan çalışmalarla büyük hacimli konuma dayalı veri kaynaklarından mekansal-zamansal hareketlilik örüntüleri ortaya çıkartılmıştır. Tezde bütüncül bir yaklaşımla farklı boyutlar ve yöntemler birlikte ele alınmaktadır. Giriş bölümünde ifade edilen hareketlilik verilerinin analizinde kullanılan dört temel yaklaşımın ilk üçünde literatürdeki yöntem ve uygulamaları ileri bir noktaya taşıyan birer çalışma yapılmış, dördüncü araştırma alanı olan akış haritası görselleştirme konusunda ise amaca yönelik yeni bir görselleştirme aracı geliştirilmiştir.

Tezin birinci bölümünde, mekansal etkileşimi doğuran nedenlere odaklanılmış, literatürde bölgesel düzeyde yapılan araştırmalardan farklı olarak Türkiye için ulusal düzeyde hasta hareketliliğine yol açan faktörler incelenmiştir. Klasik regresyon modelinin yanında çekim modelini esas alan bu çalışmada daha önce benzer çalışmalarda kullanılmış değişkenlerle birlikte akışları etkileyen yeni bir parametre test edilmiştir. Hastaların seçim özgürlüğünün genişletildiği Türkiye’de, hasta hareketliliğine yol açan faktörler tespit edilmiş ve iller arasındaki geçmişteki göç ilişkilerinin hareketler üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır.



İkinci bölümde erişilebilirliğe ilişkin modeller ele alınmıştır. Bu çalışmada farklı sağlık bölgelerinin etkileşim özelliklerine göre sınıflandırılması üzerine odaklanılmıştır. Analizde kullanılan sağlık hizmet bölgelerinin erişilebilirliğini değerlendiren grafik modeli Gandy Nomogramı, mekansal-zamansal etkileşim özelliklerini dikkate alacak şekilde iyileştirilmiştir. Erişilebilirlik metriklerine göre dağılımı ortaya çıkarılan iller, hiyerarşik kümeleme yöntemiyle gruplara ayrılmıştır. Bu yöntemle; ulusal düzeyde sağlık hizmet alanlarının karakteristik özelliklerini anlamayı sağlayan, Türkiye'deki 81 ilin hareketlilik kalıplarını ve eğilimleri analiz eden bir çalışma ortaya konulmaktadır.

Ağ modelini esas alan üçüncü çalışmada öncelikle; hastaların il dışı hastane tedavi başvuruları kullanılarak iller arası etkileşim ağı oluşturulmuş, mekansal kısıtlı çizge bölütleme yaklaşımıyla işlevsel bölgeler ortaya çıkarılmıştır. Veri güdümlü yaklaşımla tespit edilen bölgeler, Sağlık Bakanlığı'nca hazırlanan Türkiye'de Özellikli Planlama Gerektiren Sağlık Hizmetleri 2011-2023 politika dokümanında [64] belirlenen bölgelerle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada hasta hareketleri bağlamında sağlık hizmet planlaması hakkındaki bölgesel politikaların değerlendirilmesi sağlanmıştır. İkinci olarak, ağırlıklı kümeleme katsayısı ve modülerlik metrikleri esas alınarak, hareketlilik ağındaki zamana göre oluşan yapısal değişiklikler tanımlanmıştır. Son olarak, hasta hareketliliğinin mekansal-zamansal ve çok değişkenli akış örüntüleri, öz düzenleyici haritalar ve paralel koordinat grafiği kullanılarak görselleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, mekân ve zaman boyutunda değişen hasta hareketliliği desenlerinde çeşitli ilginç örüntüler görülmektedir. Bölgesel ve zamansal farklılıkları gözlemlediğimiz hareketlilik örüntüleri, çeşitli boyutlarda sağlık hizmeti sunumu ve arz-talep dengesizliklerine işaret etmektedir.

Tezin önemli bilimsel çıktılarından birisi de mekansal etkileşim örüntülerinin ortaya çıkarılması amacıyla geliştirilen akış haritası görselleştirme aracı MEGA'dır. WEB tabanlı geliştirilen uygulama, çok boyutlu öznitelik bilgileri içeren mekanlar arası akışların harita üzerinde gösterimini sağlamaktadır. MEGA, gelişmiş filtreleme, sınıflandırma, akış çizgisi ve düğümleri görselleştirme (renk, büyüklük, saydamlık vb.) fonksiyonlarına sahiptir. Uygulama ile akışların başlangıç ve hedef konumlarını etkileme potansiyeli olan mekansal dinamikleri anlamlandırma ve yorumlama mümkün hale gelmektedir. Bu ayırt edici etkiler bazı yerleşim yerlerinin özgünlüğünü



ortaya koymakta ve farklı mekansal rollerini anlamakta önemli bir unsur teşkil etmektedir.

Gerçekleştirilen dört ana çalışmada kullanılan yöntemler Çizelge 6.1’de özetlenmiştir. Bu bağlamda araştırmaların tümünde panel / boylamsal veri modeli kullanılmıştır. İlk çalışmada panel veriyle regresyon analizi gerçekleştirilmiş, ikincisinde ise kümeleme ve görselleştirme yöntemleri uygulanmıştır. Üçüncü çalışmada ise ikincisinden farklı olarak mekansal bölgeleme yapılmış ve ağ modelinden yararlanılmıştır. Akış haritası görselleştirme uygulamasının geliştirildiği son çalışmada ise görselleştirme ve sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır.

**Çizelge 6.1 :** Tezde gerçekleştirilen çalışmalarda uygulanan yöntemler.

Bölümler	Uygulanan Yöntemler	Regresyon	Panel / Boylamsal Veri	Kümeleme-sınıflandırma	Bölgeleme	Görselleştirme	Ağ Modeli
2.BÖLÜM: Akışların Nedenlerini Anlamak, Hasta Hareketlerini Açıklayan Değişkenler		√	√				
3.BÖLÜM: Gandy Nomogramı ve Hiyerarşik Kümelemeyle Mekansal Erişilebilirlik Örüntülerinin Ortaya Çıkarılması			√	√		√	
4.BÖLÜM: Mekansal Etkileşim Ağlarıyla İşlevsel Bölgelerin ve Akış Örüntülerinin Ortaya Çıkarılması			√	√	√	√	√
5.BÖLÜM: Mekansal Etkileşim Görselleştirme Aracı Tasarımı			√	√		√	

Mekansal etkileşim örüntülerinin analizi sadece bölgeler arasındaki dengesizliklere işaret etmesi açısından değil, Türkiye gibi yapısal reformların hayata geçildiği ülkelerde yeni uygulamaların etkisinin izlenmesi açısından da fayda sağlayabilir. Bunun yanında mekanlar arası hareketlerin analizi, özellikle planlama gerektiren hizmetler için bölgesel hizmet merkezi rolünü üstlenecek merkezlerin tespiti için de kullanılabilir. Örneğin sağlık hizmetleri için yapılacak bir analizle, nitelikli tıbbi branşlarda ihtisas hastanelerinin dağılımı için ideal merkezler belirlenebilir. Ayrıca, ilerleyen çalışmalarda bu tezde mekansal etkileşim örüntülerinin analizi için uygulanan istatistiksel yöntemlerin ve görselleştirme aracının bir arada sunulduğu bir platformun geliştirilmesi önerilmektedir.



## KAYNAKLAR

- [1] **Castells, M.** (1989). *The informational city : information technology, economic restructuring, and the urban-regional process*. Oxford: Basil Blackwell.
- [2] **Castells, M.** (1996). *The rise of the network society*. Malden, MA: Blackwell.
- [3] **Hanneman, R. A. & Riddle, M.** (2005). *Introduction to social network methods*. Riverside, CA: University of California.
- [4] **Hey, A. J., Tansley, S. & Tolle, K. M.** (2009). *The fourth paradigm: data-intensive scientific discovery*. Redmond, WA: Microsoft research.
- [5] **Guo, D.** (2009). Flow mapping and multivariate visualization of large spatial interaction data. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(6), 1041-1048.
- [6] **Slater, P. B.** (1975). The identification of Turkish regions using 1965 lifetime interprovincial migration data. *Proceedings of the Social Statistics Section of the American Statistical Association*, 207–213.
- [7] **Harner, E. J. & Slater, P.** (1980). Identifying medical regions using hierarchical clustering. *Social Science & Medicine. Part D: Medical Geography*, 14(1), 3-10.
- [8] **Fotheringham, A. S., Rees, P., Champion, T., Kalogirou, S. & Tremayne, A. R.** (2004). The development of a migration model for England and Wales: overview and modelling out-migration. *Environment and Planning A*, 36(9), 1633-1672.
- [9] **Guo, D.** (2007). Visual analytics of spatial interaction patterns for pandemic decision support. *International Journal of Geographical Information Science*, 21(8), 859-877.
- [10] **McArthur, D. P., Thorsen, I. & Ubøe, J.** (2014). Transport networks and accessibility: complex spatial interactions. *Accessibility and Spatial Interaction* (pp. 38-61): Edward Elgar Publishing.
- [11] **Lewer, J. J. & Van den Berg, H.** (2008). A gravity model of immigration. *Economics Letters*, 99(1), 164-167.
- [12] **Akarca, A. T. & Tansel, A.** (2015). Impact of internal migration on political participation in Turkey. *IZA Journal of Migration*, 4(1), 1.
- [13] **Gandy, R., Franci, A., Gurrieri, C. & McClelland, B.** (2011). Demonstrating access to public services diagrammatically. *International Journal of Public Administration*, 34(8), 516-527.
- [14] **Haythornthwaite, C.** (1996). Social network analysis: An approach and technique for the study of information exchange. *Library & Information Science Research*, 18(4), 323-342.

- [15] **Rae, A.** (2011). Flow-Data Analysis with Geographical Information Systems: A Visual Approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 38(5), 776-794.
- [16] **Güllüoğlu, N. C.** (2014). *Development of Free and Open Source Software for Flow Mapping Integrated to Geographic Information Systems*. (Doctoral Dissertation), Middle East Technical University, Geodetic and Geographic Information Technologies, Ankara.
- [17] **Koylu, C., Delil, S., Guo, D. & Celik, R. N.** (2018). Analysis of big patient mobility data for identifying medical regions, spatio-temporal characteristics and care demands of patients on the move. *International Journal of Health Geographics*, 17(1), 32.
- [18] **Andritsos, D. A. & Tang, C. S.** (2013). The impact of cross-border patient movement on the delivery of healthcare services. *International Journal of Production Economics*, 145(2), 702-712.
- [19] **Directive on the application of patients' rights in cross-border healthcare, 2011/24 C.F.R. (2011).**
- [20] **Cantarero, D.** (2006). Health care and patients' migration across Spanish regions. *The European Journal of Health Economics*, 7(2), 114-116.
- [21] **Fattore, G., Petrarca, G. & Torbica, A.** (2014). Traveling for care: inter-regional mobility for aortic valve substitution in Italy. *Health Policy*, 117(1), 90-97.
- [22] **Levaggi, R. & Zanola, R.** (2004). Patients' migration across regions: the case of Italy. *Applied Economics*, 36(16), 1751-1757.
- [23] **Messina, G., Forni, S., Collini, F., Quercioli, C. & Nante, N.** (2013). Patient mobility for cardiac problems: a risk-adjusted analysis in Italy. *BMC Health Services Research*, 13(1), 56.
- [24] **Paoletta, G.** (2012). Pediatric health mobility: Is it only an Italian problem? *Translational Medicine @ UniSa*, 4, 57-61.
- [25] **Messina, G., Vigiani, N., Lispi, L. & Nante, N.** (2008). Patient migration among the Italian regions in 2003. *Italian Journal of Public Health*, 5(1), 45-52.
- [26] **Guagliardo, M. F.** (2004). Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. *International Journal of Health Geographics*, 3(1), 3.
- [27] **Delil, S., San, S. & Çelik, R. N.** (2016, June 20-23). Beyond a health-related issue: socioeconomic determinants of patient mobility in Turkey. *15th Annual International Conference on Health Economics, Management & Policy*, Athens, Greece: June 20-23.
- [28] **Lippi Bruni, M., Nobilio, L. & Ugolini, C.** (2008). The analysis of a cardiological network in a regulated setting: a spatial interaction approach. *Health Economics*, 17(2), 221-233.
- [29] **Casalino, L. P., Elster, A., Eisenberg, A., Lewis, E., Montgomery, J. & Ramos, D.** (2007). Will pay-for-performance and quality reporting affect health care disparities? *Health Affairs*, 26(3), 405-414.

- [30] **Swan, M. & Zwi, A.** (1997). *Private practitioners and public health: close the gap or increase the distance?* London: London school of hygiene & tropical medicine.
- [31] **Vrangbæk, K., Østergren, K., Birk, H. O. & Winblad, U.** (2007). Patient reactions to hospital choice in Norway, Denmark, and Sweden. *Health Economics, Policy and Law*, 2(2), 125-152.
- [32] **Zuvekas, S. H. & Taliaferro, G. S.** (2003). Pathways to access: health insurance, the health care delivery system, and racial/ethnic disparities, 1996–1999. *Health Affairs*, 22(2), 139-153.
- [33] **Tatar, M., Mollahaliloğlu, S., Şahin, B., Aydin, S. & Hernández-QUEVEDO, A.** (2011). Turkey: Health system review. *Health Systems in Transition*, 13 (6): 1–186.
- [34] **İmamecioğlu, A. Refik, Sezgin, B., Obuz, C., v.d.** (2004). *Turkey Health Report*. Ankara: The Ministry of Health of Turkey Refik Saydam Hygiene Center.
- [35] **Akdağ, R.** (2011). *Turkey health transformation program evaluation report, 2003-2010* (MoH Publ, 839). Ankara: Republic of Turkey Ministry of Health.
- [36] **Delil, S., Çelik, R. N., San, S. & Dundar, M.** (2017). Clustering patient mobility patterns to assess effectiveness of health-service delivery. *BMC Health Services Research*, 17(1), 458.
- [37] **TÜİK.** (2013). *Yaşam Memnuniyeti Araştırması*. Ankara: Retrieved from <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=16052>.
- [38] **Ringard, Å. & Hagen, T. P.** (2011). Are waiting times for hospital admissions affected by patients' choices and mobility? *BMC Health Services Research*, 11(1), 170.
- [39] **Dawson, D., Jacobs, R., Martin, S. & Smith, P.** (2004). Is patient choice an effective mechanism to reduce waiting times? *Applied Health Economics And Health Policy*, 3(4), 195-203.
- [40] **Redding, S. & Venables, A. J.** (2004). Economic geography and international inequality. *Journal of International Economics*, 62(1), 53-82.
- [41] **Rose, A. K. & Van Wincoop, E.** (2001). National money as a barrier to international trade: The real case for currency union. *American Economic Review*, 91(2), 386-390.
- [42] **Medicine, I. o.** (2001). *Crossing the Quality Chasm: A New Health System for the 21st Century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- [43] **Plsek, P. E. & Greenhalgh, T.** (2001). The challenge of complexity in health care. *BMJ : British Medical Journal*, 323(7313), 625-628.
- [44] **Wilson, T. & Holt, T.** (2001). Complexity and clinical care. *BMJ : British Medical Journal*, 323(7314), 685-688.
- [45] **Martyn, C.** (2003). Complexity and Healthcare: An Introduction. *BMJ : British Medical Journal*, 326(7382), 228-228.

- [46] **Victoor, A., Delnoij, D., Friele, R. & Rademakers, J.** (2012). Determinants of patient choice of healthcare providers: a scoping review. *BMC Health Services Research*, 12(1), 272.
- [47] **Lauterpacht, H.** (1948). The Universal Declaration of Human Rights. *Brit. YB Int'l L.*, 25, 354.
- [48] **Cornelissen, R.** (1996). The principle of territoriality and the Community Regulations on social security (Regulations 1408/71 and 574/72). *Common Market Law Review*, 33(3), 439-471.
- [49] **Rosenmöller, M., McKee, M. & Baeten, R.** (2006). *Patient Mobility in the European Union Learning from experience*: World Health Organization: on behalf of the Europe 4 Patients project
- [50] **Balia, S., Brau, R. & Marrocu, E.** (2014). What drives patient mobility across Italian regions? Evidence from hospital discharge data. *Dev Health Econ Public Policy*, 12, 133-154.
- [51] **Delil, S. & Çelik, R. N.** (2018). Understanding Health Service Delivery Using Spatio-Temporal Patient Mobility Data. In M. Moshirpour, B. Far & R. Alhajj (Eds.). *Highlighting the Importance of Big Data Management and Analysis for Various Applications* (pp. 141-155). Cham: Springer International Publishing.
- [52] **Mafrolla, E. & D'Amico, E.** (2013). Patients' mobility as an indicator for (in) efficiency: a panel data analysis on Italian health care authorities. *Health Economics Review*, 3(1), 1-13.
- [53] **Gandy, R.** (1979). A graphical representation of the inter-relationship between districts. *The Hospital and Health Services Review*, 75(2), 50.
- [54] **Legido-Quigley, H., Glinos, I. A., Baeten, R., McKee, M. & Busse, R.** (2012). Analysing arrangements for cross-border mobility of patients in the European Union: a proposal for a framework. *Health Policy*, 108(1), 27-36.
- [55] **Glinos, I. A., Baeten, R., Helble, M. & Maarse, H.** (2010). A typology of cross-border patient mobility. *Health Place*, 16(6), 1145-1155.
- [56] **Sağlık Bakanlığı ve Bağlı Kuruluşlarının Taşra Teşkilatlarının İşleyişi Genelgesi, 13 C.F.R.** (2013).
- [57] **Url-1.** Country Cooperation Strategy: Turkey. [http://www.who.int/countryfocus/cooperation\\_strategy/ccsbrief\\_tur\\_en.pdf](http://www.who.int/countryfocus/cooperation_strategy/ccsbrief_tur_en.pdf), erişim tarihi 25.12.2017.
- [58] **Akinci, F., Mollahaliloğlu, S., Gürsöz, H. & Ögücü, F.** (2012). Assessment of the Turkish health care system reforms: A stakeholder analysis. *Health Policy*, 107(1), 21-30.
- [59] **Url-2.** OECD Reviews of Health Systems: Turkey 2008. <http://www.oecd.org/els/health-systems/oecdreviewsofhealthsystems-turkey.htm>, erişim tarihi 29.06.2017.
- [60] **OECD.** (2014). *OECD Reviews of Health Care Quality: Turkey 2014*.
- [61] **The MathWorks, I. MATLAB 8.0 and Statistics Toolbox 8.1.** Natick, Massachusetts, United States.

- [62] **Statistical Package, R.** (2009). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- [63] **Team, R. C.** (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- [64] **Türkiye'de Özelliikli Planlama Gerektiren Sağlık Hizmetleri 2011-2023.** (2010). Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı.
- [65] **TÜİK.** (2010-2013). *Türkiye Ulusal Sağlık İstatistikleri*. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
- [66] **Kruskal, W. H. & Wallis, W. A.** (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583-621.
- [67] **McKight, P. E. & Najab, J.** (2010). Kruskal-Wallis Test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*, 1.
- [68] **Koylu, C. & Guo, D.** (2013). Smoothing locational measures in spatial interaction networks. *Computers, Environment and Urban Systems*, 41, 12-25.
- [69] **Holten, D. & Van Wijk, J. J.** (2009). *Force-directed edge bundling for graph visualization*. Eurographics/ IEEE-VGTC Symposium on Visualization 2009, (pp.145-156). Malden, MA: Blackwell.
- [70] **Lambert, A., Bourqui, R. & Auber, D.** (2010). Winding roads: Routing edges into bundles. *Computer Graphics Forum*, 29(3), 853-862.
- [71] **Zeng, W., Fu, C.-W., Arisona, S. M., Erath, A. & Qu, H.** (2014). Visualizing mobility of public transportation system. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(12), 1833-1842.
- [72] **Gastner, M. T. & Newman, M. E.** (2006). The spatial structure of networks. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 49(2), 247-252.
- [73] **Barthélemy, M.** (2011). Spatial networks. *Physics Reports*, 499(1-3), 1-101.
- [74] **Corcoran, J., Li, T., Rohde, D., Charles-Edwards, E. & Mateo-Babiano, D.** (2014). Spatio-temporal patterns of a Public Bicycle Sharing Program: the effect of weather and calendar events. *Journal of Transport Geography*, 41, 292-305.
- [75] **Del Mondo, G., Rodríguez, M. A., Claramunt, C., Bravo, L. & Thibaud, R.** (2013). Modeling consistency of spatio-temporal graphs. *Data & Knowledge Engineering*, 84, 59-80.
- [76] **Gao, S., Liu, Y., Wang, Y. & Ma, X.** (2013). Discovering spatial interaction communities from mobile phone data. *Transactions in GIS*, 17(3), 463-481.
- [77] **Von Landesberger, T., Brodkorb, F., Roskosch, P., Andrienko, N., Andrienko, G. & Kerren, A.** (2016). Mobilitygraphs: Visual analysis of mass mobility dynamics via spatio-temporal graphs and clustering. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22(1), 11-20.

- [78] **Zhang, J., Li, J., Wang, S., Liu, Z., Yuan, Q. & Yang, F.** (2014). *On retrieving moving objects gathering patterns from trajectory data via spatio-temporal graph*. 2014 IEEE International Congress on Big Data. Anchorage, AK, USA: June 27 - July 2.
- [79] **Santoro, N., Quattrociochi, W., Flocchini, P., Casteigts, A. & Amblard, F.** (2011). *Time-varying graphs and social network analysis: Temporal indicators and metrics*. arXiv preprint arXiv:1102.0629.
- [80] **Celik, H. M. & Guldmann, J.-M.** (2007). Spatial interaction modeling of interregional commodity flows. *Socio-Economic Planning Sciences*, 41(2), 147-162.
- [81] **O'Kelly, M. E.** (1998). A geographer's analysis of hub-and-spoke networks. *Journal of Transport Geography*, 6(3), 171-186.
- [82] **Slater, P. B.** (1975). A hierarchical regionalization of RSFSR administrative units using 1966–69 migration data. *Soviet Geography*, 16(7), 453-465.
- [83] **Noronha, V. T. & Goodchild, M. F.** (1992). Modeling interregional interaction: Implications for defining functional regions. *Annals of the Association of American Geographers*, 82(1), 86-102.
- [84] **Pandit, K.** (1994). Differentiating between subsystems and typologies in the analysis of migration regions: A US example. *The Professional Geographer*, 46(3), 331-345.
- [85] **Guo, D. & Zhu, X.** (2014). Origin-destination flow data smoothing and mapping. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(12), 2043-2052.
- [86] **Andrienko, G., Andrienko, N. & Wrobel, S.** (2007). Visual analytics tools for analysis of movement data. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 9(2), 38-46.
- [87] **Scheepens, R., Willems, N., van de Wetering, H. & Van Wijk, J. J.** (2011). Interactive visualization of multivariate trajectory data with density maps. *PacificVis 2011: IEEE Pacific Visualization Symposium*, (pp.147-154). Hong Kong, China: IEEE, Mar 1-4.
- [88] **Nicosia, V., Tang, J., Mascolo, C., Musolesi, M., Russo, G. & Latora, V.** (2013). *Graph metrics for temporal networks*. Temporal Networks (pp. 15-40): Springer.
- [89] **Guo, D.** (2008). Regionalization with dynamically constrained agglomerative clustering and partitioning (REDCAP). *International Journal of Geographical Information Science*, 22(7), 801-823.
- [90] **Freeman, L. C.** (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 35-41.
- [91] **Bonacich, P.** (1987). Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology*, 92(5), 1170-1182.
- [92] **Watts, D. J. & Strogatz, S. H.** (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(6684), 440.
- [93] **Barrat, A., Barthelemy, M. & Vespignani, A.** (2007). *The Architecture of Complex Weighted Networks: Measurements and Models*. Large Scale



Structure And Dynamics Of Complex Networks: From Information Technology to Finance and Natural Science (vol 1, pp. 67-92): World Scientific.

- [94] **Kılıç, S.** (2012). Bağlantı analizi sonuçlarının yorumlanması. *Journal of Mood Disorders*, 2(4), 191-193.
- [95] **Guo, D., Gahegan, M., MacEachren, A. M. & Zhou, B.** (2005). Multivariate Analysis and Geovisualization with an Integrated Geographic Knowledge Discovery Approach. *Cartography and Geographic Information Science*, 32(2), 113-132.
- [96] **Guo, D.** (2003). Coordinating computational and visual approaches for interactive feature selection and multivariate clustering. *Information Visualization*, 2(4), 232-246.
- [97] **Kırdar, M. G. & Saracoğlu, D. Ş.** (2008). Migration and regional convergence: An empirical investigation for Turkey. *Papers in Regional Science*, 87(4), 545-566.
- [98] **Tufte, E. R.** (2001). *The visual display of quantitative information* (Vol. 2). Cheshire, CT: Graphics Press.
- [99] **Ravenstein, E. G.** (1885). The laws of migration. *Journal of the Statistical Society of London*, 48(2), 167-235.
- [100] **Batty, M.** (2007). Spatial Interaction. In K. K. Kemp (Ed.). *International Encyclopedia of Geography* (pp. 417-419). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- [101] **Ullman, E. L.** (1956). *The Role of Transportation and the Bases for Interaction*. Chicago: University of Chicago Press.
- [102] **Granados, M.** (2000). *The use of analytical models to improve the exploratory visualization of interregional flow data*. (Doctoral Dissertation), The Ohio State University, Geography Department, Ohio.
- [103] **Dent, B. D.** (1995). Cartography: thematic map design. *Cartographica*, 32(3), 57.
- [104] **Robinson, A. H.** (1967). The thematic maps of Charles Joseph Minard. *Imago Mundi*, 21(1), 95-108.
- [105] **Ullman, E. L.** (1957). *American commodity flow : a geographical interpretation of rail and water traffic; based on principles of spatial interchange*. Washington: University of Washington Press.
- [106] **Chicago, B. o. P. R.** (1959). *Chicago Area Transportation Study: Final Report in Three Parts*. Chicago: State of Illinois.
- [107] **Kern, R. & Rushton, G.** (1969). MAPIT: A computer program for production of flow maps, dot maps and graduated symbol maps. *The Cartographic Journal*, 6(2), 131-137.
- [108] **Wittick, R. I.** (1976). A computer system for mapping and analyzing transportation networks. *Southeastern Geographer*, 16(1), 74-81.
- [109] **Noguchi, T. & Schneider, J. B.** (1977). Data display techniques for transportation analysis and planning: an investigation of three

computer-produced graphics. *Transportation Planning and Technology*, 4(1), 23-36.

- [110] **Paul, Beddoe, D.** (1978). *An alternative cartographic method to portray origin-destination data.* (MA), University of Washington, Seattle.
- [111] **Tobler, W. R.** (1981). A model of geographical movement. *Geographical Analysis*, 13(1), 1-20.
- [112] **Tobler, W. R.** (1987). Experiments in migration mapping by computer. *The American Cartographer*, 14(2), 155-163.
- [113] **Tobler, W.** (2003). *Movement mapping, center for spatially integrated social science.* University of California, Santa Barbara, CA.
- [114] **Url-3.** CSISS - Spatial Tools: Tobler's Flow Mapper. <http://www.csiss.org/clearinghouse/FlowMapper/>, erişim tarihi 13.04.2017.
- [115] **Geertman, S., de Jong, T. & Wessels, C.** (2003). *Flowmap: A support tool for strategic network analysis.* Planning Support Systems in Practice (pp. 155-175): Springer.
- [116] **Rae, A.** (2009). From spatial interaction data to spatial interaction information? Geovisualisation and spatial structures of migration from the 2001 UK census. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33(3), 161-178.
- [117] **Glennon, J.** (2005). *Flow data model tool for ArcGIS 9.0.* Department of Geography, University of California, Santa Barbara.
- [118] **Glennon, A.** (2009). *Flowpy: Geographic Flow Line Creator Python Script.* <https://github.com/glennon/FlowpyGIS>, erişim tarihi 15 Haziran 2016.
- [119] **Flow.** (2016). *Oxford English Dictionary.* Oxford: Oxford University Press.
- [120] **Phan, D., Xiao, L., Yeh, R., Hanrahan, P. & Winograd, T.** (2005). Flow Map Layout. *Proceedings of the 2005 IEEE Symposium on Information Visualization*, (pp.29). Washington, DC: IEEE Computer Society, October 23 - 25.
- [121] **Tobler, W.** (1976). Spatial interaction patterns. *Journal of Environmental Systems*, 6(4), 271-301.
- [122] **Dent, B. D., Torguson, J. S. & Hodler, T. W.** (2009). *Cartography: Thematic Map Design* (6 ed.). Boston: McGraw-Hill.
- [123] **Kraak, M.-J. & Ormeling, F. J.** (2013). *Cartography: Visualization of Spatial Data.* London: Routledge.
- [124] **MacEachren, A. M. & Ganter, J. H.** (1990). A pattern identification approach to cartographic visualization. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 27(2), 64-81.
- [125] **Goodchild, M. F., Longley, P. A., Maguire, D. J. & Rhind, D. W.** (2005). *Geographic information systems and science.* West Sussex, UK: Wiley & Sons.
- [126] **Ackoff, R. L.** (1989). From data to wisdom. *Journal of Applied Systems Analysis*, 16(1), 3-9.

- [127] **Boulding, K. E.** (1970). *Economics as a Science*. NY: McGraw-Hill.
- [128] **Miller, G. A.** (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81.
- [129] **Andrienko, G., Andrienko, N., Kopanakis, I., Ligtenberg, A. & Wrobel, S.** (2008). *Visual analytics methods for movement data*. In F. Giannotti & D. Pedreschi (Eds.). *Mobility, Data Mining and Privacy: Geographic Knowledge Discovery* (pp. 375-410). Berlin, Heidelberg: Springer.





## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Selman Delil  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 31.12.1979 / Kozluk  
**E-posta** : selmandelil@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2001, Trakya Üniversitesi, Mimarlık-Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2011, Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bilgisayar Mühendisliği

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2002-2009 yılları arasında Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde çeşitli AB projelerinde çalıştı.
- 2009-2017 arasında Kalkınma Ajansında uzman ve planlama birim başkanı unvanıyla bölgesel kalkınma alanında çalıştı.
- 2009-2011 yılları arasında Fırat üniversitesinde Sosyal Ağ Analizi alanında yüksek lisans eğitimini tamamladı.
- 2014 yılında TÜBİTAK 2214-A Doktora Sırası Yurtdışı Araştırma Bursunu kazanarak 6 ay süreyle ABD’de bulundu.
- 2016 yılında İTÜ Bilimsel Araştırma Projesi fonundan doktora araştırma desteği kazandı.

### DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Delil, S.**, Çelik, R. N., San, S., & Dundar, M. (2017).Clustering patient mobility patterns to assess effectiveness of health-service delivery. *BMC Health Services Research*, 17(1), 458. <http://doi.org/10.1186/s12913-017-2381-2>
- Koylu, C., **Delil, S.**, Guo, D., & Celik, R. N. (2018).Analysis of big patient mobility data for identifying medical regions, spatio-temporal characteristics and care demands of patients on the move. *International Journal of Health Geographics*, 17(1), 32. <http://doi.org/10.1186/s12942-018-0152-x>

- **Delil, S., Çelik, R.N.** (2018). Understanding Health Service Delivery Using Spatio-Temporal Patient Mobility Data. In: Moshirpour M., Far B., Alhadj R. (eds) Highlighting the Importance of Big Data Management and Analysis for Various Applications. Studies in Big Data, vol 27. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60255-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60255-4_11)
- **Delil, S., San, S., Celik, R.N.** (2016). Beyond a Health-related Issue: Socioeconomic Determinants of Patient Mobility in Turkey, 15th Annual International Conference on Health Economics, Management & Policy, 20-23 June 2016, Athens, Greece.
- **Delil, S., Celik, R.N.,** (2016). Understanding Health Service Delivery Using Spatio-Temporal Patient Mobility Data, International Symposium on Big Data Management and Analytics, BIDMA 2016, Calgary, Canada, April 25-26, 2016.
- **Delil, S., San S., Celik, R.N.** (2015). The efficiency of health care services in Turkey: Patient mobility analysis based on four major clinics, 8th European Public Health Conference, Milan-Italy, 14-17 October 2015.

#### **DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:**

- **Delil, S., Karakoyun, İ.** (2014). The Location of Local Administrative Authorities in the Corporate Relations: an Analysis of Diyarbakir and Sanliurfa, Türk İdare Dergisi, Volume 478, 18/07/2014.