



**KENTSEL ÖRÜNTÜNÜN MEKÂNSAL TEMSİL BİÇİMLERİ:  
ANKARA ÖRNEĞİ**

**Cansu GÜLLER YANAR**

**DOKTORA TEZİ  
ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KASIM 2023**

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Cansu GÜLLER YANAR

01 /11/2023

KENTSEL ÖRÜNTÜNÜN MEKÂNSAL TEMSİL BİÇİMLERİ: ANKARA ÖRNEĞİ  
(Doktora Tezi)

Cansu GÜLLER YANAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Kasım 2023

ÖZET

Modern iletişim araçlarının yaygınlaşması ve artan altyapı imkânları gibi teknolojik gelişmeler kentlerdeki mekânsal örgütlenme biçimlerini ve gündelik yaşam pratiklerini değiştirmiştir. Yaşanan değişimlerle birlikte özellikle büyük şehirlerin, çok sayıda etkileşimi içeren ve bu etkileşimler tarafından yönlendirilen karmaşık sistem özellikleri gösterdiğine yönelik araştırmalar mekân bilimlerinin önemli ilgi odağı haline gelmiştir. Kuramsal ve uygulamalı ele alış, kentsel alanların büyüklüğünü ve dağılımını belirleyen morfolojik boyut ve kentsel alanlar arasındaki akış ve iş birliğine dayalı ilişkisel boyut olmak üzere mekânsal örüntünün iki önemli boyutunu tanımlamaktadır. Bu tezde, yerleşim sistemlerinin mekânsal örüntüsünü morfolojik ve işlevsel özellikleriyle bütüncül olarak ele alan, örüntülerin ve akışların ne tür mekânsal yapılar ürettiğini ortaya koyan hibrit bir kentsel sistem modelinin tanımlanması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda, çalışma alanı olarak belirlenen Ankara için, Conzenci kentsel morfolojik geleneğin üç biçim bileşenini (sokak sistemi, bina sistemi, arazi kullanım örüntüsü) ve kent içi hareketliliğin mekânsal-zamansal yapısını bir arada temsil eden bütünleşik merkezilik endeksi üretilmiştir. Kentsel mekânsal örüntünün sabit olan “yerler”le değil devingen olan “akışlar”la birlikte yeniden tanımlanması, karmaşık sistemlerin dinamiklerinin yorumlanmasına, kentsel mekânsal biçimlerin ve ilişkilerin tartışılmasına, mekânsal planlama kararlarının geliştirilmesine yönelik açılımlar sağlamıştır. Elde edilen hibrit model, diğer tekil modellerin aksine mekânın farklı morfolojik ve işlevsel boyutlarını sürece dâhil ederek kapsamlı bir yaklaşım çerçevesi ortaya koymaktadır.

Bilim Kodu : 80208  
Anahtar Kelimeler : Kentsel mekânsal örüntü, morfolojik merkezilik, ağ merkeziliği, mekânsal-zamansal örüntü, mekânsal hareketlilik  
Sayfa Adedi : 197  
Danışman : Prof. Dr. Çiğdem VAROL ÖZDEN

SPATIAL REPRESENTATION OF THE URBAN PATTERN:  
THE CASE OF ANKARA

(Ph. D. Thesis)

Cansu GÜLLER YANAR

GAZİ UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

November 2023

ABSTRACT

Technological developments such as the widespread use of modern communication tools and increasing infrastructure opportunities have changed the spatial organization forms and daily life practices in cities. Along with these changes, complex system features that include a large number of interactions have become the focus of interest in spatial sciences. The theoretical and practical approach identifies two important dimensions of spatial pattern: the morphological dimension, which determines the size and distribution of urban areas, and the relational dimension, which is based on the flow and cooperation between urban areas. In this thesis, it is aimed to define a new urban system model (a hybrid model that reveals the spatial structures created by patterns and flows and evaluates the morphological and functional characteristics of settlements) that comprehensively examines the spatial pattern of settlement systems through their morphological and functional characteristics. In this thesis, it is aimed to define a hybrid urban system model that holistically considers the spatial pattern of settlement systems with their morphological and functional features and reveals the spatial structures that result from these patterns and flows. In this context, an integrated centrality index was produced for Ankara, which was determined as the study area, representing the three form components of the Conzenian urban morphological tradition (street system, building system, land use pattern) and the spatio-temporal structure of urban mobility. The redefinition of urban spatial patterns not solely with static "places" but in conjunction with dynamic "flows" has provided insights into interpreting the dynamics of complex systems, discussing urban spatial forms and relationships, and enhancing the development of spatial planning decisions. Unlike other single models, the resulting hybrid model provides a comprehensive approach framework by including different morphological and functional dimensions of the space.

Science Code : 80208

Key Words : Urban spatial pattern, morphological centrality, network centrality, spatio-temporal pattern, spatial mobility

Page Number : 197

Supervisor : Prof. Dr. Çiğdem VAROL ÖZDEN

## TEŞEKKÜR

Doktora sürecim boyunca akademik birikimi ve tecrübesi ile yol gösteren, tez döneminin zorlu sürecinde rehberliği ile yeni ufuklar açan, desteğini ve güvenini her zaman hissettiğim, akademik hayatımda örnek alacağım çok değerli tez danışmanım Prof. Dr. Çiğdem VAROL ÖZDEN'e sonsuz teşekkür ederim.

Araştırma sürecinde paylaştıkları deneyimleri ve sundukları önerileri ile çalışmanın zenginleşmesini sağlayan tez izleme komitemin değerli üyeleri Prof. Dr. Aydan SAT'a ve Doç. Dr. Olgü AYDIN'a çok teşekkür ederim, sizlerle çalışmak büyük şans. Tez savunma jürisi hocalarım sayın Prof. Dr. Tanyel ECERAL ve Doç. Dr. Ela ATAÇ KAVURMACI'ya değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasını 122K902 numaralı proje çerçevesinde destekleyen TÜBİTAK ve nezdinde katkısı olan tüm bilim insanlarına teşekkür ederim.

Yaşamımın her döneminde yanımda olan sevgili Annem ve Babama, ihtiyacım olan her anda bana destek olan kardeşim Çağlar GÜLLER'e teşekkür ederim. Son olarak, tez sürecim boyunca destek ve anlayışı ile yanımda olan sevgili eşim Dr.Öğr. Üyesi Kerim Emre YANAR'a çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                        | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                                                                             | iv    |
| ABSTRACT.....                                                                          | v     |
| TEŞEKKÜR.....                                                                          | vi    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                      | vii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                                                              | ix    |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                                                                | xi    |
| HARİTALARIN LİSTESİ.....                                                               | xiv   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                                           | xvii  |
| 1. GİRİŞ.....                                                                          | 1     |
| 2. YERLEŞİM SİSTEMLERİNİN MEKÂNSAL ÖRGÜTLENMESİ .....                                  | 9     |
| 2.1. Mekânsal Örgütlenmede Merkezi Yer Kuramı.....                                     | 9     |
| 2.2. Merkezi Yer Kuramından Ağ Kuramına Geçiş .....                                    | 17    |
| 2.3. Bölüm Değerlendirmesi ve Mekânsal Örgütlenme Üzerine Çıkarımlar .....             | 23    |
| 3. YERLEŞİM SİSTEMİ ÖRÜNTÜLERİNİN TANIMLANMASI<br>ÜZERİNE YÖNTEMSSEL BİR YAKLAŞIM..... | 25    |
| 3.1. Araştırma Alanının Tanımlanması .....                                             | 25    |
| 3.2. Yöntemsel Bir Yaklaşım Önerisi .....                                              | 29    |
| 3.2.1. Morfolojik örüntü analizleri.....                                               | 31    |
| 3.2.2. Ağ sistemi analizleri.....                                                      | 59    |
| 3.2.3. Modelleme çalışması.....                                                        | 69    |
| 3.3. Bölüm Değerlendirmesi: Materyal ve Yöntem Üzerine Çıkarımlar .....                | 70    |
| 4. ANKARA KENTİNİN MEKÂNSAL ÖRÜNTÜSÜNE İLİŞKİN<br>BULGULAR .....                       | 73    |
| 4.1. Morfolojik Örüntülere İlişkin Analiz Bulguları.....                               | 73    |
| 4.1.1. Yol Ağının topo-geometrik ve metrik özellikleri .....                           | 73    |

|                                                                                                           | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 4.1.2. Bina sistemi özellikleri.....                                                                      | 81           |
| 4.1.3. Arazi kullanımının yoğunluk ve çeşitlilik özellikleri .....                                        | 88           |
| 4.2. Ağ Sistemine İlişkin Analiz Bulguları .....                                                          | 99           |
| 4.2.1. İnsan hareketlilik örüntüsü.....                                                                   | 100          |
| 4.2.2. Trafik akış örüntüsü .....                                                                         | 109          |
| 4.2.3. Toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüsü .....                                                       | 113          |
| 4.3. Mekânsal Örgütlenme Üzerine Hibrit Bir Model Önerisi.....                                            | 122          |
| 4.3.1. Morfolojik örüntü indeksi ve örüntülerin mekânsal dağılımı .....                                   | 122          |
| 4.3.2. Ağ merkezilik indeksi ve ağların mekânsal dağılımı .....                                           | 133          |
| 4.3.3. Mekânsal örgütlenme modeli (hibrit model) .....                                                    | 141          |
| 4.4. Bölüm Değerlendirmesi ve Model Üzerine Çıkarımlar .....                                              | 154          |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                                | 163          |
| KAYNAKLAR .....                                                                                           | 173          |
| EKLER.....                                                                                                | 191          |
| EK-1. Arazi kullanımlarının Kuadrat sayma, Kernel yoğunluk ve ortalama en yakın komşuluk analizleri ..... | 192          |
| EK-3. Morfolojik yapının bağımsız değişkenleri arasındaki korelasyon analizi.....                         | 194          |
| EK-4. Hibrit model temel bileşen analizinin topluluk çizelgesi .....                                      | 195          |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                            | 196          |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                               | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1. Hiyerarşiden ağ sistemine geçişten kaynaklanan değişiklikler .....                       | 19    |
| Çizelge 3.1. İstihdamda bölgelere göre sektörel uzmanlaşma.....                                       | 26    |
| Çizelge 3.2. Türkiye kentlerinin kent merkezi nüfusuna göre sıralaması .....                          | 27    |
| Çizelge 3.3. Konut alanlarının bina sistemi skorlama parametreleri.....                               | 48    |
| Çizelge 4.1. K-ortalama kümeleme analizi sonuçlarına göre kümelerin ortalama değerleri.....           | 84    |
| Çizelge 4.2. Konut kümelerinin genel özellikleri.....                                                 | 86    |
| Çizelge 4.3. Kuadrat sayma analizleri güvenilirlik istatistikleri.....                                | 93    |
| Çizelge 4.4. Kuadrat sayma analizleri öge istatistikleri .....                                        | 93    |
| Çizelge 4.5. İnsan hareketlilik göstergelerinin KMO ve Barlett testi.....                             | 100   |
| Çizelge 4.6. İnsan hareketliliği temel bileşenler yapı matrisi.....                                   | 101   |
| Çizelge 4.7. İnsan hareketliliği temel bileşen analizinin varyans açıklama oranları .....             | 102   |
| Çizelge 4.8. Toplu taşıma sistemi yolculuk göstergelerinin KMO ve Barlett testi .....                 | 114   |
| Çizelge 4.9. Toplu taşıma sistemi yolculukları temel bileşenler yapı matrisi .....                    | 114   |
| Çizelge 4.10. Morfolojik örüntü göstergelerinin KMO ve Barlett testi.....                             | 123   |
| Çizelge 4.11. Morfolojik örüntü temel bileşen analizinin topluluk çizelgesi .....                     | 124   |
| Çizelge 4.12. Morfolojik örüntünün temel bileşen analizi toplam varyans açıklama değerleri.....       | 125   |
| Çizelge 4.13. Morfolojik örüntü temel bileşenler yapı matrisi .....                                   | 126   |
| Çizelge 4.14. Morfolojik örüntü temel bileşenler korelasyon matrisi .....                             | 127   |
| Çizelge 4.15. K-ortalama kümeleme yöntemine göre morfolojik örüntü kümelerinin bileşen değerleri..... | 128   |
| Çizelge 4.16. Ağ sistemi göstergelerinin KMO ve Barlett testi .....                                   | 134   |
| Çizelge 4.17. Ağ sistemi temel bileşen analizinin topluluk çizelgesi.....                             | 134   |
| Çizelge 4.18. Ağ sistemi temel bileşen analizinin toplam varyans açıklama değerleri..                 | 135   |
| Çizelge 4.19. Ağ sistemi temel bileşenlerinin yapı matrisi .....                                      | 135   |

| <b>Çizelge</b>                                                                                   | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 4.20. K-ortalama kümeleme yöntemine göre ağ sistemi kümelerinin bileşen değerleri.....   | 136          |
| Çizelge 4.21. Tanımlayıcı istatistikler .....                                                    | 141          |
| Çizelge 4.22. Morfolojik örüntü indeksi ile ağ merkezilik indeksi korelasyon analizi ..          | 142          |
| Çizelge 4.23. Hibrit model göstergelerinin KMO ve Barlett testi .....                            | 142          |
| Çizelge 4.24. Hibrit model temel bileşenler yapı matrisi .....                                   | 145          |
| Çizelge 4.25. Hibrit model temel bileşen analizinin varyans açıklama oranları .....              | 146          |
| Çizelge 4.26. K-ortalama kümeleme yöntemine göre hibrit model kümelerinin bileşen değerleri..... | 147          |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                   | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. Merkezi yer kuramı ideal altıgen pazar alanı .....                                           | 11    |
| Şekil 2.2. Altıgen pazar alanlarının tipik merkezi yer hiyerarşisi ve çizgisel düzlemde gösterimi ..... | 12    |
| Şekil 2.3. Christaller'in pazar, ulaşım ve yönetim ilkeleri .....                                       | 12    |
| Şekil 2.4. Merkezi yerlerin üç farklı düzeni .....                                                      | 14    |
| Şekil 2.5. Lösch'ün kentsel yapı örüntüsü .....                                                         | 15    |
| Şekil 3.1. Araştırma yöntemi aşamaları .....                                                            | 30    |
| Şekil 3.2. Morfolojik yapının analiz aşamaları .....                                                    | 32    |
| Şekil 3.3. Bütünleşme analizi aşamaları .....                                                           | 38    |
| Şekil 3.4. Bir ağ yarıçapının ne olduğunu ve ne olmadığını gösteren şekil.....                          | 38    |
| Şekil 3.5. Bağlanabilirlik analizi aşamaları .....                                                      | 42    |
| Şekil 3.6. Yol ağının analiz aşamaları .....                                                            | 43    |
| Şekil 3.7. Bina sisteminde konut alanlarının analiz aşamaları.....                                      | 44    |
| Şekil 3.8. Belirli bir alandaki yoğunluk ve çeşitlilik parametrelerinin arasındaki olası farklar.....   | 49    |
| Şekil 3.9. Arazi kullanımının analiz aşamaları .....                                                    | 50    |
| Şekil 3.10. Ağ yapısı analiz aşamaları .....                                                            | 62    |
| Şekil 3.11. Google Maps kalabalık bölge grafikleri .....                                                | 63    |
| Şekil 3.12. Trafik yoğunluğunun hafta içi ve hafta sonu trendi.....                                     | 66    |
| Şekil 3.13. Yerleşim sistemi modelinin aşamaları.....                                                   | 70    |
| Şekil 4.1. Morfolojik yapının üç temel unsuru ve analiz aşamaları.....                                  | 73    |
| Şekil 4.2. Bina sistemi analiz aşamaları.....                                                           | 81    |
| Şekil 4.3. Çalışma alanında konut kullanımı içeren ızgara birim hücrelerinin oranı .....                | 83    |
| Şekil 4.4. Konut alanlarında bina sisteminin k-ortalama kümeleme analizine göre dağılımı .....          | 85    |
| Şekil 4.5. Arazi kullanımı analiz aşamaları .....                                                       | 88    |

| <b>Şekil</b>                                                                                                                    | <b>Sayfa</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.6. Ağ sisteminin analiz aşamaları .....                                                                                 | 100          |
| Şekil 4.7. Hareketlilik kümelerinin hafta içi yoğunlukları .....                                                                | 103          |
| Şekil 4.8. Hareketlilik kümelerinin hafta sonu yoğunlukları .....                                                               | 103          |
| Şekil 4.9. 1 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                                                  | 105          |
| Şekil 4.10. 3 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                                                 | 105          |
| Şekil 4.11. Kızılay (soldaki) ve Bahçelievler (sağdaki) semtlerinin zamansal yoğunluk dağılımı .....                            | 106          |
| Şekil 4.12. 5 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                                                 | 107          |
| Şekil 4.13. 6 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                                                 | 107          |
| Şekil 4.14. 4 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                                                 | 108          |
| Şekil 4.15. 2 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                                                 | 108          |
| Şekil 4.16. Toplu taşıma sistemi yolculuk kümelerinin hafta içi yoğunlukları .....                                              | 115          |
| Şekil 4.17. Toplu taşıma sistemi yolculuk kümelerinin hafta sonu yoğunlukları .....                                             | 116          |
| Şekil 4.18. Bahçelievler, Beşevler ve Milli Kütüphane duraklarının hafta içi (çarşamba günü) zamansal yoğunluk grafikleri ..... | 117          |
| Şekil 4.19. Toplu taşıma sistemine ait 6 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                      | 118          |
| Şekil 4.20. Toplu taşıma sistemine ait 5 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                      | 119          |
| Şekil 4.21. Toplu taşıma sistemine ait 3 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                      | 119          |
| Şekil 4.22. Toplu taşıma sistemine ait 4 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                      | 120          |
| Şekil 4.23. Toplu taşıma sistemine ait 1 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                      | 120          |
| Şekil 4.24. Toplu taşıma sistemine ait 2 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı .....                                      | 121          |
| Şekil 4.25. Hibrit model önerisi .....                                                                                          | 122          |
| Şekil 4.26. Morfolojik örüntü temel bileşen analizinin birikimli varyans katkı oranının çizgi grafiği .....                     | 125          |

| Şekil                                                              | Sayfa |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 4.27. Morfolojik örüntü kümelerinin dağılımı.....            | 129   |
| Şekil 4.28. Ağ merkezilik indeksinin dağılımı .....                | 137   |
| Şekil 4.29. Bütünleşik merkezilik indeksinin dağılımı .....        | 149   |
| Şekil 4.30. Altıgen (hexagonal) dağılım .....                      | 155   |
| Şekil 4.31. Bölge 1'in mekânsal örüntüsü (k=3 ilkesi).....         | 157   |
| Şekil 4.32. Bölge 2'nin mekânsal örüntüsü (k=3 ilkesi).....        | 158   |
| Şekil 4.33. Bölge 3'ün mekânsal örüntüsü (k=3 ilkesi).....         | 159   |
| Şekil 4.34. Bölge 4'ün mekânsal örüntüsü (k=4 ilkesi).....         | 160   |
| Şekil 4.35. Bölge 5'in mekânsal örüntüsü (k=3 ve k=4 ilkesi).....  | 161   |
| Şekil 4.36. Bölge 6'nın mekânsal örüntüsü (heterarşik sistem)..... | 162   |

## HARİTALARIN LİSTESİ

| Harita                                                                                                                            | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Harita 3.1. Türkiye kentlerinin kentsel yerleşik alan büyüklüğüne göre sıralaması.....                                            | 26    |
| Harita 3.2. Çalışma alanı arazi kullanımı.....                                                                                    | 28    |
| Harita 3.3. Çalışma alanı sınırının 1 km <sup>2</sup> büyüklüğündeki Eurostat gridleriyle birleşimi .....                         | 29    |
| Harita 3.4. Ticaret alanı verilerinin mekânsal dağılımı .....                                                                     | 51    |
| Harita 3.5. Sağlık alanı (soldaki) ve eğlence-sanat-kültür alanı (sağdaki) verilerinin mekânsal dağılımı .....                    | 52    |
| Harita 3.6. Eğitim alanı verilerinin mekânsal dağılımı.....                                                                       | 52    |
| Harita 3.7. Çalışma alanı verilerinin (kamu kurumları ve sanayi alanları) mekânsal dağılımı .....                                 | 53    |
| Harita 3.8. Açık ve yeşil alan verilerinin mekânsal dağılımı.....                                                                 | 54    |
| Harita 3.9. Yandex trafik yoğunluğu ve Eurostat ızgara hücreleriyle birleştirilmesi .....                                         | 66    |
| Harita 3.10. Çalışma alanında yer alan raylı sistemler ve teleferik hatları .....                                                 | 67    |
| Harita 4.1. Yol ağının küresel bütünleşme analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi ..                                         | 75    |
| Harita 4.2. Yol ağının bağlanabilirlik analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi.....                                          | 75    |
| Harita 4.3. Yol ağının araç sürüş mesafesine göre yerel bütünleşme (R 5000) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi.....     | 76    |
| Harita 4.4. Yol ağının araç sürüş mesafesine göre yakınlık indeksi (MAD 5000) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi .....  | 77    |
| Harita 4.5. Yol ağının yaya yürüyüş mesafesine göre yerel bütünleşme (R 800) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi .....   | 78    |
| Harita 4.6. Yol ağının yaya yürüyüş mesafesine göre yakınlık indeksi (MAD 800) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi ..... | 78    |
| Harita 4.7. Yol ağının araç sürüş mesafesine göre seçim (R5000) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi .....                | 79    |
| Harita 4.8. Yol ağının araç sürüş mesafesine göre aradalık indeksi (TPBtA5000) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi ..... | 79    |
| Harita 4.9. Yol ağının yaya yürüyüş mesafesine göre seçim (R800) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi .....               | 80    |

| <b>Harita</b>                                                                                                                       | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Harita 4.10. Yol ağının yaya yürüyüş mesafesine göre aradalık indeksi (TPBtA800) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi ..... | 80           |
| Harita 4.11. ABEI analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi.....                                                                 | 82           |
| Harita 4.12. Konut alanlarının k-ortalama algoritmasına göre kümeleme analizinin mekânsal dağılımı .....                            | 87           |
| Harita 4.13. Alışveriş alanlarının mekânsal dağılımı.....                                                                           | 89           |
| Harita 4.14. Alışveriş alanları ve yeme-içme alanlarının mekânsal dağılımı .....                                                    | 89           |
| Harita 4.15. Eğitim alanlarının mekânsal dağılımı .....                                                                             | 90           |
| Harita 4.16. Birinci basamak sağlık hizmeti alanlarının mekânsal dağılımı .....                                                     | 91           |
| Harita 4.17. İkinci ve üçüncü basamak sağlık hizmeti alanlarının mekânsal dağılımı...                                               | 91           |
| Harita 4.18. Kültür-eğlence alanlarının mekânsal dağılımı .....                                                                     | 92           |
| Harita 4.19. Kamu kurumlarının mekânsal dağılımı .....                                                                              | 93           |
| Harita 4.20. Büyük alan kullanımı gerektiren işlevlerin mekânsal dağılımı .....                                                     | 94           |
| Harita 4.21. Aktif yeşil alanların mekânsal dağılımı .....                                                                          | 95           |
| Harita 4.22. Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksinin mekânsal dağılımı.....                                                  | 96           |
| Harita 4.23. Faaliyet yoğunluk indeksinin mekânsal dağılımı .....                                                                   | 98           |
| Harita 4.24. Faaliyet çeşitlilik indeksinin (entropi) mekânsal dağılımı.....                                                        | 98           |
| Harita 4.25. Arazi kullanımı konvolüsyon analizi .....                                                                              | 99           |
| Harita 4.26. Hareketlilik kümelerinin mekânsal dağılımı.....                                                                        | 104          |
| Harita 4.27. Kent içi hareketlilik indeksinin ızgara hücrelere göre dağılımı.....                                                   | 109          |
| Harita 4.28. Hafta içi yoğun saatlere ait (09:00 ve 18:30) trafik yoğunluk analizi .....                                            | 111          |
| Harita 4.29. Cuma günü yoğun saatlere ait (09:00 ve 18:30) trafik yoğunluk analizi....                                              | 112          |
| Harita 4.30. Hafta sonu yoğun saatlere ait (15:30) trafik yoğunluk analizi.....                                                     | 113          |
| Harita 4.31. Toplu taşıma sistemi yolculuk kümelerinin mekânsal dağılımı .....                                                      | 117          |
| Harita 4.32. Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksi analizi.....                                                               | 121          |
| Harita 4.33. Morfolojik örüntü kümelerinin mekânsal dağılımı.....                                                                   | 131          |
| Harita 4.34. Morfolojik örüntü indeksi skorlarına ait LISA kümeleme analizi.....                                                    | 132          |

| <b>Harita</b>                                                                                                            | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Harita 4.35. Morfolojik örüntü indeksi LISA analizinin güvenilirlik testi ve Moran saçılma grafiği.....                  | 133          |
| Harita 4.36. Ağ sistemi kümelerinin mekânsal dağılımı.....                                                               | 138          |
| Harita 4.37. Ağ merkeziliği ve morfolojik merkezilik LISA analizi.....                                                   | 140          |
| Harita 4.38. Ağ merkezilik indeksi LISA analizinin güvenilirlik testi ve Moran saçılma grafiği.....                      | 140          |
| Harita 4.39. Hibrit model küme analizi .....                                                                             | 150          |
| Harita 4.40. Morfolojik merkezilik, ağ merkeziliği ve bütünleşik merkeziliğin karşılaştırmalı LISA analiz sonuçları..... | 153          |
| Harita 4.41. Bütünleşik merkezilik indeksi LISA analizinin güvenilirlik testi ve Moran saçılma grafiği .....             | 154          |
| Harita 4.42. Çalışma alanındaki bütünleşik merkezilik indekslerinin hexagonal dağılımı .....                             | 156          |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

**km<sup>2</sup>**

**m**

### Açıklamalar

Kilometrekare

Metre

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

**ABEI**

**AKM**

**ASM**

**AŞTİ**

**AVM**

**BtA**

**CBS**

**CL**

**GPS**

**KMO**

**LISA**

**LQ**

**LULC**

**MAD**

**MİA**

**NDBI**

**NDVI**

**NIR**

**ODTÜ**

**OLI**

**OSB**

**OSM**

Otomatik Yerleşik Alan Çıkarma İndeksi

Atatürk Kültür Merkezi

Aile Sağlığı Merkezi

Ankara Şehirlerarası Terminal İşletmesi

Alışveriş Merkezi

Aradalık İndeksi

Coğrafi Bilgi Sistemleri

Küme

Küresel Konumlama Sistemi

Kaiser-Mayer-Olkin Testi

Mekânsal İlişkilerin Yerel Göstergeleri

Uzmanlaşma Katsayısı

Arazi Kullanımı Arazi Örtüsü

Ortalama Açısal Uzaklık

Merkezi İş Alanı

Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi

Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi

Yakın Kızılötesi

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Operasyonel Arazi Görüntüleyici

Organize Sanayi Bölgesi

Open Street Map

**Kısaltmalar****Açıklamalar****PCA**

Temel Bileşen Analizi

**REF**

Referans

**RRA**

Gerçek Göreli Asimetri

**sDNA**

Mekânsal Tasarım Ağ Analizi

**SHP**

Shapefile Veri Formatı

**SİG**

Önemlilik

**SWIR**

Kısa Dalga Kızılötesi

**TB**

Temel Bileşen

**TIRS**

Termal Kızılötesi Sensör

**TOBB**

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği

**TPBtA**

İki Fazlı Aradalık İndeksi

**TRT**

Türkiye Radyo Televizyon Kurumu

**UMI**

Kentsel Morfolojik Örüntü İndeksi

**USGS**

Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırması

**WGS84**

Dünya Jeodezik Sistemi-1984

**YER-SİS**

Kentsel Kırsal Yerleşim Sistemleri Araştırması

## 1. GİRİŞ

Kentleşmenin son otuz yılda hızı, ölçeği ve kapsamındaki değişimler, kentleri ve kentleşme süreçlerini önemli bir gündem maddesi haline getirmiştir. Kentsel sistemde mekânsal örüntüler ve yerleşmeler arası örgütlenme araştırmaları mekân bilimlerinin hem kuramsal, hem de uygulama konuları içinde yer almaktadır. Konuyla ilgili kuramsal ve yöntemsel ele alış, kavramın karmaşıklığından dolayı çok farklı biçimlerde tanımlanmaktadır. Kentsel sistemleri anlayabilmek için geçmişten günümüze birçok düşünme biçimi ve mekânsal örgütlenme modeli geliştirilmiştir.

Türkiye’de ülke düzeyinde mekânsal yapıyı, mekândaki sosyo-ekonomik ilişkileri ve etkileşimleri, yerleşim merkezlerini ve bu merkezlerin etki alanlarını tanımlamaya çalışan ilk geniş kapsamlı çalışma DPT tarafından 1970’li yıllarda saha çalışmaları ve analizlerine başlanan ve 1982 yılında tamamlanarak yayınlanan “Türkiye’de Yerleşme Merkezlerinin Kademelenmesi” çalışmasıdır. Christaller’in merkezi yerler kuramını göz önünde bulundurarak gerçekleştirilen bu çalışma, ülke genelinde yedi kademeli mekânsal hizmet merkezleri yapısını ortaya koymaktadır. O zamanki mekânsal yapıyı ve yerleşmeler arasındaki hiyerarşik ilişkileri açıklamada önemli bir yer tutan çalışmanın kademeler ve etki alanlarına yönelik temel kabullerinin ve tespitlerinin günümüz koşullarındaki mekânsal gelişim örüntülerini açıklamada yetersiz kaldığı bilinmektedir. Buradan yola çıkarak Kalkınma Bakanlığı, Türkiye’deki mekânsal yerleşim sisteminin yeniden yorumlanması amacıyla 2018 yılında, kısaca Yer-Sis olarak tanımlanan, “Türkiye’de Kentsel Kırsal Yerleşim Sistemleri Araştırması”nı başlatmış, bu çalışma kurumsal değişim sebebiyle Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından tamamlanarak, 2020 yılında kamuoyuna sunulmuştur.

Merkezi yer kuramı, bölgesel bir sistemde yer alan yerleşmelerin büyüklüklerini, sayısını ve işlevsel özelliklerini esas alarak mekânsal kurguyu açıklamaya yönelik kapsamlı bir ele alış sunmaktadır. Uzun yıllar kentsel sistem araştırmalarında kullanılan ve farklı boyutlarıyla çeşitli bilimsel alanlarda uygulanan merkezi yer kuramının, yaşanan mekânsal gelişmeleri ve dönüşümleri açıklamakta yetersiz kaldığına ve geçerliliğini yitirdiğine dair son yıllarda birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, günümüz kentsel sistemlerinin çok sayıda etkileşimin olduğu, dinamik, doğrusal olmayan, zamana ve etkileşime bağlı olarak değişen karmaşık sistem özellikleri gösterdiği (Rind 1999; Foote 2007; Batty 1995; Albeverio vd.

2008; Baynes 2009; Portugali vd. 2012; Edmonds ve Meyer 2017; Ladyman vd. 2013; Wolfram 1988) ve bu tür birbirine bağıli sistemlerin ortaya çıkardığı mekânsal örgütlenmelerin çok boyutlu, karmaşık yapısını açıklamakta merkezi yer kuramının tek başına yetersiz kaldığı, yeni bir yaklaşım biçimine ihtiyaç duyulduğu ortaya konulmaktadır.

1990'larla birlikte hiyerarşik kurguya sahip merkezi yer modeline alternatif olarak, yatay ilişkileri tanımlamaya çalışan "ağ modeli" mekânsal örgütlenmeyi açıklamada yeni açılımlar sunmuştur (Camagni 1993; Batten 1995; Van der Knaap 2002; Meijer, 2007). Ağ yaklaşımı, temelde günlük hareketlilik örüntülerinin oluşturduğu mekânsal bağlantıları arayarak kentsel sistemlerin işlevsel boyutuna odaklanmaktadır. Kentsel sistemlerin tanımlanması için insan hareketlilik örüntüleri, trafik akış örüntüleri ve toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüleri ağ sistemindeki işlevsel düğümleri oluşturan hareketlilik örüntüleridir.

Merkezi yer kuramı ve ağ kuramının sunduğu mekânsal örgütlenme modelleri, kentsel mekân içerisinde yer alan faaliyetlerin mekânsal örüntüsü ve faaliyete yapılan yolculuğun yoğunluğu olmak üzere mekânsal örgütlenmenin iki temel boyutunu tanımlamaktadır. Mekânsal örgütlenme, kentsel alanların büyüklüğünü, dağılımını belirleyen morfolojik unsurların ve kentsel alanlar arasındaki akışa dayanan ilişkisel unsurların bir araya gelmesiyle değişmekte, dönüşmektedir (ESPON, 2005).

Akademik yazında kentsel sistem örüntülerini belirlemek için, kentsel form göstergelerinin farklı boyutlarına ve ağ sisteminin hareketlilik örüntülerine (bireysel hareketlilik örüntüleri, kentsel ulaşım seyahat kalıplarına) yönelik farklı ele alış biçimleri geliştirilmiştir. Kentsel sistemleri açıklamaya ilişkin çalışmalar incelendiğinde, morfolojik yapının analizine yönelik; nüfus büyüklüğünü ve yoğunluğunu (ESPON, 2013), istihdam yoğunluğunu (Pereira vd., 2013), faaliyet yoğunluğunu ve çeşitliliğini (Zhong vd., 2017), perakende sektörünün mekânsal dağılımını (Burger vd., 2014a), yol ağının erişilebilirliğini ve yürünebilirliğini (Baytekin ve Özüduru, 2022) ve bina sisteminin tipomorfolojik yapısını (Günay ve Kubat, 2022); ağ sistemine yönelik ise; günlük yolculukların dağılımını (Griffith, 2009; Burger vd., 2014b), kentsel alanın mekânsal ve zamansal kullanımını (Jiang vd., 2012; Gao, 2015; Liu ve Ban, 2013; Zhang vd., 2022; Gao vd., 2019; Zhao vd., 2018) irdeleyen çalışmalar yer almaktadır. Ancak bu çalışmalar tekil olarak değerlendirildiğinde, günümüz kentsel mekânsal örüntüsünün çok boyutlu yapısını temsil etmekte yeterli düzeyde açıklayıcı

güce sahip görülmemektedir. Bu nedenle kentsel sistemlerde ortak göstergeleri ve temel morfolojik-işlevsel boyutları arayan yeni bir yöntemsel yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır.

Yer-Sis çalışmasında, akademik yazınla da benzer şekilde merkezi yer kuramındaki dikey ilişkilerin günümüz mekânsal örgütlenme biçimlerini açıklamada yetersiz kaldığı ve kentsel sistemlerin üretimle alakalı boyutlarını anlamada ağ kuramının sunduğu yatay ilişkilerin de ele alınması gerektiği görüşü hâkim olmuştur. Bu noktada merkezi yer ve ağ kuramının sentezlendiği bir yaklaşım biçiminin geliştirilmesinin önemi vurgulanmıştır. Ülke düzeyindeki yerleşimler arası ilişkisel düzeyin açıklanmasına önemli katkılar sunan bu çalışma, büyükşehir kent makroformu/lekesi içerisindeki örüntülere yönelik çok boyutlu analizleri gerçekleştirmemiş ve sonraki aşamalara bırakmıştır. Türkiye’de ülke nüfusunun önemli bir kısmını içeren büyükşehirlerdeki kentsel örüntülerin yorumlanması için yenilikçi bir yöntemin geliştirilmesi, kentsel yerleşim politikalarının üretilmesi ve yönetilmesi açısından önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Teknolojik ilerlemelerle birlikte sadece Türkiye’de değil tüm dünyada yerleşim sistemlerinin yeniden yorumlanması önemli çalışma alanıdır. Güncel akademik yazında yerleşim sistemlerinin değişen örüntüsünü tanımlamak için geliştirilen yöntemlerin ise, hem morfolojik hem de işlevsel özellikleri birlikte değerlendiren modeller üretmekte yetersiz kaldığı görülmektedir.

Tüm bunlar değerlendirildiğinde; tezin araştırma soruları şu şekilde sıralanmaktadır:

- Yerleşim sistemleri merkezi yer kuramının tanımladığı biçimiyle hiyerarşik yapılardan mı, yoksa ağ sistemlerinin tanımladığı heterarşik yapılardan mı oluşmaktadır? Yoksa bunların bir araya gelmelerinin sonucu mu gelişmekte/değişmektedirler?
- Kentsel yerleşmeler morfolojik yapı özelliklerine göre nasıl bir örüntü üretmektedir?
- Kentsel yerleşmeler ağ sistemine göre nasıl yapılar ve örüntüler üretmektedir?
- Ağ sistemini oluşturan hareketlilik örüntüleri kentsel morfolojik yapıyla (nüfus, arazi kullanımı vb.) nasıl ilişkilidir?
- Yerleşimlerin mekânsal örgütlenmesini, ulaşım maliyetlerinin öne çıktığı fiziki mesafeler mi, yoksa mesafelerin etkisinin en aza indiği sınırları bulanık mekânsal biçimler mi tanımlamaktadır?

Bu tezde, yerleşim sistemlerinin mekânsal örgütlenmesini morfolojik ve işlevsel özellikleri üzerinden bütüncül olarak ele alan yeni bir kentsel sistem modelinin (örüntülerin ve akışların

ne tür mekânsal yapılar ürettiğini gösteren, yerleşimlerin morfolojik ve işlevsel özelliklerini birlikte değerlendiren hibrit bir modelin) tanımlanması amaçlanmaktadır.

Araştırmanın amacından yola çıkılarak oluşturulan başlıca hedefleri ve çıktıları ise üç grupta tanımlanmıştır:

- Morfolojik yapı özelliklerinin oluşturduğu mekânsal örüntüleri belirlemek,
- Günlük hareketliliğin oluşturduğu ağ yapısını ve şehir içi (intra-urban) mekânsal-zamansal hareketlilik örüntülerini belirlemek,
- Morfolojik özellikleri ve ağ özelliklerini birleştiren, örüntülerin ve akışların nasıl mekânsal yapılar ürettiğini gösteren hibrit bir kentsel sistem modeli geliştirmektir.

Tezin amaç ve hedeflerine bağlı olarak üç aşamalı bir yöntem izlenmektedir. Ulusal ve uluslararası akademik yazının taranması ile kavramsal ve kuramsal çerçevenin oluşturulmasının ardından ilk olarak morfolojik yapı ve ağ yapısına yönelik göstergeler belirlenmiştir. Belirlenen göstergelerin araştırma alanını tanımlayacak envanterleri içeren mekânsal verileri toplanmıştır. Morfolojik yapıya ilişkin veriler, üç temel kentsel form göstergesi olan yol ağı, bina sistemi ve arazi kullanımı kapsamında ele alınırken; ağ özelliklerine ait veriler, bireysel hareketlilik örüntüleri ve kentsel ulaşımın seyahat kalıpları (trafik akışı, toplu taşıma sistemi yolculukları) kapsamında ele alınmıştır.

Yöntemin ikinci aşamasını, çalışma alanına ait elde edilen morfolojik ve ağ yapısı verilerinin sayısal ortamlara aktarılması ve analiz edilmesi kısmı oluşturmaktadır. Tez çalışması kapsamında toplanan verilerin sayısal ortama aktarılmasında, analiz edilmesinde ve modelleme çalışmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) yararlanılmıştır. Morfolojik özelliklerin ürettiği yerleşim örüntüsünün ve merkezilik düzeyinin tespit edilmesinde sokak ağlarının mekânsal analizi için Mekân Dizim Analizi (Space Syntax) ve mekân dizim yönteminin geliştirilmiş bir çeşidi olan ve CBS programlarına eklenebilen Mekânsal Tasarım Ağ Analizi (Spatial Design Network Analysis | sDNA) yöntemi kullanılmıştır. Bu analizler, yol ağı özelinde topolojik ve metrik indeksler geliştirmeyi sağlamaktadır. Bina sistemine ait mekânsal verileri birleştirmek için Space matrix yöntemi ve k-ortalama kümeleme algoritması ile Elbow yöntemi uygulanmış, farklı kümelerin bina sistemi örüntüleri ortaya konulmuştur. Morfolojik analizin üçüncü bileşeni olan arazi kullanım çeşitlilik derecesini ölçmek için temeli enformasyon teorisine (Shannon, 1948) dayanan,

faaliyetlerdeki düzensizlik miktarını tanımlayan nicel bir indeks olan entropi hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Space Syntax, Space matrix, arazi kullanımı yoğunluk ve çeşitlilik hesaplamaları kentsel mekânda ızgaralara (grid) dayalı olarak analiz edilmektedir. Bu analizde, morfolojik elemanların karşılaştırılmasını sağlaması, nokta (point) verilerin yoğunluk, çeşitlilik analizlerinin yapılmasında verilerin eşit olarak temsil edilmesini sağlaması, analizin ve yorumlanmasının kolay olması açısından birim olarak, ızgara hücreler uygun geometri olarak değerlendirilmektedir.

Ağ sisteminin analizinde ilk olarak, Google Maps yoğun alan (busy area) verilerine dayalı olarak gerçek zamanlı mekânsal yoğunluklar analiz edilmiş ve insan hareketlilik örüntüsünün mekânsal-zamansal yapısı ortaya konulmuştur. Ardından, kentsel ulaşım seyahat kalıplarının belirlenmesi için trafik akış örüntüleri ve toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüleri analiz edilmiştir. Trafik akış örüntüsü için GPS izlerine göre günlük ve saatlik ortalama trafik yoğunluk skoru üreten Yandex'in trafik yoğunluk verileri kullanılmıştır. Piksel sayma yöntemi kullanılarak çalışmanın birim alanı olan ızgara hücrelere ait trafik yoğunluk skorları hesaplanmıştır. Toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüsü ise, Google Maps'in veri tabanından toplu taşıma sistemi duraklarına ait mekânsal-zamansal yoğunluk grafikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Mekânsal-zamansal analizlerde, bölgelerin/durakların saatlik yoğunluk skorlarını değerlendirerek günün farklı zamanlarında benzer hareketlilik yoğunluğu gösteren zaman dilimlerini aynı bileşende tanımlayan ve boyut azaltma yöntemi sayesinde hareketlilik indeksi üretmeye imkân veren örüntü ve kümeleme analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Yöntemin son aşamasını morfolojik ve ağ yapısının birlikte değerlendirilerek hibrit bir yerleşim sistemi örüntü modelinin kurgulandığı modelleme aşaması oluşturmaktadır. Morfolojik özelliklere ve ağ yapısına göre merkezilik skorlarının belirlenerek ayrı ayrı yorumlanmasının ardından bu iki özelliğin birleştirilerek çalışma alanı içerisindeki yerleşimlerin bütünleşik merkezilik dereceleri ortaya konulmuştur. Yerleşimlerin bütünleşik merkezilik derecelerinin belirlenmesinde temel bileşen analiz yöntemi ve k-ortalama kümeleme algoritması (Elbow yöntemi) yöntemlerinden faydalanılmıştır. Bütün bu analizlerin sonucunda örüntülerin ve akışların nasıl mekânsal yapılar ürettiğini gösteren yeni bir kentsel sistem modeli ortaya konulmuştur. Morfolojik yapının, ağ sisteminin ve hibrit modelin ortaya koyduğu örüntülerdeki mekânsal ilişkileri görebilmek için Mekânsal İlişkilerin Yerel Göstergeleri (Local Indicators of Spatial Association - LISA) analizi

yapılmış ve mekânsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. LISA analizi mekânsal örüntünün ortaya konulması, merkezlerin ve komşularının ortalamaya kıyasla dağılımının tespit edilerek mekânsal kümelenmelerin belirlenmesi açısından yaygın kullanılan önemli bir yöntemdir. Morfolojik yapı ve ağ yapısının ürettiği farklı mekânsal örüntülerin işleyişinin anlaşılması ve yorumlanması aşamasında bu analizden elde edilen sonuçlara başvurulmaktadır.

Tez çalışmasında ortaya konulan çok boyutlu yerleşim sistemi modelinin analiz yöntemleri ve veri toplama kaynakları kullanılarak diğer kentlerdeki yerleşim örüntülerinin analiz edilmesi ve kentsel örüntünün farklılaşan yönlerinin karşılaştırılması mümkündür.

Merkezi yer ve ağ kuramı bağlamında yerleşim sistemlerinin değişen yapısını hibrit bir modelle ortaya koymaya çalışan bu tez, beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünün ardından, kavramsal ve kuramsal çerçevenin ele alındığı ikinci bölümde; yerleşim sistemlerinin mekânsal örgütlenmesini tanımlamada geçmişten beri önemli yer tutan Christaller'in merkezi yer kuramı ve bu kuramın farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen farklı ele alışıları incelenmektedir. Bu kuramın günümüz karmaşık kentsel sistemlerinin mekânsal kalıplarını keşfetmedeki sınırlılıklarına ilişkin tartışmalar yeni oluşturulacak hibrit modelin çok boyutlu bakış açısıyla ele alınması açısından önemlidir. Bu bölümde merkezi yer kuramına dayalı olarak akademik yazında yapılan çalışmalar, hem yöntem açısından hem de elde edilen sonuçlar açısından irdelenmektedir. Ardından, mekânsal örgütlenmenin son dönemde yaşadığı değişimi ve dönüşümü ile bağlantılı olarak, merkezi yer kuramından ağ kuramına evrilen bir yaklaşım ortaya konulmaktadır. Ağ kuramına dayalı olarak akademik yazındaki araştırmalar ve Türkiye'de Kalkınma Bakanlığı tarafından yürütülen, 2020 yılında tamamlanan önemli bir uygulama örneği Yer-Sis çalışması ele alınmaktadır.

Çalışmanın Yerleşim Sistemi Örüntülerinin Tanımlanması Üzerine Yöntemsel Bir Yaklaşım başlıklı ampirik çalışmaların yöntemini ele aldığı üçüncü bölüm; üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, araştırma alanı olarak belirlenen Ankara kenti tanımlanmaktadır. İkinci aşamada morfolojik örüntü analizleri ve ağ sistemi analizlerine yönelik yöntemler ortaya konulmaktadır. Üçüncü aşamada, kentsel mekânsal örüntülerin morfolojik ve ağ yapısı olmak üzere iki farklı boyutunun bir araya getirilmesini gösterecek yöntem önerisi sunulmaktadır.

Tezin dördüncü bölümünde Ankara kentinin morfolojik ve ağ yapısı üzerine önerilen yöntem, mekânsal bulgularıyla açıklanmaktadır. Geliştirilen model sayesinde günümüzdeki kentsel mekânsal örüntü çok boyutlu olarak izlenebilmektedir.

Tez kapsamında, yerleşim sistemlerinin morfolojik ve işlevsel özelliklerini birlikte ele alan, merkezi yer ve ağ kuramlarını bir arada kullanan hibrit bir model önerisi çalışmanın temel özgünlüğünü oluşturmaktadır. Araştırmada önerilen hibrit modelin, mevcut parçacı yaklaşımları bir araya getirerek mekân bilimcilerinin açık kentsel sistem anlayışı geliştirmelerine yardımcı olması beklenmektedir. Hibrit modeli diğer tekil modellerden ayıran en önemli özelliği, tek boyutlu coğrafi mekân yerine kentsel sistemin mekânsal-zamansal boyutunu da sürece dâhil ederek bütünleşmiş bir metodolojik yaklaşım ortaya koymasındır. Böylece kentsel mekânsal örüntülerin belirlenmesinin ötesinde mekânsal planlama kararlarının geliştirilmesine yol gösterecek çıkarımlar üretilebilmiştir.

Çalışmada, kentsel sistemler birbirinden farklı örüntülere sahip morfolojik ve işlevsel boyutlarıyla tanımlanmıştır. Önerilen yöntem, kapsamlı detayları içeren mekânsal verilere yüksek oranda bağlıdır. Yöntemin Ankara kentine uygulanabilmesi için morfolojik yapıya ait yol ağı, bina sistemi, arazi kullanımı verileri ile ağ yapısına ilişkin bireysel hareketlilik ve kentsel ulaşım (trafik akışı, toplu taşıma sistemi yolculukları) verileri toplanmıştır. Bu verilerin farklı mekânsal detaylarda olması çalışmayı sınırlandırmaktadır. Ancak çalışmada yapılan mekânsal analizlerde vektör tabanlı (*vector-based*) yol ağı verilerini, çokgen tabanlı (*polygon-based*) bina sistemi verileri ve nokta tabanlı (*point-based*) arazi kullanım verileri ile hareketlilik verilerini entegre etmek için analitik birim olarak ızgara sisteminin kullanılmasıyla veriler bütünleştirilmiş ve hibrit model üretilmiştir.



## 2. YERLEŞİM SİSTEMLERİNİN MEKÂNSAL ÖRGÜTLENMESİ

Yerleşim sistemlerinin mekânsal örgütlenmesine yönelik kuramsal ve uygulama temelindeki ilk yaklaşımlar tarımsal üretim (Von Thünen, 1826), sanayi yer seçimi (Weber, 1909: 17), ticaret ve hizmetlerin dağılımı (Reilly, 1931: 7; Christaller, 1933: 27; Hoyt, 1939: 72; Harris ve Ullman, 1945), toplumsal ve sınıfsal özellikler (Park ve Burgess, 1925; Wirth, 1938) konularında olmuştur. Bu yaklaşımlardan kapsamlı bir merkezilik tanımı ve mekânsal kademelenme yöntemi geliştirmesi nedeniyle Christaller'ın merkezi yer kuramı ön plana çıkmaktadır. Tez kapsamında ilk olarak mekânsal örgütlenmede merkezi yer kuramının temel kabul ve ilkeleri açıklanarak kuramın uygulama örnekleri değerlendirilmektedir. Ardından günümüz karmaşık kentsel sistemlerinin mekânsal örgütlenmesini açıklamada kuramın sınırlılıkları ele alınmakta ve merkezi yer kuramının alternatif olarak gelişen Ağ Kuramı açıklanmaktadır.

### 2.1. Mekânsal Örgütlenmede Merkezi Yer Kuramı

Kentsel süreçler ve mekânsal yapılar farklı morfolojik özellikler ile toplumsal pratiklerin yer aldığı bir sistem biçiminde var olmaktadır (Tekeli, 2010; Parr, 2014). Kentsel sistemi oluşturan mekânsal yapılar, boyutlarına ve türlerine bağlı olarak tamamlayıcı işlevlere sahip şehirlerin bir araya gelmesinden oluşur (Anas ve diğerleri, 1998). Kentsel sistem içindeki tüm bu şehirler, yüksek düzey işlevlere sahip çekirdek şehirler ile düşük düzey işlevlere sahip daha küçük şehirlerin içiçe geçmiş yapısı tarafından organize edilmekte; birbirleriyle etkileşime girmektedir (Castells, 1999; Fujita ve diğerleri, 1999). Kentsel sistemlerde, yerleşmelerin bu yapısını ve ilişkilerini açıklamaya yönelik ilk kapsayıcı çalışma, 1933 yılında Alman coğrafyacı W. Christaller tarafından ortaya konulan ve August Lösch (1954) tarafından geliştirilen merkezi yer kuramıdır (Christaller, 1966: 27). Kuramın temeli, Walter Christaller'in güney Almanya yerleşim örüntüsünü açıklamak üzerine yayınladığı *Central Places in Southern Germany* (Die zentralen Orte in Süddeutschland) adlı eserine dayanmaktadır. Christaller düz arazi yapısına sahip Güney Almanya'da belirli büyüklükteki kentlerin eşit mesafelerde olması üzerine bu yerleşimlerin yapısını ve etki alanı (hinterland) büyüklüğünü tanımlayan, yerleşim örüntüsünü geometrik şekiller kullanarak açıklayan bir model geliştirmeye çalışmıştır (Tümertekin ve Özgüç, 2006). Modelin üzerine kurulacağı arazi türüne yönelik bazı varsayımları bulunmaktadır (Getis ve Getis, 1966):

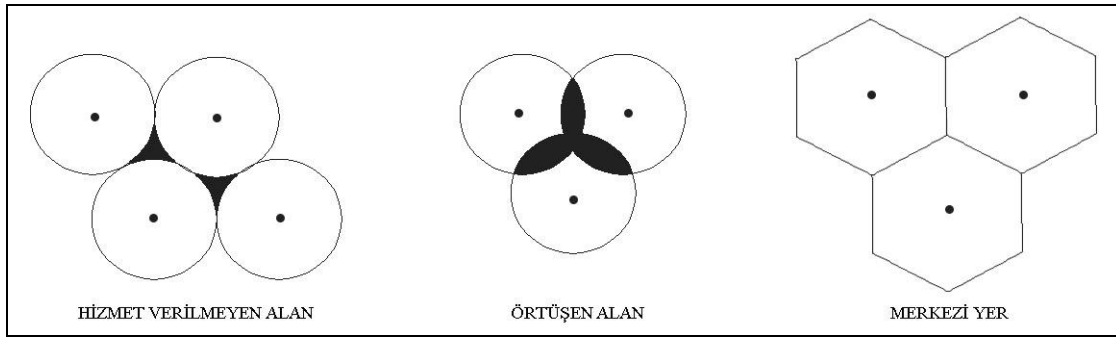
- (1) Her yerde eşit verimli toprağa ve eşit olmayan bir kaynak dağılımına sahip uçsuz bucaksız bir ova,
- (2) Nüfusun ve satın alma gücünün eşit dağılımı,
- (3) Aynı türdeki tüm merkezi yerlere eşit olarak erişilebilmesi için her yöne tek tip bir ulaşım ağı,
- (4) Sunulduğu merkezi yer ne olursa olsun, herhangi bir merkezi malın sabit bir yayılma alanının bulunmasıdır.

Bunun yanı sıra insanların isteklerine yönelik varsayımlar ve koşullar aşağıdaki gibidir:

- (1) Mal ve hizmetler için maksimum sayıda talep karşılanmalıdır,
- (2) Mal ve hizmet sunanların gelirleri maksimize edilmelidir,
- (3) Tüketicilerin mal ve hizmetleri satın almak için kat ettikleri mesafeler en aza indirilmelidir; yani mallar en yakın noktadan satın alınmaktadır,
- (4) Merkezi yerlerin sayısı mümkün olan en az sayıda olmalıdır.

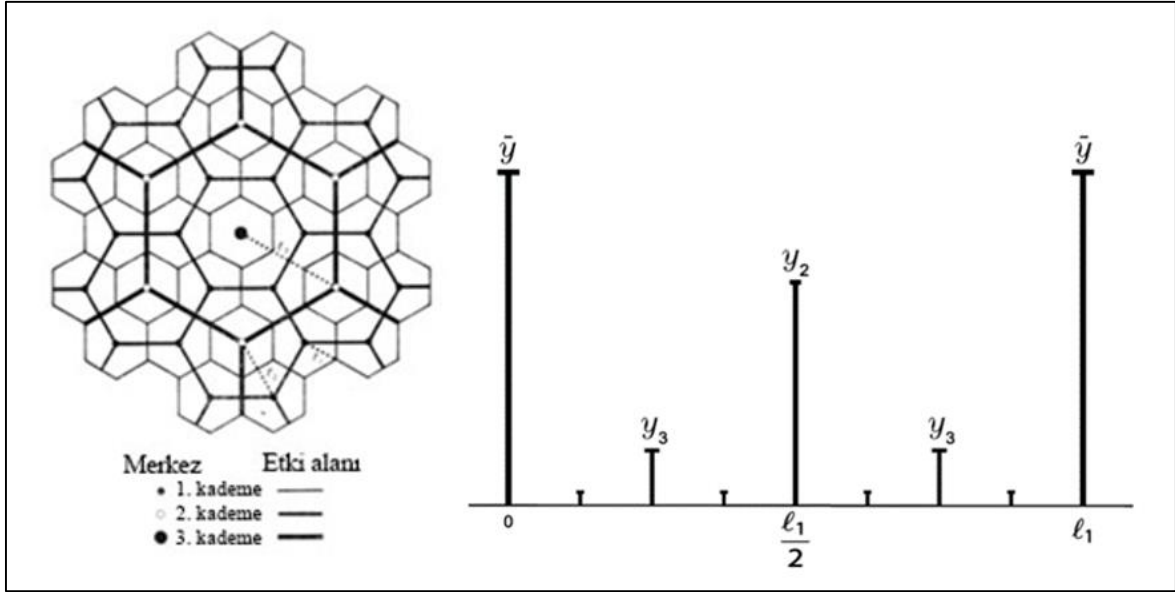
Merkezi yer kuramı, yerleşimlerin büyüklüğünü, sayısını ve mekânsal örgütlenmesini taşıma maliyetleri, üretim girdileri, arazi kullanımı gibi alanlarda kabul edilen varsayımlardan yola çıkarak açıklamaya çalışan ve mekânda kademeli bir sistem tanımlayan modeldir (King, 2020). Merkezi yer kuramına göre idari, ekonomik, kültürel vb. faaliyetlerin belirli alanlarda toplanması ile nüfusun ekonomik faaliyetlerin çevresinde yığılması sonucu merkezi yerleşmeler meydana gelmektedir. Merkezi yerleşmeler, tarım dışı kentsel faaliyetlerin yer aldığı, çevresindeki alanlara temel mal ve hizmet sunan, aynı zamanda toplanma, dağıtma, pazarlama faaliyetlerinin yığıldığı, ulaşım ağının odağında bulunan merkezi mevkilerdir (Livd, 2017). Christaller, merkeziliği bir yerleşmeyi merkezi yere dönüştüren kentsel işlevlerle tanımlamakta, merkezi fonksiyonlar mikro şematik bir düzeni takip etmektedir (Saey, 2008). Bu sistem, alt kademedeki merkezlerin üst kademedeki merkezlere bağlı olduğunu tarif eden “tek taraflı düşey ilişkilerin” kurulduğu düzenli bir hiyerarşiyi ortaya çıkarır. Bir yerin merkezi, o yere hizmet etmek için gerekli olan işlevlerin miktarı ile tanımlanmakta; farklı işlev ve büyüklükteki merkezler mekânsal hiyerarşi biçiminde birbirine bağlanarak hiyerarşik bir ağ oluşturmaktadır. Herhangi bir seviyedeki merkezi yer, o seviyeye özgü mal ve hizmet sunumunun yanı sıra tüm alt seviyelere özgü hizmetleri de sağlamaktadır. Böylece, üst düzeydeki merkezi yer, bir dizi alt düzey yeri ve kırsal alanları içeren bir pazar alanına hizmet etmektedir (Mulligan, 2012).

Kademeli bir merkezi yer sisteminde pazar alanları, hiyerarşik eşkenar altıgenlerden oluşan mekânsal yapı ile açıklanmaktadır. Önerilen ideal durumda, bir üst düzey şehir, mekânsal olarak eşkenar bir altıgen etrafında dağılmış altı bağımlı şehir ile çevrilidir. Merkezi yer, çevresindeki altıgenlerden oluşan etki alanına mal ve hizmet veren bir kaynak görevindedir (Shi vd., 2020). Kuramda ulaşımın tüm yönlere eşit kolaylıkta olduğu varsayımı, her merkezi alanın dairesel bir pazar alanına sahip olması anlamına gelmektedir. Bu durumda dairesel pazar alanları yan yana geldiğinde, hizmet alamayan veya daireler üst üste örtüştüğünde birden fazla hizmet alan bölgeler oluşmaktadır. Bu sorunu çözmek üzere Christaller daireler yerine ideal altıgen pazar (Şekil 2.1) alanları önermiştir (Getis ve Getis 1966).



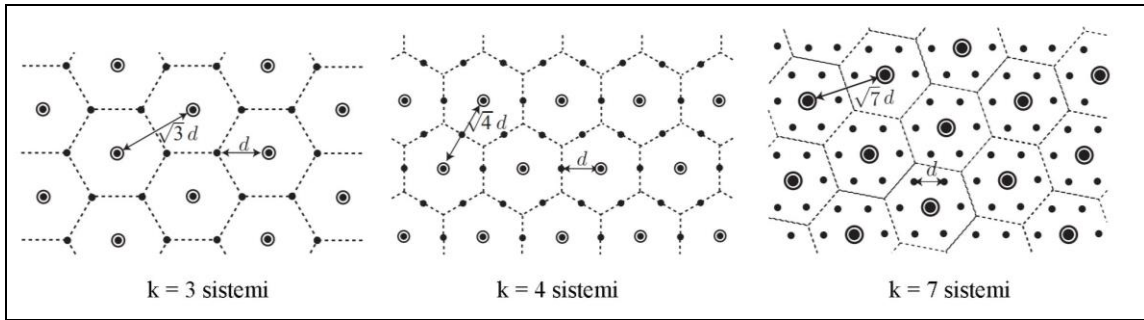
Şekil 2.1. Merkezi yer kuramı ideal altıgen pazar alanı (Getis ve Getis, 1966)

İdealize edilmiş altıgen pazar alanı, eşik (threshold) ve yayılma alanı (range) adı altında iki temel kavrama dayanmaktadır. Eşik; merkezi bir hizmetin var olması için gereken minimum müşteri sayısı/nüfus/talep seviyesi; yayılma alanı ise, bir tüketicinin merkezi bir hizmeti alabilmek için seyahat etmeyi göze aldığı maksimum uzaklık, malın sunulabileceği alan anlamına gelmektedir (Getis ve Getis, 1966; Van Meeteren ve Poorthuis, 2018). Büyük eşiklere ve yayılma alanına sahip yüksek dereceli ürünlerden (özel alışveriş ürünleri) küçük eşiklere ve yayılma alanına sahip düşük dereceli ürünlere (standartlaştırılmış hazır mallar) uzanan bir mal ve hizmet sürekliliği öngörülmektedir (Mulligan vd., 2012). Şekil 2.2, iç içe geçmiş altıgen pazar alanlarıyla çevrili, mekânsal olarak kademeli merkezlerden oluşan tipik bir merkezi yer hiyerarşisini göstermektedir.



Şekil 2.2. Altıgen pazar alanlarının tipik merkezi yer hiyerarşisi ve çizgisel düzlemde gösterimi (Hsu, vd., 2014)

Pazar alanları, Christaller'in belirli bir sistem için büyüklüğünün sabit olduğuna inandığı bir “k faktörü”ne göre iç içe geçmiş yapılar olarak tanımlanmaktadır (Haggett, 1965: 119; Mulligan vd., 2012). Christaller sırasıyla pazar (market) ilkesi, ulaşım (traffic) ilkesi ve yönetim (sociopolitical) ilkesine göre (Şekil 2.3) birbirinden farklı iç içe yapılara sahip üç teorik model kurgulamıştır (Shi vd., 2020).



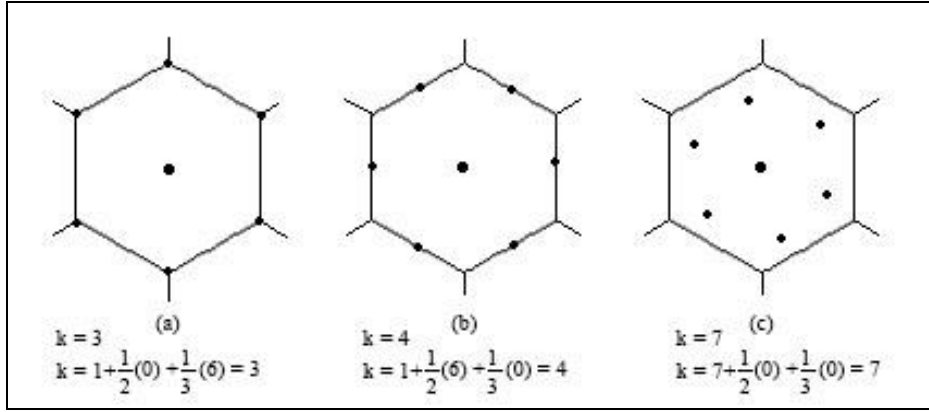
Şekil 2.3. Christaller'in pazar, ulaşım ve yönetim ilkeleri (Ikeda vd.,2012)

Pazar ilkesine (k-3 hiyerarşisi) göre merkezi yerler altıgenin köşelerinde yer almakta ve bir üst kademe merkez, altı tane 2. alt kademe merkezle çevrilmektedir. 2. alt kademe merkezler de altı tane 3. alt kademe merkezle çevrilir. Bu sistemde, alt kademe merkezlerin pazar alanları bir sonraki seviyeden üç kat daha küçüktür ve nüfusu üç kat daha azdır. Pazar ilkesine göre sistem, malların merkezi yerlerden temininin bağımlı yerlere mümkün olduğu kadar yakın olması ve en az sayıda merkezi yerden hizmet verilmesi temelinde çalışmaktadır

(Christaller, 1966: 72; Haggett, 1965: 122). Christaller, merkezi yerlerin dağılımını, sayısını ve büyüklüğünü etkileyen merkezi malların teminine ilişkin pazar ilkesinin yanı sıra başka faktörlerin de olduğunu belirlemiş; trafik ve insan sosyal hayatından kaynaklanan ilkeleri ortaya koymuştur.

Ulaşım ilkesine (k-4 hiyerarşisi) göre, merkezi yerler iki önemli yerleşim arasındaki ulaşım hattı üzerinde yer almaktadır. Ulaşımın olabildiğince düz yollara sahip olduğu, büyük şehirlerarasındaki ulaşım hattı üzerinde mümkün olduğu kadar çok önemli yerin bulunduğu ve hattın mümkün olduğu kadar ucuza kurulduğu kabul edilmektedir (Haggett, 1965: 122). Bu ilkede k değeri 4'e çıkmakta ve alt kademe merkezler altıgenin köşelerinde olmak yerine kenarların tam ortasında konumlanmaktadır. Üst kademe merkezlerin tamamlayıcı bölgesi alt kademe merkezden dört kez daha fazladır. Ulaşım ilkesi ana ulaşım güzergahı üzerindeki merkezi yerlerin sayısını en fazla hale getiren bir düzenleme içermektedir. Pazar ilkesi ile ulaşım ilkesi arasındaki temel fark, birincisinin mekânsal (spatial), ikincisinin ise doğrusal (linear) olmasıdır. Bu nedenle, biçimsel olarak bakıldığında, bu ilkeler arasında temel bir uyumsuzluk olduğu bilinmektedir (Christaller, 1966: 74).

Yönetim ilkesi (k-7 hiyerarşisi) olan üçüncü ilke, insan topluluklarının bir arada tutulduğu ve topluluğa düşman olan etkilere karşı korunduğu önermesini esas almaktadır. Bu kurgudaki mekânsal topluluk daha yüksek kademedeki merkezi yer olan başkente/çekirdeğe sahiptir. Önerilen hiyerarşik düzende üst kademe merkezin etki alanında onu çevreleyen altı tane alt kademe merkez yer almaktadır, böylece toplamda yedi merkez kontrol edilmektedir (Christaller, 1966: 77). Bu üst kademe tamamlayıcı bölge k-3 ve k-4 sistemlerinden daha geniş bir bölge yaratmaktadır. Merkezi yerlerin üç farklı ilkeye göre hesaplanan k faktörü ve yerleşim düzeni Şekil 2.4'te verilmiştir.



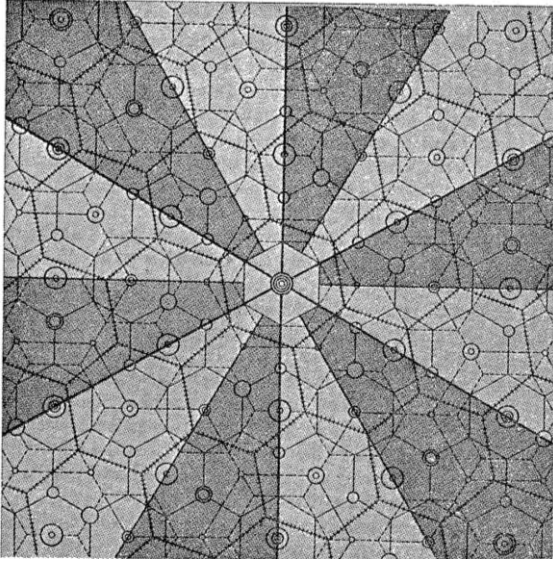
Şekil 2.4. Merkezi yerlerin üç farklı düzeni (King, 2020)

Tüketici seyahat davranışıyla ilgili önermelerde bulunan ve yığılan kentsel işlevlerin altıgen bir mekânsal yapı kullanarak soyutlamasını yapan merkezi yer kuramı, kentsel sistemin durağanlığı üzerine kurulu bir modeldir (Coffey, 1998). Modelde, sabit k-değerleri sistemin tüm kademedeki yerleşimleri için (köyler-kasabalar, kasabalar-kentler, kentler-metropolitan alanlar) eşit şekilde uygulanmaktadır. Merkezi yer kuramının sabit k-değeri ve katı hiyerarşisine karşılık Alman ekonomist August Lösch, değişken k-değerleri ve mekânsal işbölümü gibi çeşitli önermeler geliştirerek kuramın gelişmesine katkıda bulunmuştur (Mulligan vd., 2012).

Lösch, mekânsal kademelenmenin temelinde kullanıcının olduğu önermesi yerine firma arzının ve tüketici taleplerinin birlikte etkili olduğunu ileri sürmüştür. Lösch'e göre her bir ürün kendi pazar alanına sahiptir ve işletmeler/üretim noktaları doğal olarak farklı büyüklükteki pazar alanlarının merkezinde yer almaktadır (Mulligan vd., 2012). Christaller ile aynı altıgen birimi ve k konseptini kullanmasına karşın Lösch'ün geliştirdiği hiyerarşi farklılaşmaktadır. Lösch hiyerarşisi farklı katmanlar yerine neredeyse sürekli bir merkez dizisinden oluşmaktadır ve aynı büyüklükteki yerleşimlerin aynı işlevlere sahip olması gerekmemektedir. Yerleşimlerin kademelenmesi, sahip oldukları k değerine göre belirlenmektedir. En üst kademe olan metropol merkezi 150 farklı k değerine sahip merkez olarak tanımlanırken en alt yerleşim tek bir k değerine sahiptir (Haggett, 1965: 123).

Lösch, çeşitli altıgen sistemleri bir arada düşünerek her kademe için altıgen ağları üst üste örtüştürmekte ve bu sayede merkezi yerler arasında en fazla mekânsal bütünleşmenin yaratılmasını sağlamaktadır (Parr, 2017). Lösch'ün önermesine göre altıgen kafes düzenindeki ağlar kasıtlı olarak “şehir açısından zengin” ve “şehir açısından fakir” sektörler

ortaya çıkacak şekilde döndürülür ve kafeslerin çakıştığı yerlerde değişen sayıda üretim noktaları ortaya çıkar (Şekil 2.5). Lösch'e göre, bu dönüşüm hem firmalar (Weber'in yığılma ilkesi) hem de müşteriler (Zipf'in en az çaba ilkesi) için en verimli sistemi yaratmaktadır. Modelin en ayırt edici özelliği, her otuz derecelik sektörün aynı sayıda merkezi yere sahip olması; ancak bu merkezi yerlerdeki faaliyetlerin hacminin önemli ölçüde değişmesidir. İşlevsel karmaşıklığı düşük olan daha küçük merkezler, işlevsel olarak daha karmaşık büyük merkezlere hizmet edebilmektedir (Mulligan vd., 2012).



Şekil 2.5. Lösch'ün kentsel yapı örüntüsü (Isard, 1956: 270)

Lösch'ün yaklaşımı, birbiriyle bağlantılı daha karmaşık ağa sahip pazar alanları tanımlamakta ve mekânsal örüntü daha az belirgin bir hiyerarşik yapı sunmaktadır. Bu yapıda; (1) aynı büyüklükteki merkezi yerler aynı işlevleri sergilemeyebilmekte, (2) üst kademe merkezler alt kademe merkezlerin tüm işlevlerine sahip olmayabilmekte ve (3) kent büyüklüğü dağılımı daha çok sıra büyüklük kuralına benzemektedir. Lösch'ün modeli, yerleşim sistemlerini çok daha fazla kademede ve çeşitlilikte tanımlamıştır (Parr, 2017).

Yerleşim sistemi örüntülerini tanımlamada merkezi yer kuramını esas alarak geliştirilen yöntemler ve uygulamalı çalışmalar, okul, hastane, banka, sinema gibi farklı kentsel öneme sahip temel işlevleri ve kurumları merkeziliğin en popüler göstergeleri olarak değerlendirmiştir. Davies (1967), Güney Galler'deki merkeziliği ölçmek için fonksiyonel endeks adını verdiği basit bir yöntem kullanmıştır. Bu yöntemde, bir yerin kapsadığı her bir işlev için lokasyon katsayısını hesaplamış, elde ettiği değerlerin toplanmasıyla yerleşimin

fonksiyonel endeksine ulaşmıştır. Fonksiyonel endeksin düğümsellik endeksini vermesi; ancak merkeziliği açıklamada yeterli görülmemesi üzerine Sinha (1976) hizmet sektörü nüfusunu da hesaba katarak Davies'in ölçümünü geliştirmiştir. Merkeziliğe yönelik nüfus temelinde merkezilik endeksi hesaplamaları da geliştirilmiştir (Singh, 1971).

Yerleşimlerin büyüklüğünü ve hiyerarşik dizilimini nüfus kriterine göre belirleyen yöntemlerden en bilineni 1913'te Alman coğrafyacı Auerbach tarafından geliştirilen ve 1949 yılında G.K. Zipf tarafından revize/rafine edilen sıra-büyüklik kuralıdır (Batty, 2006; Arshad vd., 2018; Auerbach, 1913). Bu genel sıra-büyüklik kuralı, Zipf yasası olarak da bilinmektedir; yasa, hem doğa bilimlerinde hem de sosyal bilimlerde gözlemlenen ampirik bir düzenliliği tanımlar (Soo, 2005; Shiode ve Batty, 2000; Li ve Yang, 2002; Tachimori ve Tahara, 2002). Belirli bir S boyutuyla ilişkili sıralamanın, belirli bir güçte S ile ters orantılı olduğunu belirtir. Şehirler söz konusu olduğunda, yerleşimlerin nüfusları ile sıralamaları arasında düzenli bir ilişki olduğu kabul edilmektedir (Arcaute vd., 2015; Nota ve Song, 2012). Şehrin mutlak büyüklüğü (absolute size), şehrin sıra büyüklüğü (rank-size) ile ters orantılı bir ilişki kurmaktadır. Diğer bir deyişle, ikinci en büyük şehrin birincinin yarısı ve üçüncü en büyük şehrin en büyüğün üçte biri büyüklüğünde olacağı öngörülmektedir (Beckmann, 1958). Sıra-büyüklik ilişkisi literatürde yaygın olarak "Güç yasası" olarak da anılır (Bajracharya ve Sultana, 2020). Çok sayıda araştırmacı, doğrusal bir sıra-büyüklik dağılımını, dengeli bir kentsel yapının ve/veya gelişmiş bir ekonominin göstergesi kabul etmektedir (Arcaute vd., 2015). Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde kentsel alanların ve kentsel hiyerarşilerin dağılımını incelemek için Zipf yasasını kullanan çok sayıda ampirik çalışma yapılmıştır. Gelişmiş ülkelerde yapılan uygulamalı çalışmalar Zipf yasasının bu kentsel bölgeler için genel olarak geçerli olduğu sonucuna varırken (Krugman, 1996; Gabaix, 1999; Berry, 2012; Giesen ve Südekum, 2010; Rastvortseva ve Manaeva, 2016); gelişmekte olan ülkelerde yapılan çalışmalar kentsel alanların sıra-büyüklüğü dağılımında Zipf yasasının büyük ölçüde etkili olmadığını göstermiştir (Jiang vd., 2015; Arshad vd., 2018; Tuholske vd., 2019; Bajracharya ve Sultana, 2020). Sıra-büyüklik kuralının geçerliliği, Zipf üssü olarak tanımlanan değer  $1$ 'e yakın bir değere sahip olmasına bağlıdır. Bu üssün değeri  $1$ 'den çok fazla dalgalanırsa, kural tehlikeye girmektedir. Akademik literatürde yapılan bazı ampirik çalışmalar, Zipf yasasının ekonomik bir düzenlilikten ziyade yalnızca istatistiksel bir fenomen olduğunu göstermektedir (Gan vd., 2006; Nota ve Song, 2012).

Merkezi yer kuramı yerleşimler arasındaki karşılıklı yapısal ve davranışsal ilişkileri tanımlamada önemli yaklaşımlar sunmuş olsa da kuramsal ve uygulamalı düzeyde bazı eksikliklere sahiptir (Nakoinz, 2012; King, 2020):

- Merkezi yerler kavramı sadece ekonomi üzerine odaklanmaktadır. Mekânsal hareketlilik ve morfolojik örüntüleri dikkate almamaktadır.
- Uzun mesafeli ticaretin varlığı, zaman/maliyet eşiğine bağlı olarak sınırlandırılmaktadır. Günümüzde, gelişen teknolojiler ve artan ulaşım imkânları sayesinde tüketicilerin alışveriş tercihlerinde mesafe önemini kaybetmektedir (Kılınçaslan, 2002: 146; Pumain, 1992).
- Hizmet sunumundaki yığılmalar sadece nüfus büyüklüğüne bağlı olarak yer seçmekte ve kendi kendini kopyalayan hiyerarşik bir sistem oluşturmaktadır (Batty, 2016:113). Aynı sınıftaki şehirler aynı olanak ve hizmetleri sağlayacağı için şehirlerarasında yatay ilişki bulunmamaktadır (Meijers, 2007). Günümüz koşullarında her seviyedeki kentsel işlevler her yerde yerleşebilmektedir; bu nedenle kentsel büyüklüklerin hiyerarşik sıraladığı mekânsal yapıya ihtiyaç kalmamaktadır.

Merkezi yer kuramının ortaya koyduğu merkezler ve etki alanındaki kırsal yerleşimlerden oluşan altıgen kafes dokunun, günümüzde nüfusun % 80'den fazlasının kentlerde yaşaması ve modern iletişim araçlarının gelişmesiyle artan erişilebilirlik imkânları sebebiyle eskidiği ve kentsel mekânsal yapıyı açıklamak için tek başına yetersiz kaldığı görülmektedir (Kılınçaslan, 2002: 139; Pumain, 1992; Griffith, 2009: 221; Zhong vd., 2015).

1990'larla birlikte hiyerarşik kurguya sahip merkezi yer modeline alternatif olarak, yatay ilişkileri tanımlamaya çalışan "ağ modeli" mekânsal örgütlenmeyi açıklamada yeni açılımlar sunmaya başlamıştır (Camagni 1993; Batten 1995; Meijer,2007).

## 2.2. Merkezi Yer Kuramından Ağ Kuramına Geçiş

Günümüzde, modern iletişim araçlarının yaygınlaşması ve artan altyapı imkânları gibi teknolojik gelişmeler kentlerdeki mekânsal örgütlenme biçimlerini ve gündelik yaşam pratiklerini değiştirmiştir. Kentsel mekân, Von Thünen (1826)'in tek merkezli diyagramına sahip bir geometri üzerinden temsil edilemeyecek kadar karmaşık bir yapıya evrilmiştir. Tek merkezli kent modeli yerine bir alanda birden fazla merkezin varlığını ifade eden çok

merkezli kent modelleri kentsel çalışmaların temel ilgi odağı haline gelmiştir. Bu çalışmaların kentsel mekânsal yapıya yönelik öngörüsü, geçmişten beri Merkezi Yer Modeli'yle ortaya konulan kentteki tüm sosyal ve ekonomik aktivitelerin tek odağa toplandığı tek merkezli hiyerarşik yapının yerini çok merkezli yapıya bıraktığıdır. Tek merkezli yapıda, sosyal ve ekonomik faaliyetler tek odak olan Merkezi İş Alanı'nda (MİA) toplanırken, konut yerleşimlerinin çoğunlukla çeperde yer aldığı öngörülmektedir. Kentte yaratılan tüm yolculuklar da bu konut-işyeri kurgusuna göre çeper ile merkez arasında gerçekleşmekte; çeper bölgelerin kendi aralarındaki yolculuklar sınırlı kalmaktadır. Çok merkezli kent modeline geçildiğinde ise, ekonomik faaliyetler ve kalifiye işgücüne dayanan işlevler kent merkezinden çepere doğru yayılarak yeni büyüme alanları oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak işgücü de ana merkezden çeperlerde yeni oluşan alt düzey merkezlere doğru kayarak çeperlerden ana merkeze olan yolculuk miktarının önemli ölçüde düşmesine sebep olmaktadır (Knapp ve Schmitt, 2003). Çok merkezlilik tek tek kentlerden, kent bölgelere ve ulus devletlere kadar uzanmaktadır (Meijers 2008). Bu noktada nüfus ve ekonomik faaliyetlerin şehir içi (intra-city) veya şehirlerarası (inter-city) kümelenmeleri önem kazanmaktadır (Knapp and Schmitt 2003).

Çok merkezli karmaşık sistem çalışmaları, mekânın sadece sabit olan “yerler”le değil devingen olan “akışlar”la birlikte tanımlanmasının gerekliliğini göstermiş, coğrafi mekânın yanında ağ akışlarının ürettiği mekânı önemli bir araştırma alanı haline getirmiştir (Tekeli, 2010). Bu tartışmalar ışığında mekânsal örgütlenmenin modelini açıklamak için yeni kuramsal modeller geliştirilmiştir, 1990’larla birlikte ağ modeli değişen mekânsal örgütlenmenin modelini açıklamada önemli katkılar sunmuştur (Camagni 1993; Batten 1995; Meijers2007).

Ağ modelinin temel ilkesi yatay ilişkilerin kurulduğu, ekonomik olarak tek bir kentsel birim olarak işlev gören benzer büyüklükteki alanlara ayrılmış dağınık kent (Burton 1963) kavramına dayanmaktadır. Araştırmacılar dağınık kent yerine çok merkezli/çok çekirdekli kentsel bölge, kent ağı ya da ağ kent gibi ifadeler de kullanmışlardır (Kloosterman ve Musterd 2001; Davoudi 2003; Parr 2004; Camagni ve Salone 1993; Batten 1995).

Merkezi yer modelindeki hiyerarşik ilişkilerin baskın görüşüne karşı ağ modelinde hiyerarşik olmayan, yerel uzmanlaşmış merkezlerin olduğu ve bu merkezler arasında mekânsal iş bölümü ile tamamlayıcılığın bulunduğu bir sistem öngörülmektedir (Gottmann,

1961: 196; Camagni ve Salone, 1993; Batten, 1995). Tamamlayıcılık, farklı şehirlerin farklı ekonomik işlevler ve hizmetler aracılığıyla, farklı ve karşılıklı rolleri yerine getirdiği durumdur (Hague ve Kirk 2003: 12). Bu sayede, daha yüksek kademedeki işlevler, bir ağda faaliyet gösteren daha küçük şehirlerde bulunabilmektedir.

Meijers (2007), ağ modelinin tamamlayıcılık özelliğinin hem farklı hem de benzer büyüklükteki şehirler arasında iki yönlü akışlara neden olduğunu; dolayısıyla yatay erişilebilirliğin varlığını vurgular. Pred (2017), çok konumlu kuruluşların mekânsal yapısını analiz ederek, hiyerarşilerin şehirlerden ziyade işlevlere bağlı olduğunu savunur. İşlevlerdeki hiyerarşilerin genellikle şehirlerdeki hiyerarşiye simetrik olmadığını; bu durumun da şehirler arasındaki yatay ilişkileri ortaya çıkardığını gösterir. Tamamlayıcılığın, şehirlerdeki hiyerarşiye asimetrik olan işlevlerdeki hiyerarşilerden geldiğini ortaya koyar. Tamamlayıcılık, merkezilik yerine, bir kentin bir merkezdeki konumunu ifade eden nodaliteyi (düğümsellik) temsil etmektedir (Meijers, 2007).

Van der Knaap (2002: 168) her iki model arasındaki farkların karşılaştırılabilir bir genel görünümünü sunmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Hiyerarşiden ağ sistemine geçişten kaynaklanan değişiklikler

| Hiyerarşi                                                                  | Ağlar                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Mekânsal ölçeklerin sabit sayısı                                           | Mekânsal ölçeklerin değişken sayısı                     |
| Mekânsal ölçeğe bağlı ve mekânsal ölçek ile yükselen ekonomik fonksiyonlar | Aynı mekânsal ölçekte farklılaşan ekonomik fonksiyonlar |
| Bölgede eşit olarak dağılan nüfus                                          | Bölgede eşit olarak dağılmayan nüfus                    |
| Farklı mekânsal ölçeklerde, şehirler arasındaki dikey ilişkiler            | Şehirler arasındaki hem yatay hem dikey ilişkiler       |

Özellikle son dönemde yapılan akademik çalışmalarda, ağ modelinin mekânsal gerçekliği merkezi yer modelinden daha iyi tanımladığı kabul edilmektedir. Ağ modelindeki daha esnek ve değişken sayıda mekânsal ölçek, yerleşimler arasındaki yatay ve dikey ilişkiler, kentsel nüfusun eşitsiz dağılımına yönelik kabulleri uygulanabilir bir model olarak kabul edilmesini sağlamaktadır (Meijers, 2007).

Kentsel sistemleri ağ yaklaşımıyla ele alan çalışmalar, temelde günlük yolculuk akışlarının oluşturduğu mekânsal örüntüleri araştırmaktadır. Dessemontet vd. (2010), İsviçre’de

yürüttükleri çalışmada günlük yolculuklardan oluşan mekânsal örüntüyü araştırmıştır. Çalışmada, metropoliten alan yapısının bağımsız merkezlerden oluşan bir ağa benzediğini, büyük yerleşimlerin etrafında çok merkezli alanların bulunduğunu tespit etmişlerdir. Griffith (2009: 226), mekânsal etkileşimin karmaşıklık özelliklerini anlamak için Texas'ta günlük yolculukları incelemiş, yolculukların yoğunluğuna göre mekânsal merkezilikleri tespit etmiştir. Patuelli vd. (2009) Almanya'da yolculuk ağlarının hareketlilik göstergelerine göre çok merkezli bölgeleri belirlemiştir. Ağdaki düğümler arasındaki bağlantıların homojen/heterojen dağılım özellikleri ağların rastgeleliği veya ilişkiselliği hakkında bilgi vermiştir.

Son yıllarda, kentsel ağdaki hareketlilik davranışlarını keşfetmek, ilgi çekici yerleri (places of interest) belirlemek ve mekânsal-zamansal kalıpları okumak ağ çalışmalarının önemli araştırma alanı haline gelmiştir. Jiang vd. (2012), bireylerin yer ve zaman kullanımlarıyla bütünleşmiş günlük aktivite modellerine göre kentsel mekânsal yapıyı analiz etmiştir. Metropol alanlarda insan aktivite modellerindeki ve mekânsal-zamansal izlerdeki benzerlikleri ve farklılıkları keşfetmek için, örüntü ve küme analiz yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada, mekânsal-zamansal hareketlilik örüntüsüne göre Chicago metropol bölgesindeki kentsel alanın farklı alt bölgeleri tanımlamıştır. Long ve Nelson (2013) ise, hareketlilik analizi için kullanılan kantitatif yöntemlerin kapsamlı bir incelemesini yapmıştır. Bu nicel yöntemler, (1) zaman coğrafyası, (2) yol tanımlayıcıları, (3) benzerlik indeksleri, (4) örüntü ve küme yöntemleri, (5) bireysel – grup dinamikleri, (6) mekânsal alan yöntemleri ve (7) mekânsal seri yöntemleri (spatial range methods) olmak üzere yedi grupta incelenmiştir. Mekânsal-zamansal analizlerde verilerin türü ve hesaplama karmaşıklığı nedeniyle belirtilen yöntemlerin tümü yerine, doğrudan farklı tipleri uygulanabilmektedir (Gao, 2015). Mekânsal-zamansal çalışmalar, genellikle bireysel hareketlilik kalıplarını modellemek veya kentsel mekânı mekânsal-zamansal örüntüler üzerinden okumaya yöneliktir. Kentsel mekânsal yapıyı analiz eden çalışmalarda örüntü ve küme yöntemlerine sıklıkla başvurulmaktadır (Eagle ve Pentland, 2009; Benkert vd., 2007; Giannotti vd., 2007; Palma vd., 2008).

Meijers (2007) mekânsal örgütlenmede ağ modelinin, çok merkezli kentsel bölgelerde tamamlayıcılık özelliğinin önemli bir başlangıç noktası sağladığını kabul etmiş, hastane ve yükseköğretim sektörlerinin yer seçimi ve örgütlenme biçimleri üzerinde ağ modelinin tamamlayıcılık özelliğini ortaya koymuştur. Kentsel mekân içerisinde bu faaliyetlerin

mekânsal örüntüsü ve hareketlilik yoğunluğu çok merkezli mekânsal örgütlenmenin iki önemli boyutunu oluşturmaktadır. Kentsel alanların büyüklüğünü, dağılımını belirleyen morfolojik unsurlar ve kentsel alanlar arasındaki akış ve iş birliğine dayanan ilişkisel unsurlar mekânsal örgütlenmeyi tanımlamak için önemli değişkenlerdir (ESPON, 2005: 48).

Kentsel sistemleri anlamak için bu örüntülerin ortaya konulması önemlidir. Akademik yazındaki çalışmalardan anlaşıldığı gibi kentsel sistemlerin morfolojik ve işlevsel yapısı, kentlerin işleyişi hakkında önemli ipuçları vermektedir. Bu nedenle kent plancılarının, coğrafyacıların, ekonomistlerin vb. bilim alanlarının kentlere yönelik çözüm önerileri geliştirebilmeleri için kentsel mekânsal yapının ve yerleşim sisteminin işleyişinin iyi anlaşılması gereklidir.

Türkiye’de mekânsal yapıyı anlamaya yönelik ilk kapsamlı çalışma 1982 yılında merkezi yer kuramı esas alınarak yapılan “Türkiye’de Yerleşme Merkezlerinin Kademelenmesi” çalışmasıdır. Bu çalışmada geniş kapsamlı bir saha araştırmasıyla ülkedeki yedi farklı kademedeki merkezi yerler ve bunların etki alanları tanımlanmaya çalışılmıştır. O zamanki mekânsal yapıyı ve yerleşmeler arasındaki hiyerarşik ilişkileri açıklamada önemli bir yer tutan çalışmanın kademeler ve etki alanlarına yönelik temel kabullerinin ve tespitlerinin günümüz koşullarında yetersiz kaldığı bilinmektedir. Buradan yola çıkarak Kalkınma Bakanlığı, Türkiye’deki mekânsal yerleşim sisteminin yeniden yorumlanması amacıyla “Türkiye’de Kentsel Kırsal Yerleşim Sistemleri Araştırması (Yer-Sis)”’nı gerçekleştirerek, 2020 yılında kamuoyuna sunmuştur. Bu yorumlamada, akademik yazınla da benzer şekilde merkezi yer kuramındaki dikey ilişkilerin günümüz mekânsal örgütlenme biçimlerini açıklamada yetersiz kaldığı ve kentsel sistemlerin üretimle alakalı boyutlarını anlamada ağ kuramının sunduğu yatay ilişkilerin de ele alınması gerektiği görüşü hâkim olmuştur. Bu noktada merkezi yer ve ağ kuramının sentezlendiği bir yaklaşım biçiminin geliştirilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Genel olarak araştırmada benimsenen yaklaşım, merkezi yer kuramı ve ağ kuramının birbirinin tamamlayıcısı olduğu ve bu modellerin temel varsayımlarının birleştirilerek tamamlanması fikridir. Ağ kuramı işlevsel ilişkileri tanımlamada belirleyici olurken, merkezi yer kuramının temel kısıtlarından olan minimum eşik oranı, yakınlık/ il komşuluğu, üst derece yerleşimlerin başka bir yerleşime bağlanamayacağı kabulü esas alınmıştır. Hizmet merkezi dereceleri ve etki alanları bu kabule göre belirlenmiştir. Kentsel hizmet

merkezlerinin belirlenmesinde ağ kuramına göre ağsal ilişkilerinin analiz edilmesi ve ağ yapısına yönelik değişkenlerin belirlenmesi; etki alanlarının tanımlanmasında ise merkezi yer kuramına göre çeşitli kısıtların (mesafe, süre) geliştirilerek etki alanlarının tespit edilmesi ağlar kuramını ve merkezi yer kuramını birlikte ele alan bir yaklaşım sergilemektedir.

Çalışmada, kentsel mekânın sadece ağların oluşturduğu düğümler üzerinden ele alınması, mekânın kendisinin gözardı edilmesine sebep olmuştur. Çalışmada sadece akışlar ve bu akışların oluşturduğu değişkenler belirlenmiş, bu değişkenlere göre kentsel merkezler tespit edilmiştir. Çalışma bölgesel ölçekteki ilişkileri anlamak için yol gösterici olsa da, kent ölçeğinde mekânın yapıları çevre özelliklerini ve kentsel sistem örüntülerini açıklamakta sınırlı kalmıştır. Kentin ağ yapısını oluşturan işlevsel özelliklerinin yanı sıra mekânsal yapısını oluşturan morfolojik özelliklerinin tespit edilmesi, kentsel sistemlerin bütüncül olarak ele alınması açısından önemli ve gerekli görülmektedir.

Yer-Sis çalışmasında, İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyükşehirlerde, mahallelerden, sokaklardan ve yapılardan oluşan, kentin farklı ihtiyaçlarına karşılık gelen ve mekânsal olarak birbirinden ayrılması pek mümkün olmayan alanlar “yerleşim”ler olarak tanımlanmıştır. Fiziki karşılığı kent lekesi veya kent makroformu olan yerleşim, birlikte işleyen bir bütün olarak tarif edilmektedir. Bu birlikte işleyen kent makrofomunun sınırları ise, idari sınır olan ilçe sınırlarına göre belirlenmiştir. Aynı zamanda kentsel hizmet merkezleri ve etki alanlarının sınırlarının belirlenmesinde de idari sınırlar esas alınmıştır. Sınırları tanımlamada idari kriterlerin kullanımı kolaydır; ancak gerçekte, şehir merkezleri çoğunlukla düzensiz çokgenlerdir (Yang vd. 2021). Kentleşme süreçleri ise artık şehrin sınırlarını aşmakta ve çevresel süreçlerle iç içe geçmektedir (Brenner, 2014: 17). Günümüzde, kentsel süreçlerin idari sınırları aştığı ve bu sınırların bulanıklaştığı görülmektedir. Büyükşehirlerde merkez kademelerinin idari sınırlara göre tanımlanması, işlevsel ilişkilerin oluşturduğu idari sınırların ötesindeki birlikte çalışan sistemleri göz ardı etmektedir.

Kentsel hizmet merkezlerinin belirlenmesinde ele alınan ilçelerden büyükşehirlerde birbirine yakın olanların tek bir yerleşim olarak analize dâhil edilmesi, bu ilçelerin benzer niteliklere sahip olduğu ve birlikte işledikleri kabulünü beraberinde getirmektedir. Örneğin; Ankara ilinde Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Gölbaşı, Keçiören, Mamak, Pursaklar, Sincan

ve Yenimahalle ilçeleri tek bir yerleşim olarak kabul edilmiştir; ancak bu yaklaşım kent lekesi/makroformu içerisinde sadece coğrafi olarak yakın olmaları sebebiyle tek bir yerleşim olarak kabul edilen ilçelerin farklı kentsel örüntülerini ve farklı kentsel ağ ilişkilerini göz ardı etmektedir.

Türkiye bütünündeki mekânsal yerleşim sisteminin yeniden yorumlanması amacıyla Kalkınma Bakanlığı tarafından yürütülen Yer-Sis çalışmasının, kent makroformu/lekesi içerisindeki örüntüleri ve ağ ilişkilerini açıklamaması, kent makroformu/lekesi içindeki yerleşimlere yönelik analizlerin sonraki aşamalara bırakılmış olması, mekânsal örüntülerin belirlenmesinde morfolojik özelliklerin analiz edilmemesi açısından günümüzün yerleşim sistemi örüntülerini açıklamakta eksik kalan ve tamamlanması gereken yönleri olduğu tespit edilmiştir.

### **2.3. Bölüm Değerlendirmesi ve Mekânsal Örgütlenme Üzerine Çıkarımlar**

Kent sisteminin mekânsal yapısının ve ilişkisel ağların incelenmesi kent planlama, bölge planlama ve ekonomik coğrafya gibi alanlarda önem taşımaktadır. Christaller ve Lösch'ün merkezi yer kuramı 1960'larda kentsel sistem araştırmalarının önemli bir bileşeni haline gelmiş olsa da bu araştırmalara olan ilgi 1980'li yıllarla birlikte azalmaya başlamıştır. Merkezi yer kuramının popülaritesini kaybetmesinin temel nedenlerinden biri; hiyerarşi gibi temel aldığı yaklaşımın mekânsal gerçekliği açıklamada yaşadığı zorluklardır. Merkezi yer kuramının, firmaların mekânsal örüntüsünün açıklanmasına dair önemli katkılar sunmasına rağmen, statik perspektifi ve kentsel hareketliliğin önemli boyutlarını ele almaması onun yerleşim sistemi mekânsal örgütlenmesinin genel bir kuramı olarak kullanımını zayıflatmaktadır.

Merkezi yer kuramının eksikliklerine cevap olarak ortaya çıkan ağ yaklaşımı, işlevsel düğümler olarak ele alınan farklı yerleşimler arasındaki mekânsal bağlantıları aramaktadır. İşlevsel çok merkezlilik, bir kentsel bölgeyi, birbirleriyle işlevsel olarak bağlantılı bir yer ağı olarak tanımlar (Green, 2007; Parr, 2004). Mekânsal örgütlenmede ağ yaklaşımına götüren çok merkezlilik, kentsel coğrafyada çok yönlü ve bulanık kavramlara sahiptir. Temelde, bir bölge kentte birden fazla merkezin varlığına işaret etmektedir. Çok merkezli bir morfolojik görünüm, belirli bir alandaki nesnelerin dağılımını ifade eder ve merkezler, bu nesnelerin önemli mekânsal yoğunlukları olarak kabul edilir (Champion, 2001; Davoudi,

2003; Taubenböck vd., 2017). Ağ kuramı merkezi yer kuramının eksik kalan kabullerini geliştirmenin yanı sıra kentler arasındaki işlevsel ilişkileri tanımlamada belirleyici olsa da morfolojik örüntüler hakkında açıklayıcı bir yöntem sunmamaktadır.

Akademik ve uygulamalı çalışmalar, merkezi yer modelini bir ağ modeliyle değiştirmek yerine her iki model arasında bağlantı kuran modellerin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Merkezi yer modeli endüstriyel ekonomiler için uygun görülürken ağ modelinin daha çok hizmet sektörünün hâkim olduğu ekonomiler için uygulanabilir olduğu anlaşılmıştır (Camagni ve Salone 1993; Batten 1995; Van der Knaap 2002). Günümüzde kentsel sistemler, karmaşık sistemler olarak ele alındığında yerleşim sistemi örüntülerini çok boyutlu bir yaklaşımla açıklayan yenilikçi hibrit bir yöntemle ihtiyaç olduğu görülmektedir.

### **3. YERLEŞİM SİSTEMİ ÖRÜNTÜLERİNİN TANIMLANMASI ÜZERİNE YÖNTEMSSEL BİR YAKLAŞIM**

Günümüz kentsel sistemlerinde merkezi yer kuramının hala işlerliğini ve geçerliliğini koruduğu belirli hizmet alanlarının bulunması ve ağlar kuramının temsil biçimlerinin farklılaşması, bir taraftan farklı kentsel ilişkiler ortaya koyarken, bir taraftan da doğrudan merkezi yer kuramının işlerliğine referans verecek yapıya dönüşmesi yerleşim sistemi örüntülerinin çok boyutlu yapısını ortaya koyar. Bu durumda, günümüz mekânsal örgütlenmesi sadece merkezi yer kuramı veya sadece ağlar kuramının ilkeleriyle tam olarak açıklanamamakta, yapılan açıklamalar yetersiz kalmaktadır. Tez çalışmasında, kentsel sistemlerin çok boyutluluğu morfolojik örüntü ve ağ sistemi analizleri ile değerlendirilmektedir.

#### **3.1. Araştırma Alanının Tanımlanması**

Tez kapsamında başkent olması sebebiyle çok çeşitli sektörleri ve ilişkileri bünyesinde barındıran Ankara ili merkez ilçeleri olarak da tanımlanan ve kentsel nüfusun önemli bir kesimini içeren (%89.7) Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Gölbaşı, Keçiören, Mamak, Pirsaklar, Sincan, Yenimahalle ilçeleri çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı, ilçe merkezlerini kapsayacak şekilde doğal ve yapay eşikler kullanılarak sınırlandırılmıştır. Çalışma alanındaki bu ilçelerin bütünü, Yer-Sis araştırmasında “kent lekesi olarak bir bütünlüğe sahip olan Ankara kentsel yerleşimi” olarak tanımlanmış, bu bütünün fiziki karşılığı kent lekesi veya kent makroformu olarak adlandırılmıştır. Bu yerleşimlerin içerisindeki kentsel mekânsal örüntülerin belirlenmesi Yer-Sis çalışmasının ileri aşamalarına bırakılmıştır.

Ankara ili hizmetler sektörü, istihdamda sektörel uzmanlaşma katsayısına (LQ) göre Türkiye’deki bölgeler arasında ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 3.1). Bu durum Ankara’nın hizmet faaliyet çeşitliliği açısından uygun bir çalışma alanı olduğunu destekler niteliktedir.



Çizelge 3.2. Türkiye kentlerinin kent merkezi nüfusuna göre sıralaması (Aydın ve Kahraman, 2019)

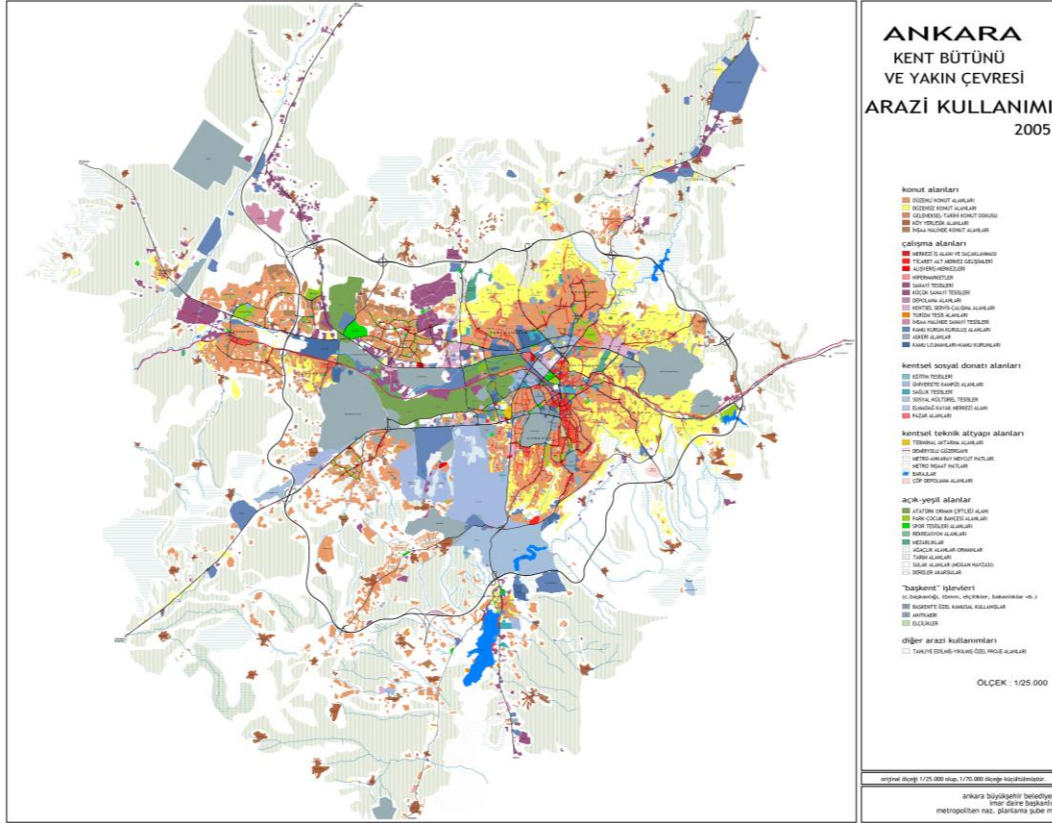
| İl Adı     | Nüfus   | İl Adı     | Nüfus    | İl Adı    | Nüfus  |
|------------|---------|------------|----------|-----------|--------|
| Adana      | 1717473 | Giresun    | 107075   | Samsun    | 637907 |
| Adıyaman   | 238711  | Gümüşhane  | 41604    | Siirt     | 145144 |
| Afyon      | 217805  | Hakkari    | 57961    | Sinop     | 40667  |
| Ağrı       | 116359  | Hatay      | 360652   | Sivas     | 329082 |
| Amasya     | 101813  | Isparta    | 214096   | Tekirdağ  | 187727 |
| Ankara     | 4573460 | Mersin     | 970626   | Tokat     | 142724 |
| Antalya    | 1197948 | İstanbul   | 13865524 | Trabzon   | 320225 |
| Artvin     | 25838   | İzmir      | 2891492  | Tunceli   | 34461  |
| Aydın      | 277466  | Kars       | 81742    | Şanlıurfa | 865769 |
| Balıkesir  | 347072  | Kastamonu  | 110908   | Uşak      | 201634 |
| Bilecik    | 59163   | Kayseri    | 1074325  | Van       | 554002 |
| Bingöl     | 108267  | Kırklareli | 73517    | Yozgat    | 81920  |
| Bitlis     | 48948   | Kırşehir   | 125807   | Zonguldak | 108074 |
| Bolu       | 153783  | Kocaeli    | 979795   | Aksaray   | 202336 |
| Burdur     | 78331   | Konya      | 1250482  | Bayburt   | 37946  |
| Bursa      | 1947266 | Kütahya    | 236096   | Karaman   | 152256 |
| Çanakkale  | 122613  | Malatya    | 595935   | Kırıkkale | 190486 |
| Çankırı    | 79091   | Manisa     | 380368   | Batman    | 392738 |
| Çorum      | 250464  | K.maraş    | 603020   | Şırnak    | 63367  |
| Denizli    | 611341  | Mardin     | 156660   | Bartın    | 66091  |
| Diyarbakır | 1008848 | Muğla      | 105860   | Ardahan   | 19777  |
| Edirne     | 158369  | Muş        | 91126    | Iğdır     | 88476  |
| Elazığ     | 367156  | Nevşehir   | 98713    | Yalova    | 112183 |
| Erzincan   | 95596   | Niğde      | 132155   | Karabük   | 117557 |
| Erzurum    | 358820  | Ordu       | 202310   | Kilis     | 93266  |
| Eskişehir  | 717076  | Rize       | 111212   | Osmaniye  | 223987 |
| Gaziantep  | 1597324 | Sakarya    | 511102   | Düzce     | 153504 |

2017 yılında iller bazında yapılan “İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması”nda Ankara’nın İstanbul’dan sonra en gelişmiş şehir olması, kentin sosyo-ekonomik faaliyetler açısından da zengin bir çalışma alanı olduğunu göstermektedir. İstanbul’un işlevsel ilişkiler açısından kent bölge olarak tanımlanan alan büyüklüğü ve bununla beraber veri büyüklüğü, veriye erişim, kentsel gelişimi ve nüfus artışı yönündeki dinamikler açısından uç bir örnek olduğu düşünüldüğünde, belirli bir zaman kısıtı olan tez süresince alana hâkim olma ve yorumlama süreçlerinin zorlaşmasına sebep olmaktadır. Bu ve yukarıda belirtilen sebepler ışığında çalışma alanı olarak İstanbul’dan sonra ikinci sırada gelen Ankara ili seçilmiştir.

Çalışma alanı olarak Ankara ilinde belirlenen ilçelerin, 2022 yılında ilçeler bazında yapılan “İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması”nda 1. ve 2. Kademelerde yer almaları çalışma alanı içerisinde çeşitlilik sunmaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017: 38; T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022: 34). Ankara ilinin sosyo-ekonomik ve mekânsal çeşitlilik sunması mekânsal örgütlenmenin araştırılmasında uygun bir çalışma alanı olduğunu desteklemektedir.

Çalışma alanının arazi kullanım yapısına göre ticari işlevler Çankaya ilçesinde ana ulaşım hatları üzerinde yoğunlaşırken, konut alanları kuzey, doğu ve batı akslarında yağ lekesi şeklinde gelişim göstermiştir. Genel olarak, kentin kuzey aksında yüksek nüfusa sahip konut alanları, batı aksında organize sanayi alanları, güneybatı aksında üniversite kampüs alanları

ve kamu kurumları yer almaktadır. Kentin farklı ilçelerinin çeşitli kentsel işlevlerle karakterize yapısı mekânsal örgütlenmenin araştırılmasında işlevsel çeşitlilik sunmaktadır.

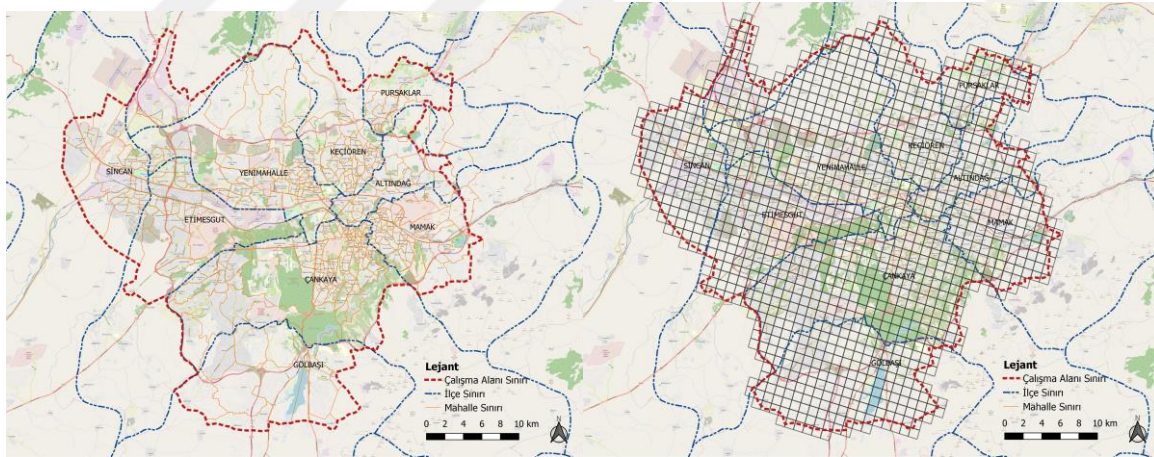


Harita 3.2. Çalışma alanı arazi kullanımı

Çalışmada morfolojik yapı özellikleri ile ilişkisel ağların ürettiği yerleşim örüntüsünün ve merkezilik düzeyinin tespit edilmesi için farklı mekânsal göstergeleri birlikte değerlendirebilen CBS programı kullanılmıştır.

Mekânsal örüntüler, çalışma kapsamında ızgaralara (grid) dayalı olarak analiz edilmiştir. Bu analizde, vektör tabanlı (vector-based) yol ağı verilerini, çokgen tabanlı (polygon-based) bina sistemi verileri ve nokta tabanlı (point-based) arazi kullanım verileri ile hareketlilik verilerini entegre etmek için analitik birim olarak ızgara sistemi kullanılmıştır. Izgara sistem, morfolojik elemanların ve günlük hareketlilik verilerinin karşılaştırılmasını sağlaması, point verilerin yoğunluk, çeşitlilik analizlerinin yapılmasında verilerin eşit olarak temsil edilmesini sağlaması, analizinin ve yorumlanmasının kolay olması açısından uygun geometri olarak değerlendirilmektedir. Bu noktada seçilen ızgara hücrenin büyüklüğü bilgi veremeyecek düzeyde küçük kalabilmekte veya mekândaki küçük değişiklikleri genelleyecek düzeyde büyük kalabilmektedir. Değiştirilebilir birim alan problemi olarak

adlandırılan bu problemin düzeltilebilmesi için farklı ızgara hücre büyüklüklerinin CBS ortamında Eurostat'ın ızgara birimleri ile karşılaştırılmasının ardından açıklayıcı veri analizleri (quadrat count, Kernel density ve average nearest neighbor) yapılarak uygun ızgara birim büyüklüğü  $1\text{km}^2$  olarak belirlenmiştir. Kuadrat sayma (quadrat count) analizinin yapılması verilerin farklı ızgara hücre büyüklüklerine göre yoğunlaşma eğilimlerini gösterirken, Kernel yoğunluk (Kernel density) analizi ızgara birimler olmadan belirli yarıçaplar tanımlanarak kümelenme düzeylerini ortaya koymaktadır. Ortalama en yakın komşuluk (average nearest neighbor) analizi, verilerin birbirlerine ortalama mesafelerini hesaplayarak Kernel yoğunluk analizinde yarıçapların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle önce ortalama en yakın komşuluk analizinde ortalama mesafe aralıklarına göre yarıçaplar belirlenerek Kernel yoğunluk analizi yapılmış, ardından farklı ızgara birim büyüklüklerine göre kuadrat sayma analizi yapılarak, bu iki analiz sonucundaki mekânsal kümelenmeler karşılaştırılmıştır. İki analiz sonucunda en yakın mekânsal dağılımı ortaya koyan ızgara birim büyüklüğünün  $1\text{km}^2$  olduğu görülmüştür (Ek-1). Çalışmanın evrensel temsili için alan sınırı  $1\text{km}^2$  büyüklüğündeki Eurostat gridleriyle birleştirilerek toplamda 1332 adet grid hücre elde edilmiştir (Harita 3.3).

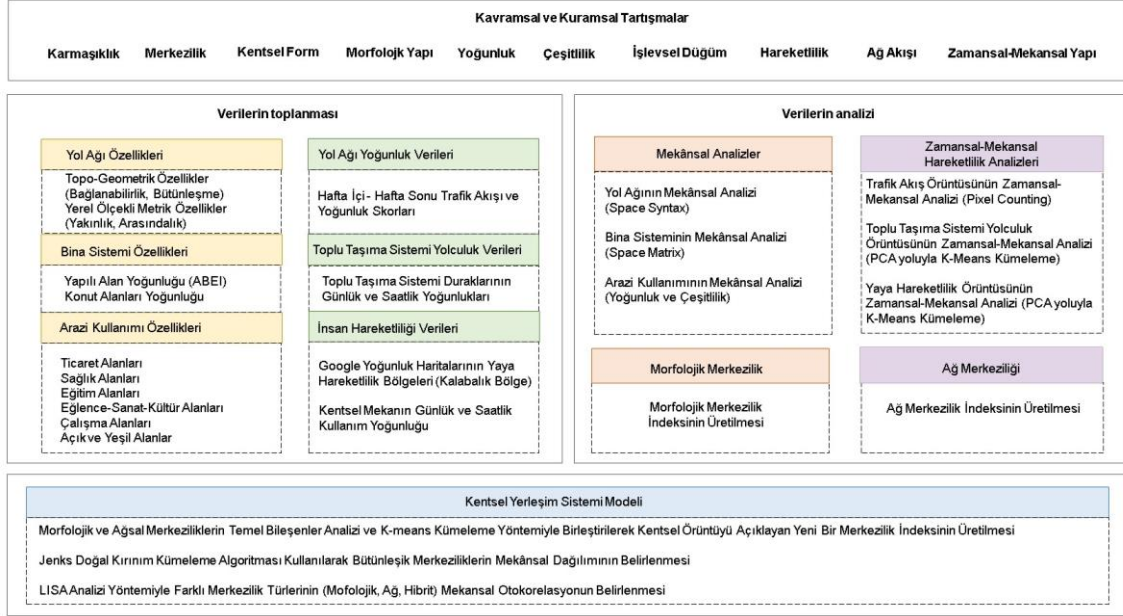


Harita 3.3. Çalışma alanı sınırının  $1\text{km}^2$  büyüklüğündeki Eurostat gridleriyle birleşimi

### 3.2. Yöntemsel Bir Yaklaşım Önerisi

Tez çalışmasında uygulanan yöntem üç temel aşamada kurgulanmıştır (Şekil 3.1). İlk aşamada akademik literatürde taranan kuramsal ve uygulamalı çalışmalar ışığında morfolojik yapı ve ağ sistemine ilişkin ortak göstergeler ve temel morfolojik-işlevsel boyutlar tanımlanmıştır. Bu göstergelere ilişkin merkezi ve yerel kurum, kuruluşlardan,

resmi web sitelerinden, dijital veri tabanlarından morfolojik ve hareketlilik verileri elde edilmiştir. Morfolojik yapıya ait yol ağı, bina sistemi, arazi kullanım verileri toplanmıştır. Ağ yapısına ait yol ağı verileri (road network data), toplu taşıma sistemi yolculuk verileri (public transportation travel data) ve insan hareketliliği verileri (human mobility data) elde edilmiştir.



Şekil 3.1. Araştırma yöntemi aşamaları

İkinci aşama, elde edilen bu verilerin CBS kullanılarak haritalandırılması ve mekânsal analiz yöntemleriyle morfolojik yapı göstergelerinden (Space Syntax, Space matrix, Yoğunluk ve Entropi) her bir verinin ortaya çıkardığı kentsel örüntülerin ve mekânsal-zamansal analizler yoluyla ağ sistemi örüntülerinin belirlenmesi, çeşitli istatistiksel hesaplama yöntemleriyle (korelasyon, mekânsal otokorelasyon) yorumlanmasıdır.

Morfolojik yapı analiz yöntemlerinden Space Syntax, yol ağının erişilebilirliği ve merkeziliği bağlamında yürünebilirlik ve sürüş mesafesini esas alan farklı mesafe eşiklerine göre sokak sistemini analiz etmeyi sağlaması sebebiyle; space matrix, bina sisteminin farklı parametrelerini (bina tipolojisi, konut oranı, yapılı alan yoğunluğu vb.) birlikte değerlendirmeyi sağlayarak merkezi bölgelerin tespit edilmesini sağlaması sebebiyle; entropi ise, farklı arazi kullanımı türlerinin sağladığı işlevsel çeşitliliği tespit etmesi sebebiyle kullanılmıştır.

Kentsel ağ sistemine ait günlük yolculuk verilerinin toplandığı Google günlük-saatlik hareketlilik verileri, Yandex trafik akış verileri, toplu taşıma sistemi yolculuk verileri birleştirilerek ağ örüntüsü analizleri yapılmıştır. Ağ örüntülerinin analiz edilmesinde, örüntü ve küme analiz yöntemleri yerleşimlerin hareketlilik yoğunluğuna göre mekânsal-zamansal yapısının belirlenmesini ve merkez alanların tespit edilmesini sağlaması sebebiyle; korelasyon analizi, ağ yapısının morfolojik unsurlardan özellikle arazi kullanım türüyle ilişkisinin sorgulanması sebebiyle; mekânsal otokorelasyon analizi, coğrafi mekânda komşu hücreler arasındaki bağımlılık derecesini, yerleşimlerin ve komşularının ortalamaya kıyasla nasıl bir dağılım gösterdiğini belirlemesi sebebiyle kullanılmıştır.

Üçüncü aşama, morfolojik yapı özellikleri ve ağ özelliklerini birleştiren hibrit bir kentsel modelin üretilmesi ve modelin değerlendirme aşamasıdır. Bu aşamada üretilen yerleşim sistemi modeli kullanılarak Ankara ili merkez ilçeleri olarak da tanımlanan kentsel alanların içerisindeki yerleşimlerin mekânsal örüntüsü değerlendirilmekte, yerleşim sistemlerinin değişen yapısı yorumlanmaktadır. Hem morfolojik hem de ağ yapısının ortaya çıkardığı örüntülerin mekânsal planlamaya nasıl bir girdi sağlayabileceği tartışmaya açılmaktadır.

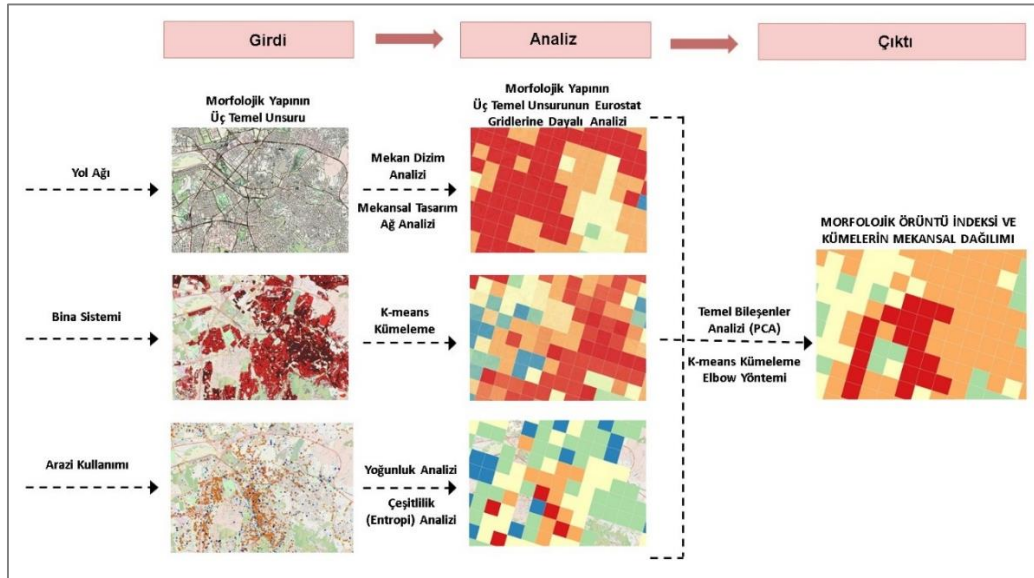
### **3.2.1. Morfolojik örüntü analizleri**

Kent planlama ve kentsel tasarım uygulamalarını geliştirmek için kentsel morfolojik araçların tanımlanması önemlidir. Kentsel morfoloji “kentsel formun fiziksel dokusunun ve onu şekillendiren sürecin incelenmesi” (Larkham ve Jones, 1991: 55) olarak tanımlanan bir araştırma alanıdır. Son yıllarda kantitatif morfolojik analiz araçlarındaki gelişmeler, kentsel formların en temel özelliklerini tanımlamanın, sınıflandırmanın ve temsil etmenin yeni yollarını sağlamıştır (Conzen, 2010; Moudon, 1997; Marcus, 2010; Stanilov, 2010).

Conzen (1969), kentsel biçimi oluşturan üç bileşen tanımlamıştır. Bunlar, (1) sokak sistemi, (2) bina sistemi, (3) arazi kullanım örüntüsüdür. Sokaklar, binalar, parseller ve yapı adaları bir araya gelerek şehir haritasını oluşturur. Şehir haritası iki boyutlu olarak izlenebilirken; bina dokusu, kentsel örüntünün üç boyutlu biçimlenimini oluşturmaktadır. Şehir haritası (town plan), bina dokusu (pattern of building forms) ve arazi kullanımının (pattern of urban land use) bir araya gelerek oluşturdukları karmaşık düzen, kent içinde birbirine benzer morfolojik birimleri ve farklı karakter bölgelerini oluşturmaktadır. Üç biçim bileşeninden ortaya çıkan morfolojik bölgeler birbirine bağlı bir şekilde kenti üretmektedir (Ünlü, 2018).

Kentte üretilen yolculukların çıkış ve varış noktaları arasındaki çekim gücünü gösteren sokak sistemi örüntüsü, merkezilik seviyesi hakkında önemli ipuçları vermektedir (Yücesoy ve Özüduru, 2018). Bina yoğunlukları ve tiplerinin bir araya gelerek oluşturduğu bina sistemi ise merkeziliğin oluşmasında etkili diğer morfolojik göstergedir. Nüfus ve kent büyüklüğünün doğrusal dağılımı, dengeli bir kentsel yapının ve/veya gelişmiş bir ekonominin göstergesi kabul edilmektedir (Zeyneloğlu ve Dökmeci, 2010). Geçmişte sadece nüfus büyüklüğünün dağılımına göre yorumlanan merkezilikler, günümüz kentlerinin durumunu açıklamak veya tahmin etmek için yeterli bilgi sağlamamaktadır. Bu nedenle kentsel yapıyı çevrenin farklı morfolojik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi kentsel sistemleri anlamak için önemlidir (Arcaute vd., 2015). Yerleşim sistemlerindeki kentsel faaliyetlerin çeşitliliği ise bir bölgenin çekim gücünün artmasında dolayısıyla merkeziliğin oluşmasında önemli olan bir diğer etkidir (Ye vd., 2017).

Morfolojik verilerin mekânsal analizi; yol ağı, bina sistemi ve arazi kullanımı olmak üzere üç temel kentsel form göstergesinin farklı yöntemlerle analiz edilmesi, ardından üç göstergenin birleştirilmesi ve morfolojik mekânsal örüntünün çıktı olarak elde edilmesiyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Morfolojik yapının analiz aşamaları

- (1) Sokak ağlarının mekânsal analizi için, Mekân Dizim Analizi (Space Syntax) ve mekân dizim yönteminin geliştirilmiş bir çeşidi olan ve CBS programlarına eklemlenebilen Mekânsal Tasarım Ağ Analizi (Spatial Design Network Analysis | sDNA) yöntemi

kullanılmıştır. Bu analizler, yol ağı özelinde topolojik ve metrik indeksler geliştirmeyi sağlamaktadır. Sokak ağına ait veriler; Karayolları Genel Müdürlüğü'nün Atlas uygulamasından ve Open Street Map (OSM) veri tabanından elde edilmiştir. Atlas verilerinin Karayolları Genel Müdürlüğü'nün resmi sayfasında yayınlanarak erişime sunulması, OSM verilerinin güncel konum verileri olması açısından önemli avantajları bulunmaktadır. Atlas ve OSM verileri de değişken verilerdir. Bu sebeple çalışma kapsamında elde edilen verilerin güvenilirliğini sağlamak üzere farklı veri kaynaklarının (Google Maps, Google Streets ve Esri Streets) altlık haritaları kullanılarak CBS ortamında karşılaştırma işlemi yapılmış ve kontrolü sağlanmıştır. Sokak ağının analizleri taşıt ve yaya erişimi üzerine kurgulanmıştır. Taşıt sürüş ve yaya yürüyüş mesafe eşiklerine göre yol ağlarının erişilebilirlik ve yakınlık indeksleri analiz edilmiştir.

- (2) Bina sistemi analizleri, yapıli alan yoğunluğu ve konut alanları analizinden oluşmaktadır. Yapılı alan yoğunluğu, Landsat 8 OLI'nin yansıtıcı bantları kullanılarak Otomatik Yerleşik Alan Çıkarma İndeksi (ABEI) hesaplama yöntemiyle belirlenmiştir. Konut alanları analizinde ise, ızgara hücredeki konut doluluk oranı, konut yapıli alan yoğunluğu, kat sayısı ve bina tipolojisi göstergelerine göre konut yoğunluk kümeleri belirlenmiştir. Konut alanlarının yapıli alan yoğunluğu ve kat sayıları Corine veritabanından elde edilmiş, CBS aracılığıyla Google Earth uydu görüntüsünün üzerine eklenip Street View özelliği kullanılarak kontrolü sağlanmış ve güncellenmiştir. Bina tipolojisi müstakil ev dokusu, avlu blok dokusu, ayırık nizam konut dokusu, nokta blok konut dokusu, bitişik nizam konut dokusu, çizgi blok konut dokusu olmak üzere 6 gruba ayrılarak analiz edilmiştir. Konut alanlarına ait göstergeleri birleştirmek için k-ortalama kümeleme algoritması kullanılmış, farklı kümelerin konut yoğunluk örüntüleri ortaya konulmuştur.
- (3) Morfolojik analizin üçüncü bileşeni olan arazi kullanım çeşitlilik derecesini ölçmek için temeli enformasyon teorisine (Shannon, 1948) dayanan, faaliyetlerdeki düzensizlik miktarını tanımlayan nicel bir indeks olan entropi hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz için ticaret alanları, sağlık hizmeti alanları, eğitim alanları, eğlence-sanat-kültür alanları, çalışma alanları, açık ve yeşil alanlar olmak üzere 6 farklı işlev türü tanımlanmıştır. Arazi kullanım verisi, arazi kullanım türüne göre Open Street Map veri tabanından nokta veri olarak çekilmiştir. Ancak veritabanında yer alan verilerin eksik veya hatalı olması probleminin ortadan kaldırılması için resmi kurum sitelerindeki okul, sağlık, tiyatro vb. alanlara ilişkin kurum listelerinden yararlanarak Google Maps veritabanına her bir arazi kullanım türüne göre konum verisi işlenmiştir. Elde edilen

veriler shapefile formatında kaydedilerek CBS programında birleştirilmiş, Google Earth altlık haritası üzerinde açılarak verilerin iki aşamalı kontrolü sağlanmıştır. Açık ve yeşil alan verileri ise aktif yeşil alanlar ile kent bütünündeki bitki yoğunluğu analizlerinden oluşmaktadır. Aktif yeşil alan verileri Open Street Map'ten ve Ankara Büyükşehir Belediyesinin Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığının resmi sitesinden elde edilerek CBS'ye aktarılmıştır. Bitki yoğunluğu analizi ise, Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) sınıflandırma analizi yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntem için USGS Earth Explorer veri tabanından Landsat 8 OLI uydu görüntüleri elde edilmiştir.

### Yol ağı analizleri

Kentsel sistemlerde insan hareket örüntülerinin belirlenmesi için yol ağının geometrik ve topolojik özelliklerini ifade eden ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Hillier ve Iida, 2005). Kent planlama ve tasarımda iyi işleyen yapıları çevre üretmek için öncelikle mekânın (space) sonra biçimin (form) belirlenmesi önemlidir. Bu da şehrin çapası olan yol ağının belirlenmesi anlamına gelir (Seamon, 1994).

Mekânsal algı açısından bakıldığında, insanın bir mekân sistemi hakkındaki algısı küçük ölçekli mekânlara dayalıdır. Mekân sisteminin bütününe ilişkin bir anlayış, yerel bilgilerin bütünleştirilmesiyle oluşur. Bu nedenle, küçük ölçekli alanlar, büyük ölçekli bir alanı algılamamanın temeli olarak kabul edilmektedir. Kentsel mekân çalışmalarında ulaşım ağının, büyük ölçekli kentsel mekânsal sistemi çok sayıda küçük ölçekli algılanabilir temel birimlere böldüğü varsayılmaktadır (Xia vd., 2019).

Mekân dizimi, yol ağının her parçasının ağ içindeki morfolojik açıdan konumunu, kurduğu ilişkiyi ve geometrisini belirlemek için analitik araç sağlayan bir analiz yöntemidir. Mekân dizimi teorisine göre fiziksel nesneler mekâna yerleştirildikçe mekânda farklı yapı türleri ortaya çıkmaktadır (Hillier vd., 2009). Yol ağının mekân dizimi analizleri, segment haritasından türetilen bağlantı grafikleri sayesinde morfolojik değişkenler hesaplayarak kentsel mekânları nicel olarak tanımlamayı sağlar (Hillier, 2007).

Mekân diziminde en sık kullanılan yöntem eksenel analizdir (axial analysis), bunu açısal bölüt analizi (angular segment analysis) (Turner, 2007) ve öznel noktası yöntemi (feature

point method) takip eder. Akademik yazında yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda açısız bölüt analizlerinin diğér yöntemlerden daha avantajlı sonuçlar verdiğı bilinmektedir (Pafka vd., 2020). Tez çalışmasında, yol ağıının farklı bölümlerinin özelliklerini yansıtabilen açısız bölüt analizi yöntemi seçilmiştir.

Hillier vd. (2009), kentsel ağların konfigürasyon özelliklerinin "yerel" ölçekte metrik ve "küresel" ölçekte topo-geometrik olmak üzere iki ölçekten oluştuğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada, yol ağıının küresel ölçekte topo-geometrik ve yerel ölçekte belirlenen farklı mesafe eşiklerine (yaya yürüyüş ve araç sürüş mesafelerine) göre metrik analizleri yapılmıştır.

Hillier ve Hanson (1984: 82, 142) tarafından geliştirilen mekân dizim analizleri kent formunun, bütünleşme (integration), tercih (choice) ve bağlanabilirlik (connectivity) parametreleri kullanılarak tanımlanmasını sağlamaktadır.

Mekân dizim analizindeki parametreler: "harekete doğru (to movement)" ve "hareket boyunca (through movement)" arasındaki ayrımı dikkate almaktadır. Bu ayrım yol ağıındaki diğér sokaklar için merkezi olan sokaklar (to movement veya bütünleşme) ile ağıdaki diğér sokaklar arasında en kısa yol olarak en çok seçilen sokaklar (through movement veya seçim) olarak tanımlanmaktadır (Hillier ve Vaughan, 2007).

Mekân dizimindeki bu ayrımın, ağ teorisindeki yakınlık merkeziliğı (closeness centrality) ve arasındalık merkeziliğı (betweenness centrality) olarak bilinen merkezilik ölçülerine karşılık geldiğı kabul edilmektedir; ancak mekân dizimi söyleminde ilki bütünleşme (integration), ikincisi ise seçim (choice) olarak adlandırılmaktadır (Pafka vd., 2020 ; Li vd., 2016). Bütünleşme ve seçim indeksleri, bir mekânın mekânsal özelliğinin diğér tüm mekânlarla ilişkili olduğunu gösteren küresel düzeyde (tüm eksenel harita dikkate alınarak) hesaplanabilir. Öte yandan bu indeksler, farklı mesafe yarıçaplarına göre yerel düzeyde de hesaplanabilmektedir (Lerman vd., 2014).

Kent planlama ve tasarım için yapılı çevrenin nicelleştirilmesinde kullanılan bir diğér araç ise Mekânsal Tasarım Ağ Analizidir (sDNA). sDNA, ağ bağlantılarını kullanarak kente dair farklı mesafe yarıçaplarına göre tanımlanan yaya ve araç erişilebilirliğı ile merkezilik (yakınlık-closeness, aradalık- betweenness centrality) analizlerinin yapılmasını sağlar.

sDNA'nın sunduğu parametreler, doğrudan ağ teorisindeki yakınlık ve aradalık merkeziliği için indeks değerler üretmektedir.

Mekân Dizim Analizi (Space Syntax) ile Mekânsal Tasarım Ağ Analizi (sDNA) arasındaki en temel fark, yol ağının merkeziliğini tanımlamak için kullanılan yakınlık ve aradalık göstergelerini hesaplama yöntemlerinden kaynaklanmaktadır. Mekân Dizim analizinin bütünleşme ölçümünün yakınlığı, seçim ölçümünün ise aradılığı temsil ettiği yaygın olarak kullanılmaktadır (Li vd., 2016; Pafka vd., 2020). Mekânsal Tasarım Ağ Analizi ise doğrudan yakınlık ve aradalık merkeziliği tanımlarını kullanmakta ve bu parametrelere yönelik indeksler üretmektedir. Mekân Dizim Analizi ile Mekânsal Tasarım Ağ Analizinin temsil ettiği merkezilik türleri benzer görünse de iki modülün kullandığı algoritmalar ve arkasında yatan formülasyonlar farklılaşmaktadır.

#### Yol ağının bütünleşme (Space Syntax) ve yakınlık indeksi (sDNA) analizleri

Bütünleşme, yol ağı gibi eksenel hatlarda görülen doğrudan akışlar ve derinlik parametrelerinden elde edilmektedir. Sisteme ait bölümün bir elemana doğrudan bağlantı sayısını verir (Özkök ve Yenen, 2022). Küresel bütünleşme kentte bir varlığın yön değişikliklerinin (sözdizimsel adımlar) toplam sayısını dikkate alarak, bir sokağın kentsel sistemdeki diğer tüm sokaklara erişilebilirlik derecesini tahmin eder (Hillier ve Hanson, 1984: 82, 142). Buna karşılık, yerel bütünleşme analizi, verilen yön değişikliği sayısı açısından yapıları bir çevrede her eksen hattının komşu caddelere nasıl bağlandığını hesaplar. Yerel bütünleşme analizi, küresel bütünleşme analizinde ortaya çıkan kenar etkisinin azaltılmasına katkıda bulunur (Yamu vd., 2021).

Bütünleşme analizine göre herhangi bir eksenden ağdaki diğer eksenlere hareket ederken karşılaşılan eksen veya parça ne kadar az olursa, bütünleşmesi/entegrasyonu ve dolayısıyla erişilebilirliği o kadar yüksek olur (Hillier ve Vaughan, 2007). Kısacası, bir kentsel alanda eksen hattı ne kadar uzunsa, diğer hatlarla bağlantısı ve bütünleşme değeri o kadar yüksektir ve tersi de geçerlidir (Yamu vd., 2021; Koohsari vd., 2019). Doğrudan akış sağlanan hatların yoğun olduğu mekânlar “bütünleşik” kabul edilirken, daha az yoğun olanlar “ayrışmış” olarak adlandırılmaktadır. Bütünleşik mekânlar bir yerdeki insanları biraraya getirme potansiyeli taşımakta ve değerin en yüksek olduğu mekânlar kentsel akış içinde geçiş alanı olma özelliği göstermektedir (Al Sayed vd., 2014:75).

Bütünleşme analiz yöntemine geçmeden önce derinlik değerini (depth value) anlamak gerekir (Eş. 3.1). Space Syntax'ta iki yer (space) arasındaki mesafe metrik mesafe ile değil, derinlik değeri (depth value) ile ölçülür. Derinlik, alanlar arasındaki minimum yer sayısıdır. Bir alanın sistemdeki diğer bütün alanlara olan derinliklerinin toplamı, toplam derinliği verir. Ortalama derinlik, i alanından diğer tüm alanlara olan ortalama değeridir, sistemde belirtilen alana ulaşmanın kolaylığını yansıtır (Hillier, 2007) ve alan erişilebilirliğinin önemli bir göstergesidir.

$$MD_i = \frac{TD_i}{n-1} = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n-1} \quad (3.1)$$

Formülde  $MD_i$  i alanının ortalama derinlik değerini,  $TD_i$  i alanının toplam derinlik değerini,  $d_{ij}$  i alanından j alanına giden en kısa yolu belirtir (Xia vd., 2019).

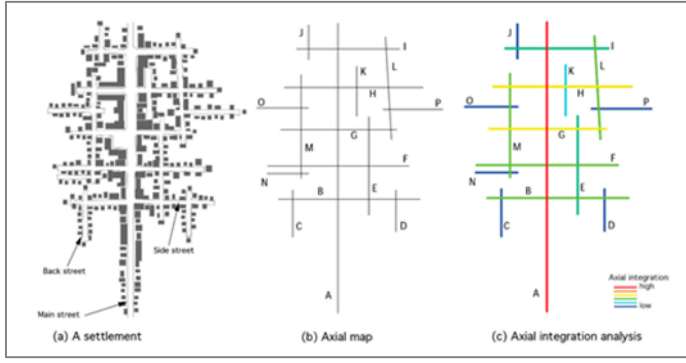
Bütünleşme/ Entegrasyon, i alanı ile sistemdeki diğer tüm alanlar arasındaki bağlantıların bir ölçüsüdür (Hillier, 2007) ve gerçek göreceli asimetrisinin (real relative asymmetry) (RRA) karşılığıdır. RRA, mekânsal yapının kendisini ve ortalama derinliğe dayalı olarak mekânsal yapının etkisini ortadan kaldırır. Formül Eş. 3.2'de verilmiştir:

$$RRA_i = \frac{2(MD_i - 1)}{(n-2) \times D_n},$$

$$D_n = \frac{2\{n[\log_2(\frac{n+2}{3}) - 1] + 1\}}{(n-1) \times (n-2)} \quad (3.2)$$

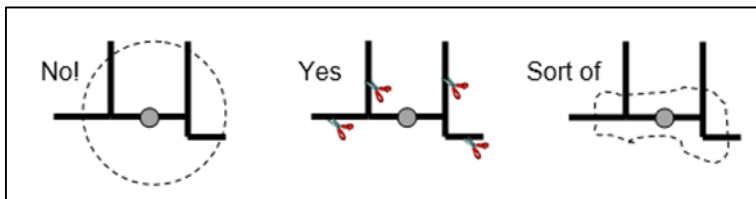
Formülde  $D_n$  bütünleşme ölçüsü için standartlaştırılmış değeri sağlamak için kullanılır,  $RRA_i$  i alanının RRA değerini temsil eder (Xia vd., 2019).

Bir yol ağının sırasıyla eksenel analizi ve bütünleşme analizi aşamaları Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Bütünleşme analizi aşamaları (Yamu vd., 2021)

Space Syntax'ta kullanılan bütünleşme göstergesi, sDNA'da yakınlık indeksine karşılık gelmektedir. sDNA analizini Space Syntax'tan ayıran fark, iki yer arasındaki mesafenin derinlik değeri yerine metrik mesafe (Cooper, 2018) ile ölçülmesidir. sDNA'da R yarıçapının (800 m, 5000 m yarıçapın) ne anlama geldiğinin anlaşılması önemlidir. Ağ analizindeki tipik bir varsayım, varlıkların yalnızca ağ üzerinden seyahat edebileceğidir: arabalar yollardan çıkamaz, balıklar kayaların arasından yüzemez vb. o linkten ağ üzerinden R mesafe gidilerek ulaşılabilir". Bir ağ yarıçapı bu nedenle bir daire ile ifade edilmemektedir. Aslında, orijinden kuş uçuşu gibi değişken bir mesafede ağ üzerinde bir dizi bağlantı kesme noktasıdır. Ancak bazıları, orijini çevreleyen bir tür titretilmiş damlayı görselleştirmeyi daha kolay bulmaktadır. Bu üçünün görselleştirmesi Şekil 3.4'te verilmiştir. (Cooper, 2018)



Şekil 3.4. Bir ağ yarıçapının ne olduğunu ve ne olmadığını gösteren şekil (Cooper, 2018)

Akademik literatürde yakınlık, genellikle 1/uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Ancak bunun üstel bir dağılım göstermesi nedeniyle istatistiksel olarak çalışılması zorlaşmaktadır. Bu soruna çözüm olarak alternatif bir yakınlık tanımı uzaklıktır. Bu nedenle sDNA yakınlığı ölçmek yerine uzaklığı ölçmektedir. Mean Distance, en yaygın yakınlık ölçülerinden biri olarak kullanılmaktadır. Her bir bağlantıdan x yarıçapındaki tüm olası varış noktalarına gitmenin zorluğunu ölçmektedir. Teknik olarak aslında yakınlık değil bir uzaklık biçimidir:

bu yalnızca büyük sayıların "yakın" yerine "uzak" anlamına geldiğini göstermektedir (Cooper, 2018).

Erişilebilirliğin göstergesi olan yakınlık indeksi yerine kullanılan Ortalama Açısal Uzaklık (MAD) değerinin düşük olması yarıçap içindeki daha düz yolları temsil etmektedir. İndeksin yüksek olduğu bağlantılarda daha çok kıvrımlı yol ağları bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda geleneksel dokunun yaygın olduğu bölgelerde veya engebeli alanlarda bu değer yükselmektedir (Yücesoy ve Özüduru, 2018). Ortalama Açısal Uzaklık Eş. 3.3'te formüle edilmiştir.

$$MAD = \frac{\sum_{y \in R_z} d_M^{(x,y)} W(y) P(y)}{\sum_{y \in R_z} W(y) P(y)} \quad (3.3)$$

Burada, M Bir jeodezik boyunca tanımlanan açısal mesafeyi,  $d_M(x,y)$  x başlangıç linkini ve y hedef linkini,  $P(y)$  yarıçap içindeki herhangi bir y bağlantısının oranını,  $W(y)$  bir y çizgisinin ağ ağırlığını temsil eder, varsayılan  $W(y)$  bire eşittir (Cooper, 2018).

#### Yol ağının seçim (Space Syntax) ve arasındalık indeksi (sDNA) analizleri

Seçim analizi, her bir eksenin o ağ içindeki tüm olası eksenler arasındaki en basit yol üzerinde olma derecesini ölçer (Hillier ve Vaughan, 2007). Belirli bir alanın diğer iki alan arasındaki en kısa yolda görünme sayısını ifade etmektedir. Sistemdeki bir alanın önemini ve alandaki hareket akışlarını ölçmek için kullanılır (Zhu vd., 2017). Seçim değeri sistemde ulaşılacak bir noktaya ait farklı hatlar var ise en kısa olan bağlantının tercih edilmesi prensibine dayanmaktadır (Hillier, 2007). Sistemdeki her bir parça bu yaklaşımla ele alınmaktadır. Dokudaki hatlar arası doğrudan akışların ve mekânın alt mekânlar ile bağlantısını sağlayan hatların varlığını göstermektedir. Seçim parametresi sokak ağlarının tercih edilebilirlik düzeyini araştırırken kent içi bağlantıyı sağlayan noktaların kullanılışlarını yorumlamaya olanak tanımaktadır. Seçim değerlerinin yüksek olması dokuda doğrudan akış sağlayan hatların yoğun olduğunu göstermekte, bölgedeki kullanıcıların tercih edebileceği hareket örüntülerini belirtmektedir. Seçim, insanların mekân içindeki hareketlerinde kullanabildiği doğrudan hatları göstermesi sebebiyle doku içerisindeki hareket örüntülerinin öngörülmesi ve yönlendirilmesi açısından önemli görülmektedir (Özkök ve Yenen, 2022).

Yürünebilir bir yarıçapta açısal bölüt yöntemiyle yapılan seçim analizinin (Eş. 3.4) geçirgenlik ölçümlerine benzer sonuçlar ürettiği ve kentsel mekânsal geçirgen alanlar hakkında bilgi verdiği kabul edilmektedir (Pafka vd., 2020). Başka bir deyişle, yüksek seçim değerine sahip bir alan, varış noktasına giden en kısa yolu takip etmek isteyen birçok yaya tarafından kullanıldığı anlamına gelir (Kostakos, 2010). Seçim, yaya ve araç hareket potansiyellerini tahmin etmede güçlü bir ölçü olarak kullanılmaktadır. Aşağıdaki gibi hesaplanır (Li vd., 2015).

$$C_i = \sum_p^{n-1} \sum_q^n \frac{d_{pq}(i)}{d_{pq}} \quad (3.4)$$

Burada,  $C_i$  i alanının seçim değerini,  $d_{pq}$  p alanından q alanına giden en kısa yolu,  $d_{pq}(i)$  p ve q alanları arasındaki i alanını içeren en kısa yolu temsil eder ( $p < q$ ,  $p=1, 2, \dots, n-1$ ,  $q=2, 3, \dots, n$ ) (Xia vd., 2019; Zhu vd., 2017).

Space Syntax'taki seçim göstergesine karşılık gelen ve sDNA'da yol ağının merkezilik analizinin önemli bir indeksi olan aradalık (BtA) değerinin kökeni grafik teorisine dayanmaktadır. Aradalık, yol ağındaki bir bağlantının belirlenen bir yarıçap içindeki bir yolculuk için ne sıklıkla kullanıldığının göstergesidir (Baytekin ve Özüduru, 2022: 532).

Aradalık analizi, yol ağının belirli bir yarıçapta maksimum yolculuk mesafesine bağlı olarak her yerden başka her yere giden varlıklarla (entities) dolu olduğunu varsayar. Bu varlıkların mümkün olan en kısa yoldan seyahat ettiği kabul edilir ve böyle bir yol jeodezik olarak tanımlanır. Ancak "en kısa"nın nasıl tanımlandığı değişebilir. sDNA'da hem bağlantı yerlerinde hem de kavşaklarda dönme miktarını en aza indiren açısal (angular) ölçüler kullanılmaktadır. Bunun sebebi yayaaların bir alanı çok iyi bilmedikleri sürece, hatırlanması daha kolay olan en kısa köşeli yolları takip etme eğiliminde olmaları, araç sürücülerinin ise açısal jeodezikleri takip etme eğiliminde olmaları olarak açıklanmaktadır. Bu nedenle, sDNA'daki varsayılan metrik, açısal olarak ayarlanmıştır. Ancak yarıçapın kullanım amacına göre belirlenmesi önemlidir. Yaya akışının gerçekçi bir göstergesi Aradalık Açısı R800 olabilirken, araç akışının gerçekçi bir göstergesi Aradalık Açısı R2000 veya daha yüksek olabilmektedir (Cooper, 2018). Aradalık değeri yayalar için kısa yollarda yüksek çıkarken, araçlar için hız limitinin yüksek olduğu uzun yollarda yüksek olmaktadır (Yücesoy ve Özüduru, 2018).

Aradalık analizinde (Eş. 3.5), genellikle bir yolculukta kalkış veya varış noktasına değil, bir ara bağlantıya bakılmaktadır. Bununla birlikte, aradalığın tüm biçimlerinin, yayaların,

araçların vb. gerçek akışlarıyla oldukça iyi bir şekilde ilişkili olma eğiliminde olduğu kabul edilmektedir (Cooper, 2018).

$$\text{Aradalık (x)} = \sum_{y \in N} \sum_{z \in R_y} W(y)W(z)P(z)OD(y,z,x) \quad (3.5)$$

Burada, N küresel mekânsal sistemdeki bağlantılar kümesini, W(y) ve W(z) jeodezik uç noktaları y ve z'nin ağ ağırlıklarını, OD(y,z,x) jeodezik uç noktalar z ve y'yi temsil eder. Aradalığın ölçüldüğü x değildir. OD(y,z,x), ortalama olarak yarı sıklıkla kat edilen jeodeziklerin uç noktalarını yansıtır ve yolculuklar ortalama olarak bağlantı merkezinde başlar ve biter (Cooper, 2018).

İki fazlı aradalık indeksi (TPBtA) ise, başlangıç ve hedef ağırlıklarının bir çarpımı tarafından ağırlıklandırılmak yerine, başlangıç ağırlığı hedef ağırlıklara göre dağıtılır (Eş. 3.6). Dolayısıyla, bir x bağlantısından geçen jeodeziklerin toplamıdır ve jeodezik hedef z tarafından temsil edilen, jeodezik başlangıç y'den erişilebilen ağ miktarının oranı ile ağırlıklandırılmaktadır (Cooper, 2018).

$$\text{TPBt(x)} = \sum_{y \in N} \sum_{z \in R_y} OD(y,z,x) \frac{W(z)P(z)}{\text{toplam ağırlık (y)}} \quad (3.6)$$

Toplam ağırlık (y) her bir y'den yarıçaptaki toplam ağırlıktır.

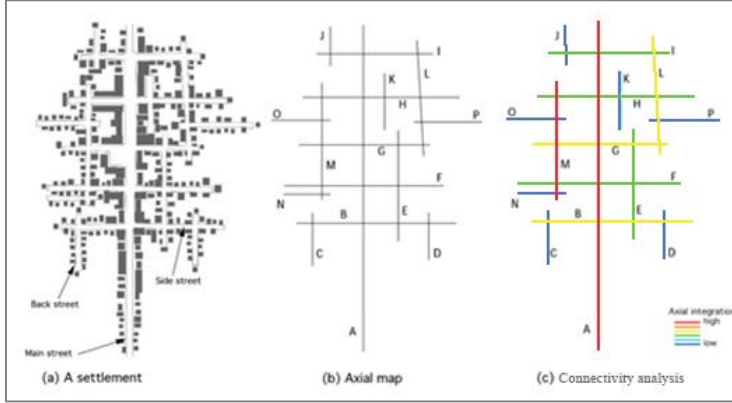
#### Yol ağının bağlanabilirlik analizi (Space Syntax)

Bağlanabilirlik, dokudaki her bir hattın diğer mekânlar ile olan bağlantı derecesinin ölçümünde kullanılmaktadır. Bağlanabilirlik, her sokağın komşu sokaklara olan bağlantı sayısını açıklar. Matematikte, bağlantı grafik teorisinin (graph theory) temel kavramlarından biridir (Haggett ve Chorley, 1969: 6). Ara sokaklara çok sayıda bağlantısı olan bir caddenin bağlanabilirlik değeri yüksekken, az bağlantısı olan bir caddenin bağlanabilirlik değeri düşüktür (Klarqvist, 1993; Vaughan, 2007) (Şekil 3.5).

Bağlanabilirlik değeri Eş. 3.7'ye göre hesaplanır (Xia vd., 2019):

$$\text{Coni} = k, \quad (3.7)$$

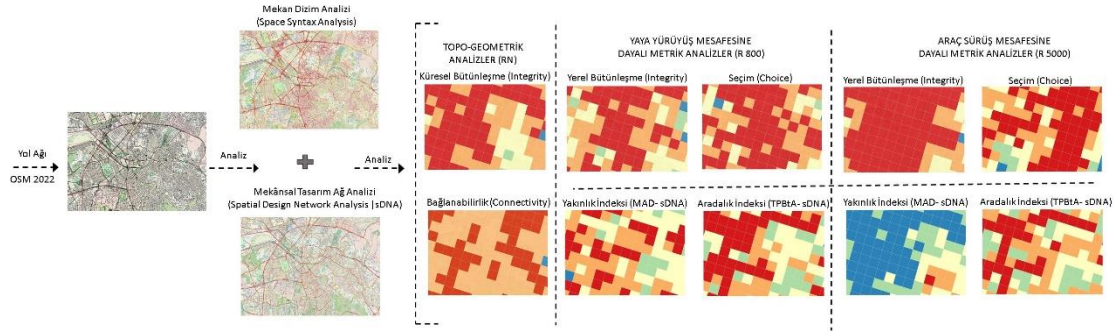
Burada Coni i alanının bağlanabilirlik değerini, k i alanına bağlantı sayısını, n sistemdeki toplam alan sayısını ifade eder.



Şekil 3.5. Bağlanabilirlik analizi aşamaları (Yamu vd., 2021)

Tez çalışmasında, morfolojik yapının yol ağı boyutu topo-geometrik ve metrik özellikleri üzerinden incelenmiştir. Mekân Dizimi (Space Syntax) analizleri depthmapX programı kullanılarak yapılmış, yol ağı verileri aks ve segment haritalarına dönüştürülmüştür. Farklı mesafe eşiklerine göre yol ağının metrik özelliklerinin değerlendirilmesi için açısal bölüt analizi (angular segment analysis) yapılmıştır. Mekânsal Tasarım Ağ Analizi ise QGIS programının sDNA modülü kullanılarak yapılmıştır.

Çalışma sonunda yol ağının topo-geometrik özellikleri için Mekân Dizimi Analizinin (Space Syntax) sunduğu küresel bütünleşme ve bağlanabilirlik analizleri kullanılmıştır. Yerel ölçekli analizlerde, ideal yaya yürüyüş mesafesi kabul edilen 800 metre (ortalama 10 dk) (Porta ve Renne, 2005; Gouda ve Masoumi, 2018; Zuniga-Teran vd., 2016; Ersoy, 2009: 6); ve araç sürüş mesafesi 5000 metre eşik değeri olarak alınmıştır (Baytekin ve Özöduru, 2022). Yerel ölçekli analizler Mekân Dizim ve Mekânsal Tasarım Ağ Analizi olmak üzere iki algoritmaya göre ayrı ayrı yapılmıştır. Mekân Dizim Analizindeki bütünleşme ve seçim parametrelerinin Mekânsal Tasarım Ağ Analizinin sırasıyla yakınlık ve arasındalık indekslerine karşılık gelmesi sebebiyle çalışma sonunda morfolojik örüntünün tanımlanması için yapılan istatistiksel analizlerde en anlamlı sonuç veren göstergeler seçilerek modele dâhil edilmiştir (Şekil 3.6).

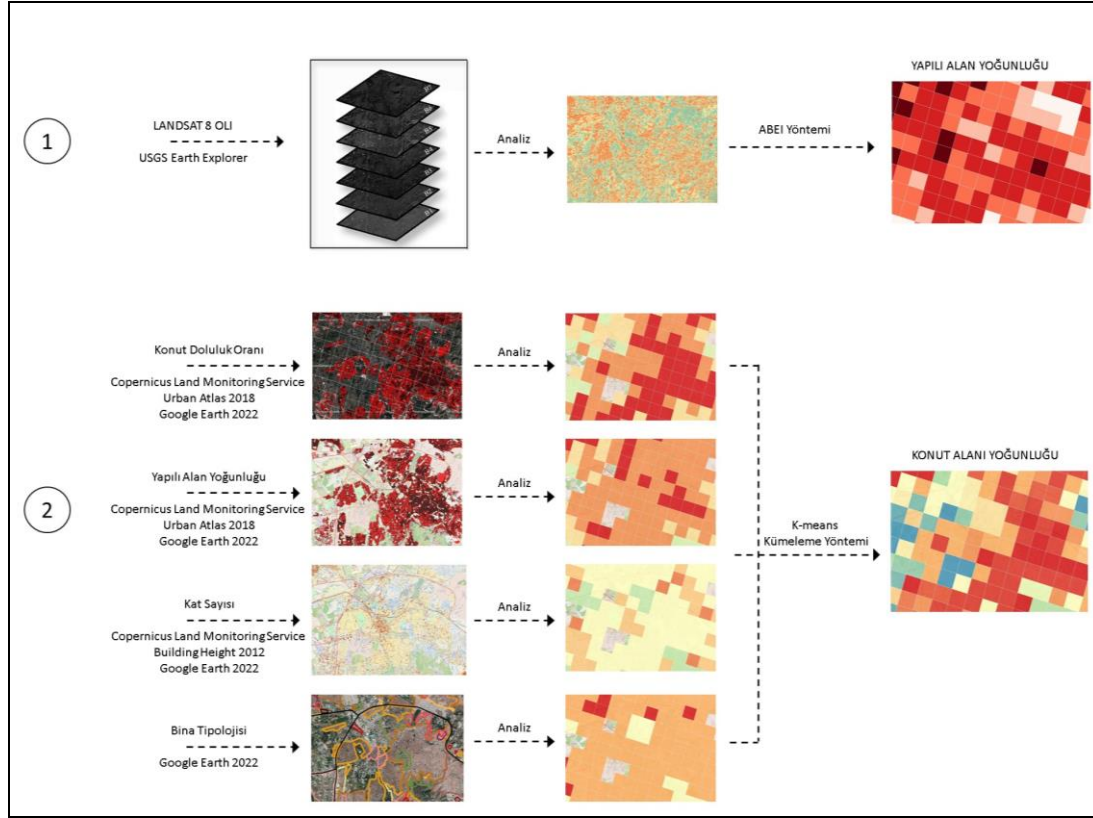


Şekil 3.6. Yol ağının analiz aşamaları

### Bina sistemi analizleri

Kentsel yerleşim alanlarının mekânsal dağılımını anlamanın, kent planlama, doğal kaynak yönetimi, iklim değişikliğini izleme vb. alanlar için oldukça önemli olduğu bilinmektedir (Bhatti ve Tripathi, 2014; Firozjaei vd., 2019; Sudhira vd., 2004; Seto vd., 2012; Bhatta 2010). Tez çalışması kapsamında, kentsel mekânın yayıldığı alanın analiz edilmesi merkeziliklerin tespit edilmesi açısından önemli görülmektedir. Çalışmada, bina sistemine yönelik değerlendirmelerin ilk aşaması toplam yapıli alan yoğunluğunun belirlenmesi üzerinedir (Şekil 3.7).

Toplam yapıli alan içerisinde yaşayan nüfusu temsil eden konut bölgeleri ise yoğunluklarına bağlı olarak farklı anlamlar ifade etmektedir. Yüksek konut yoğunluğunun yüksek nüfusu barındırdığı ve merkeziliğin oluşmasında etkili olduğu bilinmektedir (Joosten ve van Nes, 2005). Çalışma kapsamında bina sistemi analizlerinin ikinci aşaması konut bölgeleri özelinde yapılmış, bu sayede geçmişten beri merkeziliğin belirleyicisi olan nüfusun da temsil edilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3.7. Bina sisteminde konut alanlarının analiz aşamaları

### Bina sisteminin yapıli alan yoğunluğu analizleri

Farklı çevre koşullarına sahip alanlarda Arazi Kullanımı Arazi Örtüsü (Land Use Land Cover-LULC) türlerinin belirlenmesinde uzaktan algılama teknolojisi, farklı çözünürlüklü veriler sağlayan önemli bir kaynaktır (Firozjaei vd., 2019; Şekertekin vd., 2018). Yüksek ve çok yüksek mekânsal çözünürlüklü verilerde (Ikonos, QuickBird, WorldView uydularından alınan veriler gibi) yapı, şekil, doku gibi bilgilerin çok belirgin olması önemli bir avantaj sağlamakta; ancak bu verilerin yüksek maliyetli olması veriye erişimi zorlaştırmaktadır (Zhou, 2014). Düşük çözünürlüklü verilerin (savunma meteoroloji programı / operasyonel hat tarama sistemi gibi uydu görüntüleri) avantajı ise sürekli zaman dilimlerini kapsaması ve ücretsiz olarak sağlanabilmesidir; bu verilerin çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle kentsel alanların ayrıntılı olarak çıkarılamaması dezavantajıdır (Huang vd., 2013). Bu nedenlerle geniş kapsama alanına sahip, uygun mekânsal çözünürlüğü (30 m) olan, tarihsel olarak toplanabilen orta çözünürlüklü Landsat uydu görüntüleri, kentsel çalışmalarda ön plana çıkmaktadır (Cohen, 2006; Bhatti vd., 2014; Kumar vd., 2012; Şekertekin vd., 2018).

Landsat görüntüleri, geçirimsiz kentsel alanları geçirimsiz olmayan LULC türlerinden ayırt etmek için farklı dalga boylarına sahip çeşitli bantlar (mavi bant, yeşil bant, kırmızı bant, kızılötesi bant, termal bant, pankromatik) sağlamaktadır (Kshetri, 2018). Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırması (USGS) ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi tarafından en son fırlatılan Landsat-8 uydusunda operasyonel arazi görüntüleyici (Operational Land Imager | OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) sayesinde yeni bantların tanımlanması kentsel alanların analizinin geliştirilmesine katkı sağlamıştır (Chu vd., 2013). Landsat 7, toplam 8 banda sahip iken, Landsat 8 uydusu 11 banda ait veri seti sunar (Kshetri, 2018).

Landsat bantları kullanılarak yerleşik alanların haritalanmasında çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar çok bantlı görüntü sınıflandırma veya spektral indeks yöntemleridir (As-syakur vd., 2012; Bhatti ve Tripathi, 2014; Bouzekri vd., 2015; He vd., 2010; Kaimaris ve Patias, 2016; Zha vd., 2003). İlk yöntem, piksel tabanlı ve nesne yönelimli sınıflandırma yöntemlerine dayalı olarak geliştirilmiş görüntü sınıflandırma tekniğidir (Guindon vd., 2004; Cleve vd., 2008). İkinci yöntem, belirli indekslere dayalı olarak görüntülerden bilgi çıkarımını sağlar (Bhatti ve Tripathi, 2014). Genel olarak, belirli bir arazi örtüsünü haritalamak için bilgi miktarı, veri ihtiyacı ve veri işleme süresi nedeniyle indekslerin kullanılması, görüntü sınıflandırma yöntemine göre daha verimli görülmektedir (Firozjaei vd., 2019). Spektral indeks yöntemleri, meskün arazinin spektral davranışı ve soğurma veya yansıma açısından elektromanyetik spektrumun dalga boylarıyla ilişkili özelliklerini kullanmaktadır. Örneğin, yerleşim alanları ve çıplak arazi, Yakın Kızılötesinden (Near Infrared | NIR) daha fazla Kısa Dalga Kızılötesini (Short-Wave infrared | SWIR) yansıtır. Su kütlesi Kızılötesi spektrumunda yansımaz. Yeşil yüzey durumunda, NIR'nin yansıması SWIR spektrumundan daha yüksektir. Uydu görüntüsünün farklı bantları, elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarını temsil eder. Spektral indeks yöntemi kullanılarak bu bantlardan geliştirilen kombinasyonlarla çeşitli indeksler tanımlanmıştır. Farklı indekslerin kendi formülleri ve kendi hesaplama yöntemleri bulunmaktadır (Kshetri, 2018). Akademik yazındaki uygulamalı çalışmalarda yerleşik ve kentsel alanların belirlenmesi için bu indeksler kullanılmaktadır (As-syakur vd., 2012; Bhatti ve Tripathi 2014; Bouhennache vd., 2015; Bouzekri vd., 2015; Mwakapuja vd., 2013; Sharma ve Joshi 2016; Sinha ve Verma 2016; Xu 2007; Zhang vd., 2014; He vd., 2010; Waqar vd., 2012; Zhao ve Chen 2005). Kentsel indekslerden, normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi (normalized difference built-up index | NDBI) (Zha vd., 2003), yerleşim alanı indeksi (the index-based built-up index | IBI) (Xu 2008;), kentsel indeks (urban index | UI) (Kawamura vd., 1996; Zhao ve Chen

2005), yerleşik alan indeksi (built-up index | BUI) (Kaimaris ve Patias, 2016) artırılmış yapılaşma ve çıplak alan indeksi (enhanced built-up and bareness index | EBBI) (As-syakur vd., 2012) yaygın olarak kullanılmıştır.

Akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan bu indeksler, yerleşik alanları spektral tepkilerine bağlı olarak diğer arazi kullanımı sınıflarından ayırmaktadır. Ancak bazı bitki örtüleri (hasat sonrası tarım arazisi gibi çıplak araziler, kaya yüzeyler) yerleşim alanlarıyla aynı spektral yansıma eğilimi göstermektedir. Dolayısıyla bu indekslerin çoğu yerleşim alanlarını kentleşme ile hiçbir ilişkisi olmayan geniş çıplak arazi alanlarından ayıramamaktadır (Zhou vd., 2014; Kshetri, 2018; Sukristiyanti vd., 2007; Moghaddam vd., 2018). He vd. (2010) çalışmalarında, bu yetersizliğin, özellikle heterojen özelliklere sahip yerleşim alanlarının, bitki örtüsünün ve çıplak arazinin spektral tepkilerinin kombinasyonu tarafından üretilen karmaşık spektral tepkiden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu indeksler kullanılarak meskûn ve çıplak arazileri ayırt etmede yaşanan sorunların yanı sıra farklı bölgelerde performanslarının bölgedeki yüzey kaplama türünden etkilenmesi, kuru iklime sahip bölgelerde indekslerin performansının nemli bölgelere göre düşmesi, yerleşik alanlarla ilgili pikseller arasındaki spektral heterojenliğin indekslerin doğruluğunu azaltması sorunları bulunmaktadır (Firozjaei vd., 2019).

Bu sorunlara çözüm olarak Firozjaei vd. (2019) tarafından Landsat 8 OLI görüntülerini kullanan Otomatik Yerleşik Alan Çıkarma İndeksi (Automated built-up extraction index | ABEI) geliştirilmiştir. Diğer indekslerde yerleşik alanların yalnızca iki bant kullanılarak tanımlanmasının aksine ABEI’de Landsat 8 OLI yansıtıcı bantlarının tümünün kullanılması ve bantların her biri için optimum ağırlıkların tanımlanması bu yöntemi diğerlerinden ayırmaktadır. ABEI’nin amacı, yerleşik sınıfın piksel değerleri arasındaki maksimum benzerliği ve yerleşik sınıf ile diğer arazi örtüsü sınıflarının piksel değerleri arasındaki maksimum farkı oluşturmaktır. ABEI indeksinin farklı çevresel koşullar altındaki yerleşim alanlarında yapılan uygulamalarda yüksek verimliliğe sahip olması tez çalışması için uygun yöntem olarak belirlenmesini sağlamıştır.

ABEI, Eş. 3.8’de gösterilmiştir. Bu denklemde her bir spektral bant için belirlenen katsayı değeri, bantların yerleşik alan çıkarma üzerindeki etki derecesini göstermektedir.

$$ABEI=0.312Ref_1+0.513Ref_2-0.086Ref_3-0.441Ref_4+0.052Ref_5-0.198Ref_6+0.278Ref_7 \quad (3.8)$$

ABEI'de Landsat 8 OLI'nin yedi yansıtıcı bandının kullanılması, yapılı ve çıplak araziler arasındaki spektral benzerliklerden daha az etkilenmesini ve önceki indekslere göre daha iyi performans göstermesini sağlamaktadır. ABEI'nin yüksek performansına ek olarak en büyük avantajı, basit bir uygulama yöntemi olmasıdır.

Tez çalışmasında, Landsat 8 OLI (USGS, 2022) ile elde edilen uydu görüntülerinin yansıtıcı bantları kullanılmıştır. Uydu görüntüleri seçiminde bulut örtüsünün olmamasına dikkat edilmiştir. Görüntüler, CBS kullanılarak Worldwide Geodetic System 1984 (WGS84) koordinat sisteminde coğrafi olarak referanslanarak ABEI analizi yapılmıştır. Ardından çalışma birimi olan 1 km<sup>2</sup>'lik ızgara hücreler için ortalama ABEI değerleri hesaplanarak tematik haritalar oluşturulmuştur.

#### Bina sisteminde konut alanları analizi

Bina sistemi analizinde alan matrisi (space matrix) yöntemi kullanılmıştır. Alan matrisi, ızgara hücredeki konut doluluk oranı, yapılı alan yoğunluğu, bina yüksekliği ve bina tipolojisi için nicel ölçümler sağlayarak bina sisteminin temsil edilmesini kolaylaştırmaktadır (Ye vd., 2017). Alan matrisi aynı zamanda poligon verinin skorlanarak sayısallaştırılmasını sağlamaktadır.

Alan matrisinde, az katlı, müstakil, düşük yoğunluklu konut alanlarına düşük değerler; çok katlı bitişik veya blok konut alanlarına yüksek değerler atanmıştır. Bu tip sınıflandırma, yapı yoğunluklarının ve merkezilik üzerindeki potansiyel olumlu veya olumsuz etkilerine göre belirlenmiştir.

Joosten ve van Nes'in (2005) ampirik çalışması, yüksek bina yoğunluğunun yüksek nüfus yoğunluğunu temsil ettiğini ve bu nedenle kentselliğin yaratılmasını olumlu yönde etkileme eğiliminde olduğunu ortaya koymuştur. Blok veya çizgi bina türleri, binalar ve sokaklar arasındaki etkileşimi iyileştirme eğiliminde olması sebebiyle kentsellik derecesini artırmaktadır.

Çalışma alanında konut kullanımı bulunan ızgara hücreler konut oranı, yapılı alan yoğunluğu, kat sayısı ve tipolojisine göre skorlanmıştır. Skorlama sonucunda Elbow

yöntemi kullanılarak k-ortalama kümeleme analizi yapılmıştır. Birbiriyle benzer özellik gösteren konut alanı kümelerinin mekânsal dağılımı CBS aracılığıyla tematik haritalar hazırlanarak görselleştirilmiştir.

Bina sistemi parametrelerinin skorlaması ızgara hücredeki konut yoğunluğunu artırma seviyesine göre yapılmıştır (Çizelge 3.3). Konut oranı, her bir ızgara hücredeki konut bölgelerinin hücre alanı içinde kapladığı oranı ifade etmektedir. Yapılı alan yoğunluğu, konut bölgelerinin taban alanındaki su geçirimsiz yüzeyleri göstermektedir. Kat sayısı, hücre içindeki konut alanlarının ortalama kat sayısını göstermektedir. Kat sayısı aralıkları, taban alanındaki su geçirimsiz yüzey yoğunluğunun kat sayısı ile çarpımından elde edilen kat alanı kat sayısı esas alınarak belirlenmiştir. En düşük seviyedeki yapılı alan yoğunluğunun aynı seviyedeki kat sayısı ile çarpımı bir üst seviyedeki en düşük kat sayısının aynı seviyedeki en düşük yapılı alan yoğunluğuyla çarpımından düşük olması dikkate alınmıştır. Bu sıralama, kümeler arasındaki yoğunluk farklılıklarının tespit edilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Izgara hücrelere veri girişi yapılırken kat sayısı ve yapılı alan yoğunluğu verileri ızgara hücredeki konutların ortalama değerlerine göre hesaplanmıştır; ancak tipolojinin sayısal bir değeri olmadığı için hücrede en fazla görülen konut tipolojisi esas alınmıştır.

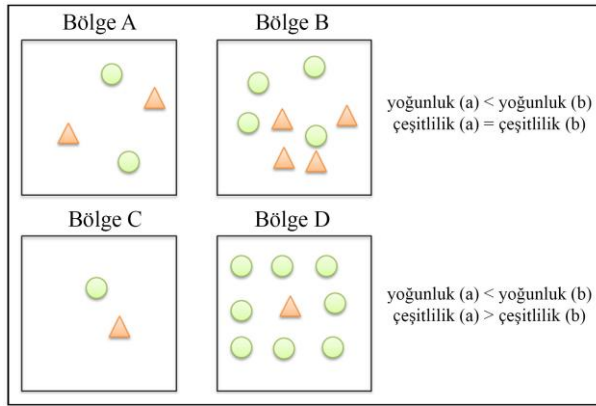
Çizelge 3.3. Konut alanlarının bina sistemi skorum parametreleri

| Konut Oranı (KO)          |              | Kat Sayısı (KS) |                      |
|---------------------------|--------------|-----------------|----------------------|
| 1                         | <%25         | 1               | 1-2                  |
| 2                         | %25<= <%50   | 2               | 3-5                  |
| 3                         | %50<= <%75   | 3               | 6-10                 |
| 4                         | %75<= =<%100 | 4               | 11-20                |
| Yapılı Alan Yoğunluğu (Y) |              | 5               | 20+                  |
| 1                         | =<0.3        | Tipoloji (T)    |                      |
| 2                         | 0.3< <0.5    | 1               | Müstakil- Avlu B.    |
| 3                         | 0.5<= <0.8   | 2               | Ayrık N.- Nokta B.   |
| 4                         | 0.8<=        | 3               | Bitişik N.- Çizgi B. |

Bina sisteminde konut alanları analizi, yaşayan nüfus yoğunluklarının belirlenmesi ve nüfusun ihtiyacı olan işlevlerin yer seçimiyle arasındaki ilişkinin sorgulanması açısından önemli görülmektedir.

### Arazi kullanımı analizleri

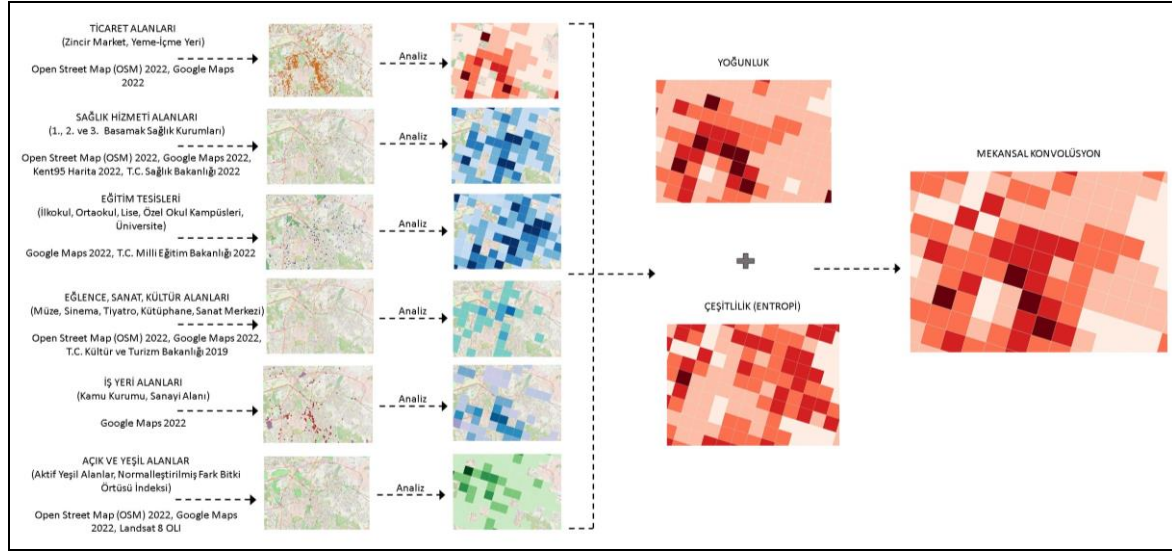
Kentsel morfolojinin arazi kullanımı boyutunda kentsel faaliyetlerin yoğunluğu ve çeşitliliği bir bölgenin çekim gücünün artmasında dolayısıyla merkeziliğin oluşmasında önemli rol oynamaktadır (Ye vd., 2017). Yoğunluk istatistikleri, arazi kullanım faaliyetlerinin tek bir mekânsal birim içinde ne kadar yoğunlaştığını ölçerken, çeşitlilik, farklı türden faaliyetlerin ne kadar karma olduğunu ölçer (Cervero ve Kockelman, 1997; Mitchell Hess vd., 2001).



Şekil 3.8. Belirli bir alandaki yoğunluk ve çeşitlilik parametrelerinin arasındaki olası farklar (Zhong vd., 2017)

Yoğunluk ve çeşitlilik iki tamamlayıcı indeks olarak faaliyetlerin mekânsal dağılımını göstermektedir. Özellikle tek işlevli alanların bulunduğu modern kentler bağlamında, bu indeksler merkezi alanları temsil etmekte tek başına yetersiz kalmaktadır. Bir yerleşim bölgesi çok yüksek yoğunluğa sahip olmasına rağmen çok işlevli merkezler için farklılaştırılması gereken sınırlı sayıda faaliyet türüne sahip olabilmektedir. Şekil 3.8, aynı çeşitlilik seviyesine ancak çok farklı yoğunluklara sahip iki alanın olabileceğini veya aktivite çeşitliliği yüksek, ancak faaliyet yoğunluğu düşük merkezi olmayan alanların olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle merkeziliğin belirlenmesinde, iki göstergenin entegre edildiği bir yaklaşımın benimsenmesi önemlidir (Zhong vd., 2017).

Tez çalışmasında arazi kullanımı verilerinin mekânsal analizi yoğunluk ve çeşitlilik parametreleri kullanılarak yapılmış, mekânsal konvolüsyon fonksiyonu aracılığıyla bu iki parametre birleştirilerek her bir grid hücrenin merkezilik derecesi elde edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Arazi kullanımının analiz aşamaları

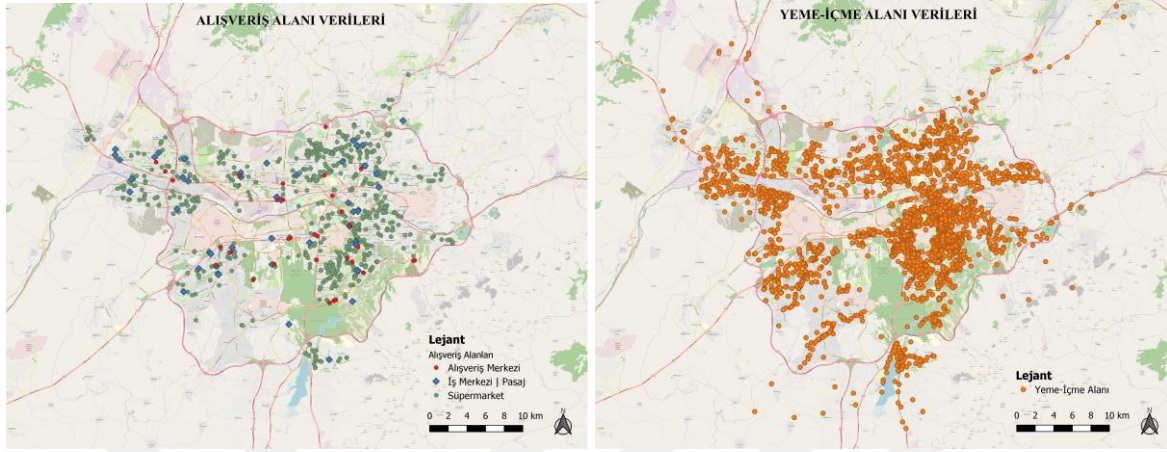
Arazi kullanım verileri ticaret alanları, sağlık hizmeti alanları, eğitim tesisleri, eğlence-sanat-kültür alanları, iş yeri alanları, açık ve yeşil alanlar olmak üzere altı farklı faaliyet türüne göre elde edilmiştir.

Ticaret alanı verilerinde alışveriş alanları ve yeme-içme yerlerine ait veriler toplanmıştır. Alışveriş yerleri; alışveriş merkezi (AVM), iş merkezi- pasaj ve süpermarket verilerinden oluşmaktadır. Bu veriler Open Street Map (OSM) veri tabanından polygon ve point veri olarak çekilmiştir. Elde edilen verilerde iş merkezi-pasaj ve AVM verilerinin tam olarak ayrılmadığı ve AVM mağaza sayıları ile yeme-içme birim sayılarında eksiklik olduğu belirlenmiştir. Bu veriler, AVM'lerin resmi sitelerinden elde edilerek QGIS'e veri girişi yapılmıştır. AVM verileri toplanırken mağaza ve yeme-içme birimlerine ait sayılar elde edilmiştir. Diğer hizmetler (finans & emlak, güzellik& kozmetik, yapı & inşaat, seyahat&turizm, spor salonu hizmetleri) kapsam dışında tutulmuştur.

Yeme-içme yerlerine ait veriler Google My Maps veritabanı kullanılarak tüm çalışma alanı için point veri olarak veritabanına işaretlenmiştir. Ardından Google My Maps verileri CBS'de point veriye dönüştürülmüş ve analiz edilmiştir.

Ticaret alanlarına ait diğer verilerde, OSM ve Google My Maps verilerinin Google Streets ve OSM basemapleri kullanılarak karşılaştırılması, çakışan verilerin haritaya aktarılması, çakışmayan verilerin basemaplerden kontrol edilerek farklılıkların olduğu durumlarda

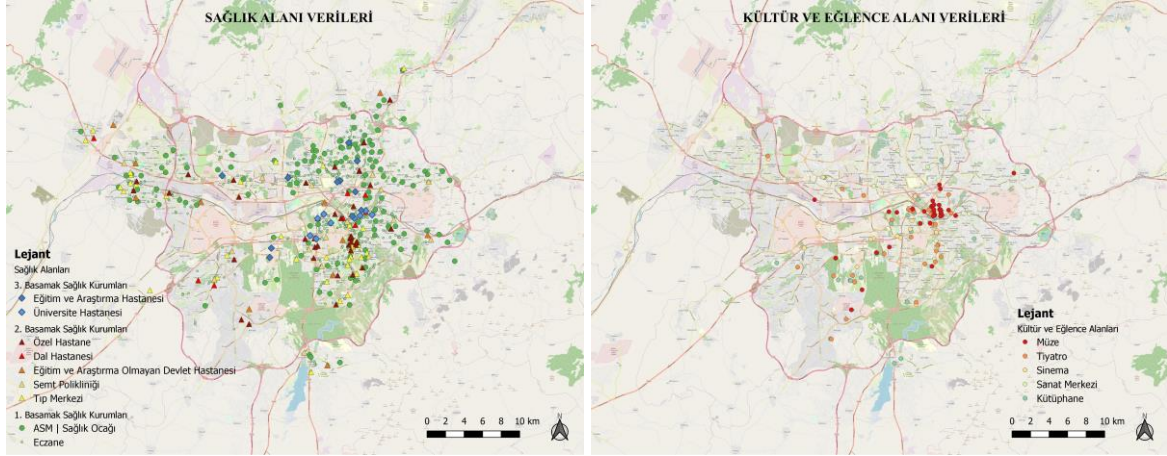
Google Earth sokak görünümü yöntemiyle güncellemesi yapılmıştır. Böylece veriler analiz için son haline getirilmiştir (Harita 3.4).



Harita 3.4. Ticaret alanı verilerinin mekânsal dağılımı

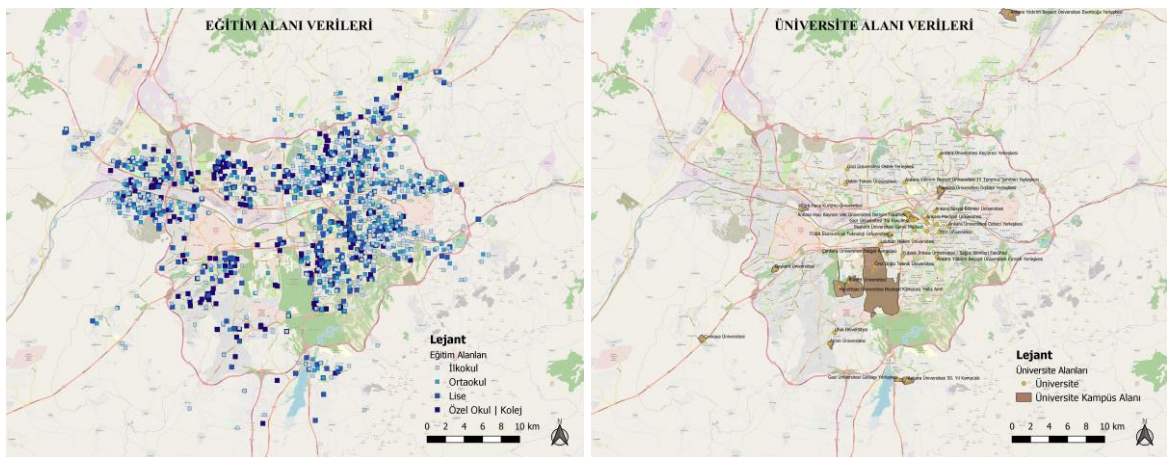
Sağlık alanı verileri, Sağlık Bakanlığı'nın sağlık hizmeti sunucuları basamaklandırması kullanılarak gruplandırılmıştır (Satılmış vd., 2021). Sağlık hizmetlerine ait veriler Open Street Map'ten polygon ve point veriler olarak çekilmiştir. OSM verilerinde hastanelerin sağlık hizmeti sunucu basamaklarına göre ayrışmaması sebebiyle Sağlık Bakanlığı Ankara İl Sağlık Müdürlüğü (2022)'nün resmî sitesinden elde edilen hastane listeleri kullanılarak Google My Maps'te konumları işaretlenmiştir. Ardından Google My Maps verileri CBS'de point veriye dönüştürülmüş ve analize hazır hale getirilmiştir. OSM verilerindeki diğer sağlık hizmeti alanları için ticaret alanlarında açıklanan veri işleme süreci izlenmiştir (Harita 3.5).

Eğlence-sanat-kültür alanları, müze, tiyatro, sinema, sanat merkezi ve kütüphane alanlarından oluşmaktadır. Bu verilerden müzelerin Kültür ve Turizm Bakanlığı (2022)'nin resmî sitesinden; tiyatroların Devlet Tiyatroları Genel Müdürlüğü (2022)'nün resmî sitesinden elde edilen kurum listeleri kullanılarak Google My Maps'te konumları işaretlenmiştir. Diğer verilerin elde edilmesinde ticaret alanlarında açıklanan veri işleme süreci izlenmiştir (Harita 3.5).



Harita 3.5. Sağlık alanı (soldaki) ve eğlence-sanat-kültür alanı (sağdaki) verilerinin mekânsal dağılımı

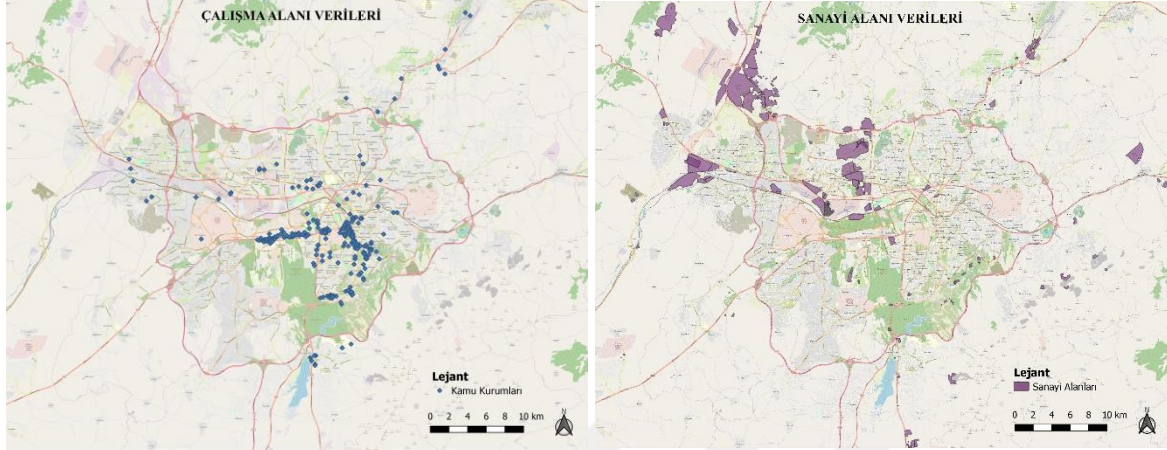
Eğitim tesisi verileri, ilkokul, ortaokul, lise, özel okul kampüsleri ve üniversite alanları olarak elde edilmiştir. Open Street Maps'ten elde edilen polygon ve point verilerde ilkokul, ortaokul ve lise verileri ayrılmamaktadır. Okullara ait verilerin Google My Maps'te tüm kademeler için ayrı olarak konum verisi işlenmiştir. Eğitim tesislerinin konum verileri toplanırken Millî Eğitim Bakanlığı (2022)'nin resmî sitesindeki okul listeleri kullanılmıştır. Ardından Google My Maps verileri CBS'de point veriye dönüştürülmüş ve analize hazır hale getirilmiştir. Üniversite alanlarına ait veriler ise polygon ve point veri olarak elde edilmiş, üniversite alanları çalışma alanının ızgara hücrelerindeki kapladığı alan yoğunluklarına göre analiz edilmiştir (Harita 3.6).



Harita 3.6. Eğitim alanı verilerinin mekânsal dağılımı

Çalışma yeri verileri ise kamu kurumları ve sanayi alanları olarak elde edilmiştir. Sanayi alanlarına ait veriler OSM veri tabanından elde edilirken kamu kurumuna ait verilerin

OSM’de yer almaması sebebiyle doğrudan Google My Maps’te konum verileri işlenerek elde edilmiştir. Verilerin analiz için son haline getirilmesi sürecinde ticaret alanlarında açıklanan veri işleme aşamaları izlenmiştir (Harita 3.7).



Harita 3.7. Çalışma alanı verilerinin (kamu kurumları ve sanayi alanları) mekânsal dağılımı

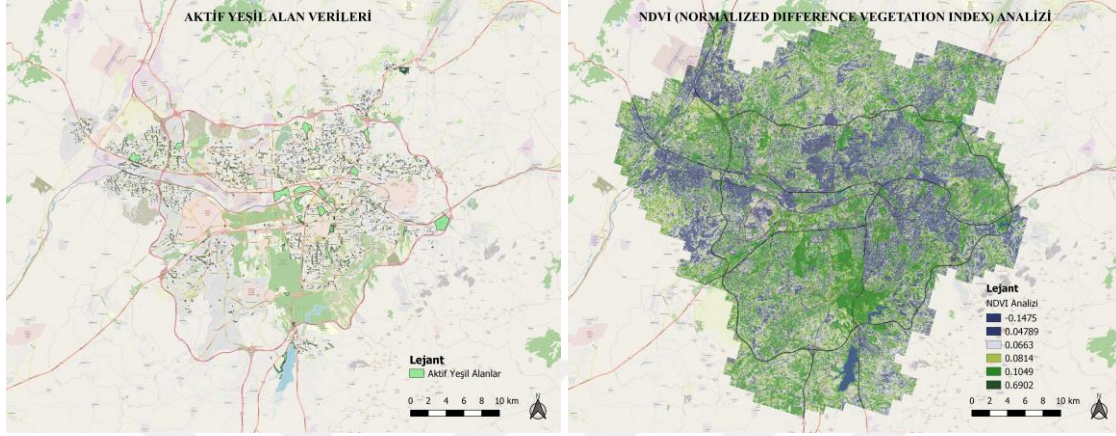
Açık ve yeşil alanlara ait veriler, kent bütünündeki bitki yoğunluğu sınıflandırma verileri ve kentte kullanılan aktif yeşil alan verileri olmak üzere iki grupta toplanmıştır. İlk gruba ait veriler, Landsat 8 OLI uydu görüntülerinden çeşitli bantlar kullanılarak Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) sınıflandırma analizinin yapılmasıyla elde edilmiştir. İkinci grup ise kentte aktif yeşil alanların Open Street Map’ten polygon ve point veriler olarak çekilmesi ve Ankara Büyükşehir Belediyesinin Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı (2022)’nin resmî sitesinde yer alan park ve yeşil alan listelerinin CBS’ye işlenmesiyle elde edilmiştir (Harita 3.8).

NDVI, bitki yoğunluklarını gözlemlemek için en yaygın kullanılan bitki örtüsü indeksidir (Kshetri, 2018; Pettorelli vd., 2005; Huang vd., 2021; Wang vd., 2003; Li vd., 2021). Genel olarak, sağlıklı bitki örtüsünde bulunan klorofil, Mavi ve Kırmızı spektrumu yüksek oranda emerek Yeşil spektrumu yansıtmaktadır. Bu durum sağlıklı bitki örtüsünü yeşil olarak görmemizin de temel sebebidir. Yakın Kızılötesinde (NIR) yüksek yansıtma ve Kırmızı spektrumda yüksek soğurma nedeniyle NDVI hesaplamasında bu iki bant kullanılmaktadır. NDVI hesaplama formülü Eş. 3.9’da verilmiştir.

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

$$\text{Landsat 8 OLI verilerinde, } NDVI = (Band\ 5 - Band\ 4) / (Band\ 5 + Band\ 4) \quad (3.9)$$

Genel olarak NDVI değerlerinin -1 ila 0 su kütlelerini; -0,1 ila 0,1 çorak kayaları, kumu veya karı; 0,2 ila 0,5 çalılıarı, otlakları veya yaşlanan ekinleri; 0,6 ila 1,0 yoğun bitki örtüsünü veya tropikal yağmur ormanlarını temsil etmektedir (Kshetri, 2018).



Harita 3.8. Açık ve yeşil alan verilerinin mekânsal dağılımı

Farklı veri tabanlarından elde edilen arazi kullanım verileri CBS programlarında aynı veri formatına (shp) dönüştürülerek analize hazır hale getirilmiştir. Arazi kullanımı verilerinin mekânsal analizi yoğunluk ve çeşitlilik parametreleri kullanılarak yapılmıştır.

#### Arazi kullanımı yoğunluk analizi

Birim alandaki arazi kullanım yoğunluğunun belirlenmesinde, toplam m\*n birim alanındaki S'nin faaliyet sayısı toplam faaliyet sayısı tarafından normalleştirilir (Eş. 3.10).

$$D(x,y) = \frac{N(x,y)}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N(i,j)}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D(i,j) = 1 \quad (3.10)$$

Burada N(x, y), birim alandaki (x, y) faaliyet sayısıdır.

#### Arazi kullanımı çeşitlilik analizi

Çeşitlilik, temeli enformasyon teorisine (Shannon, 1948) dayanan, faaliyetlerdeki düzensizliğin miktarını tanımlayan nicel bir indeks olan entropi ile ölçülmektedir. Özellikle ekolojide olmak üzere birçok farklı mekânsal dağılım tipindeki karmaşıklık derecesini ve

düzeni ölçmek için uzun süredir benimsenmiştir, arazi kullanımının mekânsal örgütlenmenin karmaşıklığının belirlenmesine yönelik uygulamalı çalışmalarda (Cervero ve Kockelman, 1997; Kockelman, 1997) ve hareketlilik örüntülerinin karmaşıklığının belirlenmesine yönelik çalışmalarda (Zhong vd., 2017) da kullanılmaktadır.

Bir birim alandaki (x,y) faaliyet türlerinin çeşitliliğini ölçen entropi Eş. 3.11'deki gibi formüle edilmiştir:

$$E(x,y) = -K \sum_{j=1}^J P_j(x,y) \ln P_j(x,y)$$

$$\sum_{j=1}^J P_j(x,y) = 1 \quad (3.11)$$

Burada  $P_j(x,y)$ , (x,y) hücresindeki j aktivite tipinin oranını, J faaliyet türlerinin toplam sayısını,  $\ln(J)$  maksimum entropiyi temsil eder ve k sabiti  $1/\ln(J)$  olarak tanımlanır.

Yoğunluk ve çeşitlilik (entropi) denklemlerinin tanımlarından bu ölçümlerin,  $0 \leq D(x,y) \leq 1$  ve  $0 \leq E(x,y) \leq 1$  olacak şekilde 0 ve 1 aralığında normalleştirildiği görülmektedir.

#### Arazi kullanımı mekânsal konvolüsyon analizi

Yoğunluk ve çeşitlilik, arazi kullanımına göre merkeziliklerin belirlenmesinde farklı fiziksel anlamlara sahip iki niceliktir. Bunları tek bir işleve entegre etmek için öncelikle min-max normalizasyon yöntemi kullanılmıştır (Eş. 3.12). Bu yöntemin seçilmesinin sebebi en yüksek yoğunluk (veya entropi) değerine sahip alanın, daha yüksek mertebeden bir merkez olma olasılığının maksimum olduğu varsayımına dayanmaktadır (Zhong vd., 2017).

$$X' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (3.12)$$

Mekânsal konvolüsyon fonksiyonu aracılığıyla arazi kullanım yoğunluğu ve çeşitliliğinin birleştirilmesiyle (Eş. 3.13) bir alanın merkezilik derecesi elde edilmektedir (Zhong vd., 2017):

$$C(x,y) = C_{\text{yoğunluk}}(x,y) \times C_{\text{entropi}}(x,y) \quad (3.13)$$

Çalışmada yoğunluk ve çeşitlilik pürüzsüzleştirilmiş konvolüsyon yöntemiyle birleştirilerek mekânsal merkezilikleri ortaya konulmuştur. Pürüzsüzleştirilmiş konvolüsyon yönteminin en önemli avantajları:

- (1) merkeziliği ortaya koyan farklı iki boyutu, kentsel merkezleri tanımlamak için kullanılan tek bir indekse indirgemesi,
- (2) farklı veya zıt değere sahip alanların filtrelenmesini sağlamasıdır.

Örneğin faaliyet yoğunluğu fazla ve merkezi olan bir yer, çok işlevli merkezler için farklılaştırılması gereken faaliyet çeşitliliğine sahip olmayabilir. Pürüzsüzleştirilmiş konvolüsyon yöntemiyle iki merkezilik parametresini de temsil eden hücreler belirlenmektedir.

#### Temel bileşen analizi ve K-ortalama kümeleme (Elbow yöntemi)

Kentsel morfolojik örüntüleri belirlemek ve merkeziliği ölçmek için tek ve kapsamlı bir indeks kullanmak farklı bir dizi göstergeyi ayrı değerlendirmekten daha yönetilebilir ve pratik bir yöntem sağlamaktadır (Beames vd., 2018; Newman, 1999; Wu, 1997). Tez çalışmasında, veri setini yeniden düzenleyerek farklı göstergeler arasındaki olası örtüşen bilgileri ortadan kaldırmak ve kentsel morfolojik örüntülerin merkeziliğini ölçmek için mevcut göstergelerden kapsamlı bir indeks oluşturmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, veri kümelerinin boyutunu en aza indirmek ve veri kümelerinin yorumlanabilirliğini artırmak için Temel Bileşen Analizi (PCA) yöntemi seçilmiştir. PCA yöntemi, büyük bir veri kümesini matematiksel dönüşüm yoluyla daha az sayıda yeni bir veri kümesine dönüştürür (Fu vd., 2019; Bassani vd., 2022; Roy ve Barua, 2020; Kun vd., 2022; Jolliffe ve Cadima, 2016). PCA, boyut azaltma tekniklerini kullanan istatistiksel bir analiz yöntemidir ve boyut indirgeme yöntemi olarak da tanımlanmaktadır (Yang, 2021). PCA, göstergeleri temel bileşenler olarak adlandırılan daha düşük boyuta indirgemektedir (Roy ve Barua, 2020). Her faktördeki göstergelerin kaynağını değerlendirmek için göstergeleri korelasyonlara göre sınıflandırır (Deng vd., 2018). Böylece çok sayıda olası ilişkili göstergeyi, orijinal veri setinden farklı miktarda bilgi taşıyan bir grup bağımsız bileşene entegre eder (Fu vd., 2019).

PCA için öncelikle veri matrisindeki göstergeler min-max normalizasyon yöntemi kullanılarak boyutsuz hale getirilmiş, veri seti  $[0, 1]$  aralığında yeniden tanımlanmıştır. Ardından boyutsuz veri matrisi için korelasyon katsayısı matrisinin (of the correlation coefficient matrix) özdeğerleri (the eigenvalues) ve ortonormal özvektörleri (orthonormal eigenvectors) hesaplanmıştır. Vektör ve tahmin edilen bileşenleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için sıklıkla kullanılan Kaiser normalizasyon ile döndürme yöntemi uygulanmış, rotasyon bileşen matrisi elde edilmiştir. Son olarak, kentsel morfolojik örüntü indeksini oluşturmak için rotasyon bileşen matrisi kullanılarak bağımsız bileşenler tanımlanmış ve bileşenlerin özdeğerlerinin katkı oranları bileşenlerin katsayıları olarak modele dâhil edilmiştir.

Reid ve ark. (2014), her bir temel bileşenin katkı oranını (varyans yüzdesi) o temel bileşenin katsayısı olarak kullanmaktadır. Her bir gridin indeks değerinin hesaplanması için öncelikle normalize edilmiş veri setindeki göstergeler bileşen analizindeki yükleri kullanılarak ana bileşenlerle değiştirilir (Eş. 3.14). Ardından katkı oranı katsayısı (Eş. 3.15) her bir ana bileşene uygulanarak toplanır (Eş. 3.16). Kentsel morfolojik örüntü indeksi için kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir:

$$PC_{ij} = \sum_{k=1}^m RS_{ik} \times Ld_{jk} \quad (3.14)$$

$$w_j = \frac{egv_i}{egv_{toplam}} \quad (3.15)$$

$$UMI_i = \sum_{j=1}^m PC_{ij} \times w_j \quad (3.16)$$

Burada  $PC_{ij}$  bir gridin j'inci temel bileşenini,  $RS_{ik}$  aynı griddeki k'inci göstergenin normalleştirilmiş değerini,  $Ld_{jk}$  k'inci göstergenin j'inci ana bileşene yükünü temsil eder. Korelasyon matrisine uygulanan PCA, standartlaştırılmış tüm değişkenleri eşit olarak ağırlıklandırmaktadır. Çünkü hepsinin varyansını bire eşitler, j'inci ana bileşenin varyans açıklama oranının tüm ana bileşenlerin toplam varyans açıklama oranına bölünmesiyle hesaplanan  $w_j$ , j'inci ana bileşenin katkı oranıdır.  $UMI_i$ , bir gridin (i'inci grid) morfolojik örüntü indeks değeridir (Fu vd., 2019).

Morfolojik örüntü indeks denkleminin kurulmasının ardından farklı morfolojik özelliklere sahip örüntülerin kentsel mekânda nasıl gruplandığını belirlemek için kümeleme analizi

yapılmıştır. Kümeleme analizine ihtiyaç duyulmasının temel sebebi benzer indeks değerlere sahip gridlerin benzer morfolojik özellikleri göstermemesidir. Örneğin, 1. bileşende (konut yoğunluğu gibi) yüksek değerlere sahip ve diğer bileşenlerde (yol ağı merkeziliği gibi) düşük değerlere sahip bir grid ile 1. bileşende düşük; ancak diğer bileşenlerde yüksek değerlere sahip başka bir gridin indeks değerinin benzer çıkmasıdır. Genellikle akademik çalışmalarda indeks değerleri hesaplandıktan sonra Jenks doğal kırılma sınıflandırma yöntemi kullanılarak indeks değerlerine göre örüntülerin dağılımı belirlenmektedir (Fu vd., 2019). Ancak tez çalışması kapsamında, benzer morfolojik özelliklere sahip örüntülerin sınıflandırılarak bu sınıflar arasındaki morfolojik örüntü indeks değerlerindeki farklılaşmanın (merkeziliğin) ortaya konulması hedeflenmiştir. Böylece hem morfolojik özelliklerin dağılımı bağlamında hem de merkezilik bağlamında benzer özellik gösteren homojen kümeler tespit edilmiştir. PCA yöntemi ile k-ortalama kümeleme algoritmasını birlikte kullanmak başarılı uygulamalar elde etmek için yaygın bir uygulamadır (Ding ve He, 2004; Zha vd., 2001; Jiang vd., 2012). Bu çalışmada, birbirine benzer morfolojik örüntü gösteren kümelerin mekânsal dağılımını ortaya koymak amacıyla PCA yöntemiyle birlikte k-ortalama kümeleme algoritması yöntemi kullanılmıştır.

K-ortalama algoritması, veri kümelerini bir dizi kümeye bölmeyi sağlayan makine öğrenimi kümeleme algoritmasıdır (Wu vd., 2008; Zhu vd., 2019). Algoritma, küme içindeki farkı en aza indirmeyi, kümeler arasındaki farkı ise en üst düzeye çıkarmayı amaçlarken mesafeyi bir benzerlik ölçüsü olarak kullanır. Diğer bir deyişle, nesneler arasındaki daha az mesafe daha fazla benzerlik anlamına gelir (Wu vd., 2018). K-ortalama kümeleme analizi için aşağıdaki adımlar uygulanmaktadır:

Başlangıç (adım a): veri setinden rastgele bir k gözlemi seçilerek başlangıç ağırlık merkezi olarak alınır (Li, 2012). Her gözlem değerine rasgele bir başlangıç ağırlık merkezi, yani ilk küme atanır. Ardından, rastgele seçilen başlangıç merkezlerinin ortalama değeri hesaplanarak döngü başlatılır.

İlk kümeleme (adım b): Her girdi verisi ( $x_p$  değeri) için en küçük kareler Öklid mesafesi hesaplanır ve  $x_p$  değerleri en yakın ortalama değere sahip  $S_i^{(t)}$  kümesine atanır (Eş. 3.17).

$$S_i^{(t)} = \{x_p: \|x_p - m_i^{(t)}\|^2, \forall j, 1 \leq j \leq k\}, \quad (3.17)$$

Burada  $x_p$  p'inci gözlem değeri,  $S_i^{(t)}$  t'inci döngüdeki i'inci küme ve  $m_i^{(t)}$  t'inci döngüdeki i'inci küme ortalamasıdır (Xie vd., 2021).

Yeniden kümeleme (adım c): Her bir kümeye atanan gözlemlerin ortalaması yeniden hesaplanarak küme merkezleri güncellenir (Eş. 3.18).

$$m_i^{(t+1)} = \frac{1}{|S_i^{(t)}|} \sum_{x_j \in S_i^{(t)}} x_j \quad (3.18)$$

Burada  $m_i^{(t+1)}$  t + 1 döngüsündeki i'inci küme ortalamasıdır (Xie vd., 2021).

Bitiş (adım d) kümelerin ortalama değerinde bir yakınsama olana kadar (b) ve (c) adımları tekrarlanır. Atama artık değiştirilmediğinde kümeleme tamamlanmıştır (Zhu vd., 2019; Xie vd., 2021).

K-ortalama kümeleme algoritmasında başlangıç merkezlerinin rastgele seçilmesi algoritmanın yüksek hatalar vermesine ve kümeleme sonuçlarının zayıflamasına sebep olmaktadır. K-ortalama algoritmasının en iyi küme sayısını belirlemede yaşadığını soruna çözüm olarak Elbow (dirsek) yöntemi geliştirilmiştir. Elbow, k-ortalama yönteminde analize dâhil edilen bütün değişkenleri kullanarak en iyi küme sayısını aramaktadır. Elbow yönteminde, K=2 ile başlanarak her adımda küme sayısı bir artırılır. Küme sayısı artırıldığında kümelerdeki bozulma hızla azalırken, yeni küme var olanların bir kısmına çok yakın olduğunda grafik bir dirseğe ulaşır. Grafik dirseğe ulaştıktan sonra çok yavaş bir şekilde değişim gösterir. Bu dirsek küme sayısını vermektedir (Syakur vd., 2018).

Çalışmada, küme sayısının belirlenmesi için analitik bir araç sağlaması sebebiyle k-ortalama kümeleme analizinde Elbow yöntemi kullanılmıştır. Bütün analiz aşamaları tamamlandığında, morfolojik örüntü indeksine göre kümelerin indeks değerleri hesaplanarak Ankara örnekleminde morfolojik merkeziliğin mekânsal dağılımı ortaya konulmuştur.

### 3.2.2. Ağ sistemi analizleri

Merkezi yer kuramında yerleşimlerin göreceli büyüklüğünün, işlevsel özelliklerinin ve coğrafi mesafesinin hiyerarşik düzende açıklanması sebebiyle, mesafenin önemini yitirdiği,

hiyerarşinin yerini yatay ilişkilere bıraktığı günümüz koşullarında kentsel sistemleri tanımlamak için ağlar kuramından faydalanmak önemlidir.

Ağ sisteminin belirlenmesinde bireysel hareketlilik örüntüleri ve kentsel ulaşımın seyahat kalıpları önemli rol oynamaktadır. Bu kalıpları anlamak, kent planlama (Sun vd., 2016; Tian vd., 2010), hizmet sunumu ve yatırım (Jittrapirom vd., 2017), trafik yönetimi (Chen vd., 2016), kamu güvenliği (Sun vd., 2016; Horanont vd., 2013; Lu vd., 2012), toplu taşıma sistemleri (Zhao vd., 2018), hastalık yayılımı ve kontrolü (Bajardi vd., 2011; Wesolowski vd., 2012) vb. konularda önemli bir araç sağlar.

Son yıllarda, insan hareketlilik örüntülerini anlamak için araç çağırma hizmetleri (ride-hailing service) (Zhang vd., 2022), akıllı kart verileri (Zhao vd., 2018; Goulet-Langlois vd., 2017; Zhong vd., 2017; Hasan vd., 2012), gezici araba gözlemleri (floating car data) (Liu ve Ban, 2013; Chen vd., 2019; Peng vd., 2012; Veloso vd., 2011; Zheng vd., 2018; Ehmke vd., 2012; Sun vd., 2020), cep telefonu arama kayıtları (Gonzalez vd., 2008; Chen vd., 2016; Huang vd., 2018), sosyal medya check-in verileri (Abbasi ve Hossein Rashidi, 2019; Rashidi vd., 2017; Colombo vd., 2012, Hasan vd., 2013), GPS verileri (Zhao vd., 2015) kullanılmaktadır.

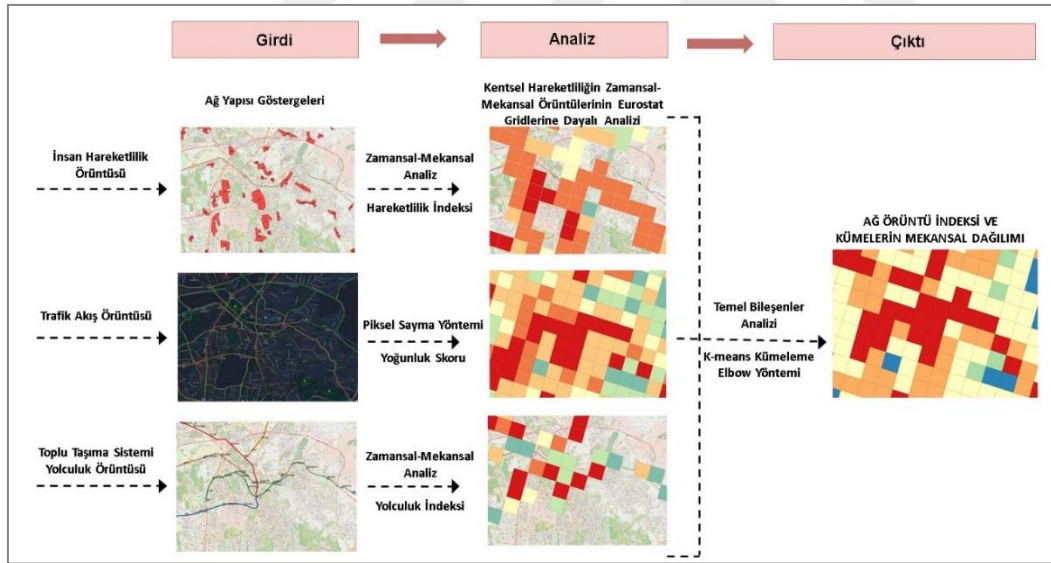
Hareketlilik çalışmaları için benimsenen bu veri toplama yöntemlerinden cep telefonu arama kayıtları, sosyal medya check-in verileri ve GPS izleri bireysel dijital izlere dayalı (individual digital traces) olarak insan hareketliliğini ortaya koymaya çalışır. Bu tür veriler, dışsal hareketlilik verileri (extrinsic mobility data) olarak adlandırılır. Dışsal hareketlilik verileri, kullanıcının zaman içindeki konumlarını örnekleyerek toplanmaktadır. Bu örnekleme sürecinin veri üreten olaylar tarafından belirlenmesi sebebiyle eksik hareketlilik bilgilerine sebep olmaktadır (Zhao vd., 2018; Huang vd., 2018). Örneğin, cep telefonu arama kayıtları bir kişinin ne zaman ve nerede telefonu kullandığına göre değişmekte, bu durum telekomünikasyon davranışı ile seyahat davranışı arasında tutarsızlık yaratabilmektedir. Sosyal medya check-in verileri kullanıcıların sadece check-in yaptıkları zamanlarda ve mekânlarda veri üretmesi nedeniyle, günün farklı saatlerine göre kentsel mekânın bütününe mekânsal-zamansal analizi için yetersiz kalmaktadır. GPS izlerinde ise bireysel dijital izlerin bireyler arasında farklılık gösteren birbiriyle ilişkili ancak farklı kişisel tercihler tarafından yönlendirilmesi sebebiyle (Zhao vd., 2016) seyahat davranışının bütünü temsil etmesi zordur.

Araç çağırma hizmetleri, akıllı kart verileri ve gezici araba gözlemleri gibi veri toplama yöntemleri ise doğrudan kentsel ulaşım sistemlerinden toplanan içsel hareketlilik verileri (intrinsic mobility data) olarak adlandırılmaktadır (Purnama vd., 2015). İçsel hareketlilik verileri dışsal hareketlilik verilerindeki zaman damgalı konumların (time-stamped locations) aksine, seyahat anlarındaki gerçek davranış verilerini yansıtır (Zhao vd., 2018). Bu nedenle bireysel hareketlilik modellerinin ortaya çıkarılmasında ve mekânsal-zamansal analizlerde sıklıkla başvurulmaktadır. Ancak ulaşım uygulamalarının da bazı sınırlamaları vardır. İnsanlar genellikle zamanlarının çoğunu konumlar arasında seyahat etmek yerine bir konumda kalarak geçirir veya taşıt kullanmak yerine başka bir seyahat modunu tercih edebilir. Araç çağırma hizmetleri kullanılarak toplanan verilerde, kullanıcıların konumunun sadece bu hizmeti kullandıklarında belirlenmesi nedeniyle diğer zamanlarda kullanıcıların konumları ve en çok ziyaret ettikleri yerlere ait bilgiler toplanamamaktadır. Gezici araba gözlemleri sadece taşıt hareketliliğini vermesi nedeniyle kullanıcıların yaya olarak yoğun olduğu bölgeler hakkında bilgi vermemektedir. Akıllı kart işlemleri ise sadece durak noktalarındaki hareketlilik yoğunluklarını göstermekte, kentsel mekânın bütünü hakkında bilgi vermemektedir.

Son yıllarda bireysel dijital ayak izlerinin (individual digital footprints) izlenmesine yönelik çeşitli veri toplama yöntemleri geliştirilmiş olsa da gerçek zamanlı yoğunluk verilerinin belirlenmesi, kentsel mekânın bütününe mekânsal-zamansal kullanımının analiz edilmesi konularında eksiklikler tespit edilmiştir. Akademik literatürde, zaman serisi yoğunluk verilerine dayalı insan hareketlilik modellerinde (human mobility pattern) eksiklikler bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu araştırma boşluğunu doldurmak için, bu çalışmada, kentsel mekândaki hareketlilik kalıpları, Google Maps'in yoğunluk bölgeleri ile zamansal grafiklerinden elde edilen büyük ölçekli veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Bu veriler, dışsal hareketlilik verilerindeki gibi zaman damgalı konumlar yerine Google Konum geçmişi açık olan kullanıcıların haftalık döngü içerisindeki saatlik kullanım yoğunlukları hakkında bütüncül bir veri seti sunmaktadır. Google Maps, yıllık kullanım trendlerini birleştirerek kentin yoğun olarak kullanılan alanları için zamansal yoğunluk grafikleri sunar. Bu grafikler ve yoğun alanlar geçmişten günümüze kadar toplanan trendleri göstermesi sebebiyle anlık olarak değişiklik göstermemekte, düzenli kullanım trendlerini vermesi sebebiyle mekânsal-zamansal analizler için uygun görülmektedir.

Bu çalışma, Google Maps yoğun alan (busy area) verilerine dayalı olarak gerçek zamanlı mekânsal yoğunlukların analiz edildiği ve insan hareketlilik modellerinin mekânsal-zamansal yapısının ortaya konulduğu ilk çalışmadır. Bu çalışmanın ana katkılarından biri, kentte merkez niteliğindeki bölgelerin mekânsal-zamansal hareketlilik kalıplarına bağlı olarak hareketlilik örüntülerinin/modellerinin ortaya konulmasıdır. Bu araştırmanın sonuçları, kent planlama ve politika oluşturma konularında gelecekteki birçok çalışma için değerli bilgiler sağlayacaktır.

İnsanların mekânsal yoğunluklarının yanı sıra ulaşımda seyahat ettikleri saatler de hareketlilik örüntülerinin belirlenmesinde önemlidir. Bu nedenle çalışmada, Google Maps'in sunduğu yoğunluk bölgelerinin yanı sıra taşıt gps izlerinden elde edilen Yandex trafik yoğunluk verileri ve toplu taşıma yoğunluk grafikleri kullanılarak kentsel ulaşımda hareketlilik örüntüleri analiz edilmiştir. Böylece, çalışmada içsel ve dışsal hareketlilik verileri bir arada kullanılarak bütüncül bir yaklaşım ortaya konulmuştur (Şekil 3.10)



Şekil 3.10. Ağ yapısı analiz aşamaları

(1) İnsan hareketliliği örüntü analizi için, mekânsal-zamansal kalıpların okunmasını sağlayan PCA yardımıyla k-ortalama kümeleme analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, mekânsal-zamansal kalıplara göre bölgeleri kümelemeyi ve hareketlilik indeksi geliştirmeyi sağlamaktadır. İnsan hareketliliği verileri, Google Maps'ten elde edilen kalabalık bölge (busy area) grafiklerinden toplanmıştır. Bu veri setinde Google Konum Geçmişi'ni etkinleştiren kullanıcıların toplu ve anonimleştirilmiş verileri kullanılmakta, ev, apartman



serilerinin periyodik özellik göstermesi nedeniyle saatlik skorların hafta içi ve hafta sonu olmak üzere ortalamaları alınmıştır. Hafta içi ve hafta sonu zamansal veri setindeki peak saatler belirlenerek bu saatlere ait yoğunluk haritaları elde edilmiştir. Yoğunluk haritaları, çalışmanın birim alanı olan ızgara hücrelerle birleştirilerek piksel sayma yöntemi sayesinde her bir ızgara hücreye yoğunluk skoru atanmıştır.

(3) Toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüsü analizi için insan hareketliliği örüntü analizine benzer şekilde PCA yardımıyla k-ortalama kümeleme analizi yöntemi kullanılmıştır. Toplu taşıma sistemi verileri, hafif raylı sistemler, banliyö sistemi, teleferik hatları yoğunluk verilerinden oluşmaktadır. Toplu taşıma verileri (Ankaray hattı, metro hattı, teleferik hattı, otobüs hattı ve durak noktaları) Ankara Büyükşehir Belediyesi'nin resmi sayfasından elde edilmiştir. Otobüs hatlarına ait hat ve durak yeri verileri elde edilmiş; ancak duraklardaki yoğunluk verilerinin bulunamaması sebebiyle çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Raylı sistemlerin ve teleferik hatlarının mekânsal-zamansal yoğunluk grafikleri Google Maps veri tabanından elde edilerek konumlarına ve haftalık döngü içindeki saatlik aralıkların yoğunluklarına göre mekânsal-zamansal olarak CBS'de işlenmiştir. Çalışma alanında elde edilen 81 adet durağın yoğunluk grafiklerinde piksel sayma yöntemi (pixel counting) kullanılarak durakların günlük-saatlik yoğunluk skorları belirlenmiş ve istatistiksel analizler için toplamda 13.608 adet veri girişi yapılmıştır. 3 adet durağın istatistiksel olarak yeterli yolcu yoğunluğuna ulaşmaması sebebiyle yoğunluk grafikleri bulunmamaktadır. Bu duraklar, yapılan analizler sonucunda kendisinden önceki ve sonraki durakların yoğunluk indekslerine göre değerlendirilmiştir.

Ağ özelliklerine göre ızgara hücrelerin hareketlilik indekslerinin belirlenmesinin ardından kentsel hareketlilik örüntülerinin ürettiği ağ sistemi yapısı ve merkezilik düzeyi tespit edilmiştir. Bu aşamada kümeleme analizi ön plana çıkmaktadır. Ağ merkezlerinin mekânsal dağılımını gösteren kümeler oluşturulduktan sonra mekânsal ilişkilerini görebilmek için Mekânsal İlişkilerin Yerel Göstergeleri (Local Indicators of Spatial Association - LISA) analizi yapılarak küme haritaları oluşturulmuştur. Mekânsal otokorelasyon analiz yöntemi olan LISA, ağ merkeziliği araştırmasını tamamlayıcı analiz olarak görülmekte, oluşan mekânsal örüntülerin işleyişinin anlaşılması ve yorumlanması aşamasında analiz sonuçlarına başvurulmaktadır.

### İnsan hareketliliği örüntü analizleri

İnsan hareketliliği örüntü analizinde, zamansal mekânsal yapının belirlenmesi için akışlar üç bileşende ele alınmıştır. Bunlar, hareketlilik yoğunluğu, periyodik kalıplar (günün farklı saatlerine göre zamansal yoğunluk kalıpları) ve trend (periyodik kalıplardaki değişiklikler) olarak tanımlanmaktadır. İnsan hareketlilik bölgelerinin günün farklı saatlerine göre yoğunluk skorları, grafikler üzerinde piksel sayma yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Haftanın her gününe ve saatine göre belirlenen skorların hafta içi ve hafta sonu ortalamaları alınarak istatistiksel analizler (temel bileşenler, k-ortalama kümeleme) yapılmıştır. Bu analizler için izlenen adımlar:

Adım 1: Google Maps'in hareketlilik bölgelerinin mekânsal verilerinin CBS'de Worldwide Geodetic System 1984 (WGS84) koordinat sistemine dönüştürülmesi,

Adım 2: Mekânsal bölgelerin zamansal yoğunluk grafiklerinin piksel sayma yöntemiyle günlük ve saatlik skorlarının belirlenmesi, hafta içi ile hafta sonu ortalamalarının alınması,

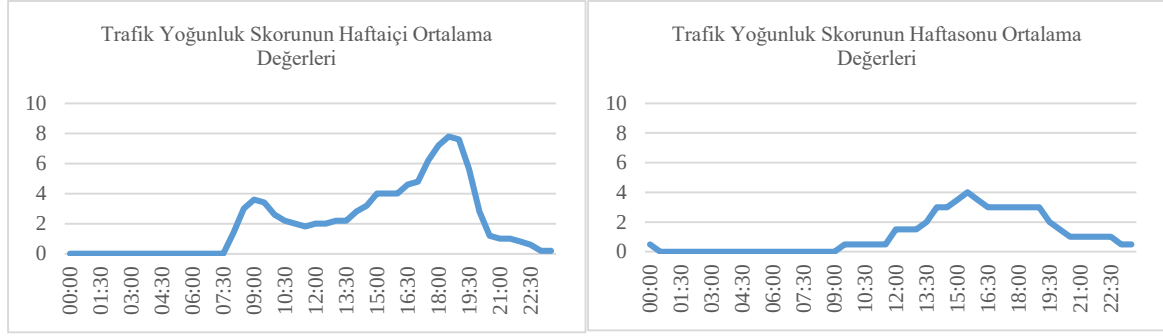
Adım 3: K-ortalama kümeleme analizi yöntemi ile hafta içi ve hafta sonu zamansal yoğunluk kalıplarına ve trendine bağlı olarak benzer özellikler gösteren kümelerin belirlenmesi,

Adım 4: PCA yöntemi ile hareketlilik indeksinin üretilmesi, kümelere ait indeks değerlerinin hesaplanması,

Adım 5: Hareketlilik bölgelerinin zamansal indeks değerlerinin ve mekânsal alan büyüklüklerinin çalışma birimi olan ızgara hücrelere tanımlanmasıdır.

### Trafik akış örüntüsü

Trafik akış örüntüsünün analizi için araç GPS izlerine göre haftanın farklı gün ve saatlerine ait ortalama trafik yoğunluk skoru üreten Yandex'in trafik yoğunluk verileri kullanarak hafta içi ve hafta sonu yoğunluk trendleri elde edilmiştir. Buna göre hafta içi 09:00 ve 18:30 saatleri, hafta sonu ise 15:30 saati peak saatler olarak belirlenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Trafik yoğunluğunun hafta içi ve hafta sonu trendi

Hafta içi ve hafta sonu en fazla yoğunluğa sahip saatlerin yoğunluk haritaları elde edilerek çalışma birimi olan Eurostat ızgara hücreleriyle birleştirilmiştir. Her bir ızgara hücreye ait trafik yoğunluk skoru, piksel sayma yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, yeşil renkle ifade edilen yoğunluğa 1, sarıya 2, kırmızıya 3 skoru (Harita 3.9) atanacak şekilde bu skorların ızgara hücre içerisinde kapladığı piksel uzunluğuyla çarpımının ızgara hücredeki toplam piksel sayısına bölünmesi sonucu trafik yoğunluk skoru elde edilmiştir.

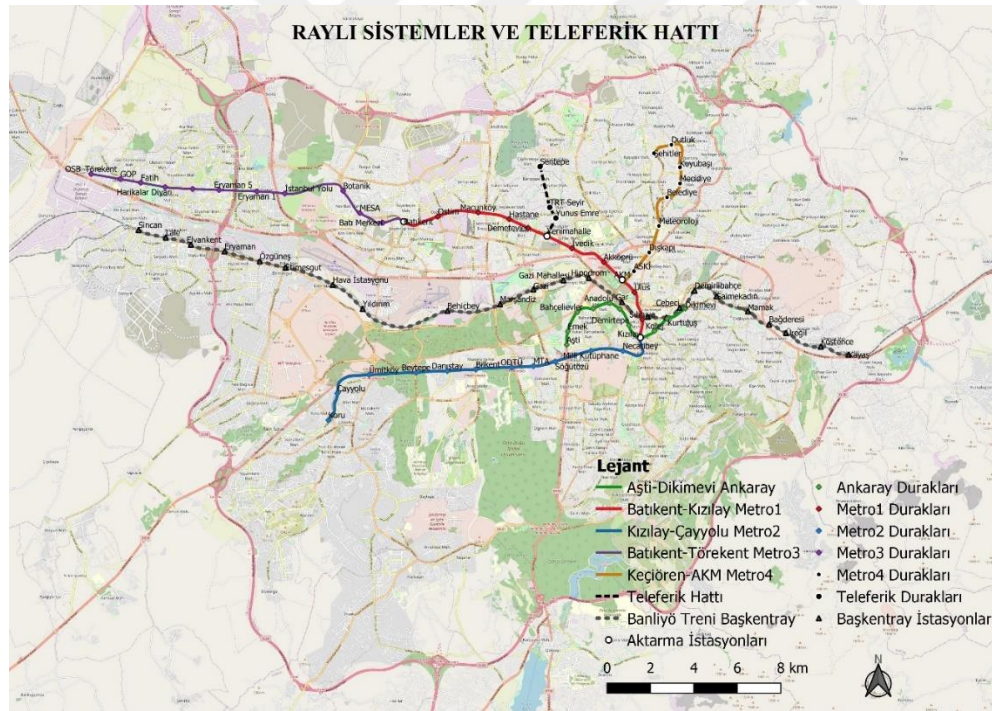


Harita 3.9. Yandex trafik yoğunluğu ve Eurostat ızgara hücreleriyle birleştirilmesi

Çalışmanın önceki bölümünde analiz edilen morfolojik göstergelerle hareketlilik analizlerinin bir arada hibrit modele dâhil edilebilmesi için yol ağının bulunduğu; ancak yoğunluk skoru için yeterli araç yoğunluğuna ulaşmamış ızgara hücreler ile yol ağı bulunmayan ızgara hücrelerin birbirinden ayrılması gerekmektedir. Bu nedenle yol ağı bulunmayan hücrelere 0, bulunan ancak yeterli trafik yoğunluğuna ulaşmayan hücrelere 1 değeri verilmiştir. Bu veriler istatistiksel analizler yapılmadan önce min-max normalizasyon yöntemi kullanılarak normalleştirilmiş ve ağ örüntü analizlerinde peak saatlere ait günlük skorlar ayrı göstergeler olarak analizlere dâhil edilmiştir.

### Toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüsü

Toplu taşıma sistemlerinde hafif raylı sistemler, banliyö treni ve teleferik hattının durak yoğunlukları analiz edilmiştir. Çalışma alanında Aşti-Dikimevi arasındaki bağlantıyı sağlayan Ankaray hattı, doğudan batıya Törekent-Batıkent ve Batıkent-Kızılay bağlantılarını sağlayan metro hatları, Kızılay'dan güneybatı bağlantı hattını oluşturan Çayyolu metro hattı ve kentin kuzeydoğu bağlantı hattını oluşturan AKM-Keçiören metro hattı olmak üzere dört adet metro hattı, bir adet Ankaray hattı bulunmaktadır. Hafif raylı sistem hatlarının yanı sıra kentin doğusunda Sincan'dan başlayıp batısında Kayaş'a kadar uzanan Banliyö Treni (Başkentray) bulunmaktadır. Kentin kuzeyinde ise Yenimahalle-Şentepe bağlantısını sağlayan teleferik hattı yer almaktadır. Farklı ulaşım modları arasında geçişi sağlayan aktarma istasyonları ise Batıkent, Yenimahalle, Atatürk Kültür Merkezi (AKM) ve Kızılay duraklarıdır (Harita 3.10).



Harita 3.10. Çalışma alanında yer alan raylı sistemler ve teleferik hatları

Toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüsünün belirlenmesinde akışlar, hareketlilik örüntü analizine benzer şekilde yolculuk yoğunluğu, periyodik kalıplar (günün farklı saatlerine göre zamansal yoğunluk kalıpları) ve trend (periyodik kalıplardaki değişiklikler) olmak üzere üç düzeyde ele alınmıştır. Hafif raylı sistem duraklarının günün farklı saatlerine göre yoğunluk skorları, grafikler üzerinde piksel sayma yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Haftanın her

gününe ve saatine göre belirlenen skorların hafta içi ve hafta sonu ortalamaları alınarak istatistiksel analizler (temel bileşenler, k-ortalama kümeleme) yapılmıştır. PCA bütün durakların saatlik yoğunluk skorlarını değerlendirerek günün farklı zamanlarında benzer yolculuk yoğunluğu gösteren saatleri aynı bileşende tanımlamaktadır. PCA'da raylı sistemlerin hizmet vermediği 00:00-06:00 saat aralığı analiz dışında tutulmuştur.

#### Temel bileşen analizi ve K-ortalama kümeleme (Elbow yöntemi)

Çalışmada ağ örüntülerini belirlemek ve ağ merkeziliğini ölçmek için farklı göstergeleri tek ve kapsamlı bir indekste birleştirmeyi sağlayan PCA yöntemi kullanılmıştır. PCA, aralarında korelasyon bulunan göstergeleri boyut azaltma yöntemi sayesinde tek bir bileşende toplamayı sağlar. Böylece, farklı göstergeler arasında olası örtüşen bilgiler ortadan kaldırılmakta ve kentsel ağ örüntülerinin merkeziliğini ölçmek için mevcut göstergelerden kapsamlı bir indeks oluşturulmaktadır.

Farklı hareketlilik örüntülerine sahip bölgelerin kentsel mekânda nasıl gruplandığını belirlemek için çok değişkenli istatistiksel bir yöntem sunan kümeleme analizi yöntemi kullanılmıştır. Kümeleme teknikleri, büyük ve karmaşık veri setinde benzer özelliklere sahip olan ve birbirine benzemeyen kümeleri belirlemektedir. Kümeleme analizinde uzaklık ve benzerlik olmak üzere iki temel kavram kullanılmaktadır. Uzaklık iki elemanın birbirinden ne kadar ayırık olduğunu gösterirken benzerlik de yakınlığını göstermektedir. Çalışmada, küme sayısının belirlenmesi için analitik bir araç sağlaması sebebiyle Elbow yöntemi seçilmiştir. Ağ sisteminin göstergeleri olan insan hareketlilik örüntüsü, trafik akış örüntüsü ve toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüsüne göre benzer özellikler sergileyen ızgara hücreler aynı kümede tanımlanarak ağ sisteminin mekânsal örüntüsü ortaya konulmuştur.

Son olarak, çalışmada mekânsal bağımlılığa ilişkin coğrafi mekânda komşu hücreler arasındaki bağımlılık derecesini analiz eden mekânsal otokorelasyon istatistikleri kullanılmıştır. Mekânsal otokorelasyona ait Mekânsal İlişkilerin Yerel Göstergeleri Analiz (LISA) yöntemi küresel indeksleri (Moran's I, Geary's C, Getis–Ord's General G) yerel ölçümlere dönüştürmeyi sağlayarak mekânsal ilişkileri tanımlamaktadır (Gao, 2015). Anselin (1995) tarafından geliştirilen LISA sayesinde, yerleşimlerin kendilerinin ve komşularının ortalamaya kıyasla nasıl bir dağılım gösterdiği tespit edilmektedir. LISA, mekânsal heterojenliği ölçmenin yanı sıra yüksek veya düşük ağ merkeziliğine sahip yerel

kümeleri tespit etmeyi sağlamaktadır. Ağ özelliklerine göre yüksek veya düşük değerlere sahip kümelerin kentin hangi bölgelerinde yer seçtiğinin yorumlanması, kentsel mekânsal örüntülerin anlaşılması açısından önemlidir. LISA analizinde yerleşimler ve komşularının mekânsal ilişkisi, Moran dağılım grafiği merkez noktası değerlerinden üretilen ortalamaya göre değerlendirilmektedir.

LISA’da yerel Moran indeks, Eş. 3.19’daki eşitlikle tanımlanır (Gao vd., 2019):

$$I_i = \frac{N(X_i - \bar{X}) \sum_j^N w_{ij} (X_j - \bar{X})}{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (3.19)$$

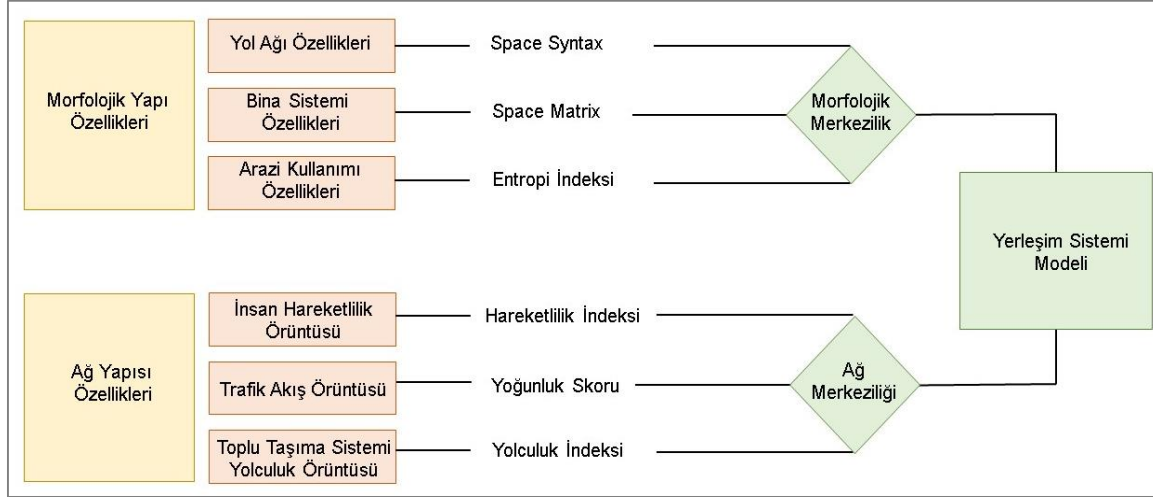
Bu formülde, i alt bölgesinin yerel Moran indeksi  $I_i$ , olarak ifade edilir. Bu indeks alt bölge ile komşuluk arasındaki ilişkiyi gösterir. i alt bölgesi ve çevresindeki gözlemler ne kadar benzerse,  $I_i$ ’nin değeri de o kadar büyüktür. Alt bölge ile çevresi arasındaki ilişkiyi yorumlamak için Düşük-Düşük, Yüksek-Yüksek, Düşük-Yüksek ve Yüksek-Düşük olmak üzere dört grup tanımlanmaktadır. Burada Yüksek-Yüksek ve Düşük-Düşük grubundaki yerleşimler mekânsal kümeleri (spatial clusters), Yüksek-Düşük ve Düşük-Yüksek grubundaki yerleşimler ise mekânsal uçdeğerleri (spatial outliers) göstermesi açısından önemlidir. Düşük-Yüksek grubu, yüksek değerlerle çevrili düşük değerleri, yani soğuk noktayı (cold spot) ve Yüksek-Düşük grubu, düşük değerlerle çevrelenmiş yüksek değerleri yani sıcak noktayı (hot spot) temsil eder (Gao vd., 2019).

LISA analizi mekânsal örüntünün ortaya konulması ve ağ merkezleri ile komşularının ortalamaya kıyasla dağılımının tespit edilerek mekânsal otokorelasyonun ölçümü açısından önemlidir.

### 3.2.3. Modelleme çalışması

Morfolojik özelliklere ve ağ ilişkilerine göre merkezilik skorlarının belirlenip ayrı ayrı yorumlanmasının ardından bu iki özelliğin birleştirilerek Ankara kent bütünü olarak tanımlanan merkez ilçeleri içerisindeki yerleşimlerin bütünleşik merkezilik dereceleri ortaya konulmuştur. Yerleşimlerin bütünleşik merkezilik derecelerinin belirlenmesinde farklı morfolojik ve ağ sistemi göstergeleri arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi önemlidir. Bu tespit, hem morfolojik göstergeler ile hareketlilik örüntüleri arasındaki ilişkiyi yorumlamayı sağlar hem de bütünleşik merkezilik indeksi için aralarında korelasyon ilişkisi bulunan

göstergelerin aynı bileşenler altında toplanmasına olanak tanır. Bütünleşik merkezilik indeksinin üretilmesi için PCA yöntemi kullanılmıştır. Bu analizler sonucunda örüntülerin ve akışların nasıl mekânsal yapılar ürettiğini gösteren yeni bir kentsel sistem modeli ortaya konulmaktadır. (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Yerleşim sistemi modelinin aşamaları

PCA'dan elde edilen bütünleşik merkezilik indeksi formülüyle her hücrenin indeks değeri hesaplanarak mekânsal örüntüler ortaya konulmuştur. Ardından mekânsal otokorelasyon analizi yapılarak kümelenmeler ve mekânsal uçdeğerler tespit edilmiştir. Morfolojik örüntüler, ağ örüntüleri ve hibrit modelin ortaya koyduğu mekânsal örüntüler kentsel mekândaki işlevsel bölgelerin belirlenmesini, morfolojik yapının ve ağ özelliklerinin farklı boyutlarına bağlı olarak merkezlerin işlerliği hakkında tespitler sağlar.

Hibrit yerleşim sistemi örüntü indeksi, morfolojik örüntülerin ve ağ akışlarının ürettiği mekânsal yapıları kapsayıcı bir ele alışla açıklaması açısından önemlidir.

### 3.3. Bölüm Değerlendirmesi: Materyal ve Yöntem Üzerine Çıkarımlar

Morfolojik yapı ve ilişkisel ağ yapısının birlikte ele alındığı tez çalışmasında uygulama alanı olarak belirlenen Ankara ili merkez ilçelerini kapsayan kentsel yerleşimin, geniş kentsel yerleşik alana ve nüfus büyüklüğüne sahip olması, kentsel işlevler açısından çeşitlilik sunması, sosyo-ekonomik farklılıklara sahip alt bölgeleri barındırması mekânsal örgütlenmenin araştırılması için uygun bir çalışma alanı olduğunu göstermiştir.

Günümüzde, özellikle büyük şehirlerin çok sayıda etkileşimi içermesi ve bu etkileşimler tarafından yönlendirilen karmaşık sistem özelliklerine sahip olması mevcut mekânsal örgütlenme modellerinin yetersiz kaldığını göstermiştir. Karmaşık kentsel sistemlerde kentsel mekânsal örgütlenmenin yapıları çevre unsurlarından ve yaşayan nüfusun ürettiği ilişkilerden etkilenmesi ve bu etkileşime bağlı bir değişime sahip olması söz konusudur. Bu bağlamda çalışmada, karmaşık bir sistem olarak kentlerin mekânsal örüntüleri, morfolojik unsurların ürettiği merkezilikler ve kullanıcıların ürettiği kent içi hareketlilik ağları mekânsal analizler kullanılarak ampirik ve analitik olarak araştırılmaktadır.

Önerilen yöntemde, yerleşim sistemi örüntüleri modellenmekte, sayısal bir indeks üretilmektedir. Morfolojik yapıda yol ağı, bina sistemi ve arazi kullanımı gibi çeşitli morfolojik unsurların ürettiği merkezilikler, sayısal ölçülerle mekânsal olarak açıklanmaktadır.

Ağ yapısında, kentsel mekânın hareketlilik örüntüleri ve mekânsal-zamansal yapısı değerlendirilmektedir. Geçmişten beri yerleşim sistemlerinin işleyişini açıklayan merkezi yerler kuramının temel kabulleri sorgulanmaktadır. Ağ sisteminin ürettiği mekânsal örgütlenmenin yapısı, mekânsal-zamansal yoğunlukların istatistiksel analizleri ile sayısal ve mekânsal olarak açıklanmaktadır.

Son olarak önerilen hibrit modelde, karmaşık kentsel sistem özellikleri gösteren günümüz kentsel yerleşimlerinin mekânsal örüntülerini açıklamak için bir indeks üretilmektedir. Morfolojik yapı ve ağ yapısının bir arada sürece dâhil edildiği kapsamlı bir ele alış biçimi mevcut parçacı yaklaşımları bir araya getirerek mekân bilimcilerinin açık kentsel sistem anlayışı geliştirmelerine katkı sağlamaktadır.

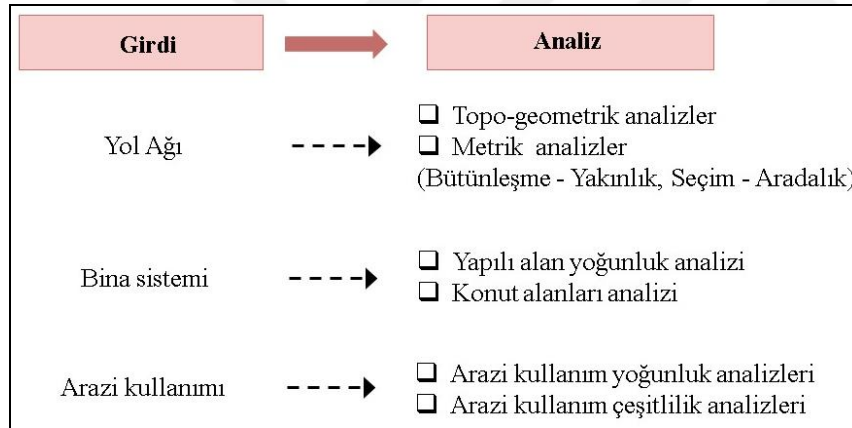


## 4. ANKARA KENTİNİN MEKÂNSAL ÖRÜNTÜSÜNE İLİŞKİN BULGULAR

Yerleşim sistemi örüntülerinin modellenmesine ilişkin önerilen yöntemin Ankara merkez ilçeleri üzerinden uygulanması sonucu elde edilen bulgular bu bölümde sunulmaktadır. Öncelikle modele ilişkin morfolojik yapı analizlerine yer verilmekte, ardından ağ sistemi analizleri sunulmaktadır.

### 4.1. Morfolojik Örüntülere İlişkin Analiz Bulguları

Morfolojik örüntülerin belirlenmesine ilişkin bulgular, yol ağının topo-geometrik ve metrik özellikleri, bina sisteminin yapıli alan yoğunluğu ve konut alanı yapılaşma özellikleri, arazi kullanımının yoğunluk ve çeşitlilik analizlerinden oluşmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Morfolojik yapının üç temel unsuru ve analiz aşamaları

#### 4.1.1. Yol Ağının topo-geometrik ve metrik özellikleri

Yol ağının analizleri, küresel olarak topo-geometrik ve yerel olarak metrik özelliklerinin tespit edilmesine yönelik yapılmıştır. Küresel ölçekteki topo-geometrik ölçümler, yerel bir yarıçap tanımlanmadan kentsel ağın bütününe ilişkin bütünleşme ve bağlanabilirlik analizlerinden oluşmaktadır (Hillier vd., 2009). Yol ağının yerel ölçekteki metrik özellikleri ise yaya yürüyüş (R800) ve taşıt sürüş (R5000) mesafelerine göre tanımlanan mesafeler kullanılarak yapılmıştır. Yerel ölçekteki analizler, Space Syntax yönteminde bütünleşme ve seçim ölçümlerine karşılık gelen sDNA yöntemindeki ilki yakınlık ve diğeri aradalık ölçümleri olmak üzere farklı parametrelere göre yapılmıştır.

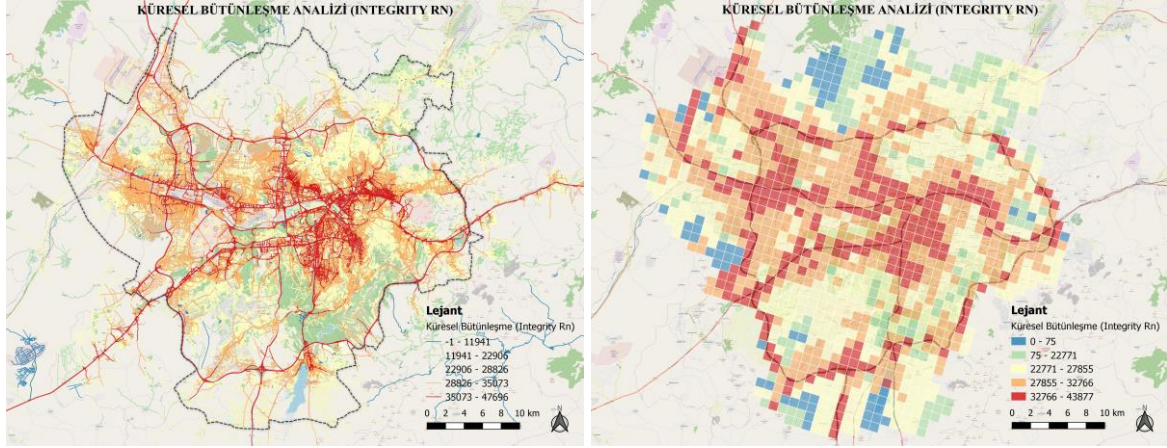
Yol ağına ilişkin farklı algoritmaları kullanan Space Syntax ve sDNA analizleri yapıldıktan sonra çalışma alanındaki her bir gridin ortalama değeri hesaplanarak istatistiki analizler için Ms.Excel’de veri girişi yapılmış ve QGIS programında Eurostat gridlerine bağlanmıştır. Bu veriler Jenks yöntemine göre sınıflandırılarak tematik haritalar üretilmiştir.

Space Syntax’ın iki yer arasındaki mesafeyi metrik mesafe yerine derinlik değeri ile tanımlaması, sDNA analizinde mesafelerin metrik değeriyle ölçülmesi sDNA analiz sonuçlarının daha anlamlı çıkmasını sağlamıştır. Çalışmada, iki analiz yöntemiyle yakınlık ve arasındalık merkeziliklerini temsil eden parametreler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş, modelleme aşamasında yerel ölçekli analizlerde metrik ölçüm değeri kullanan sDNA analiz sonuçlarına başvurulmuştur.

#### Topo-geometrik analizler

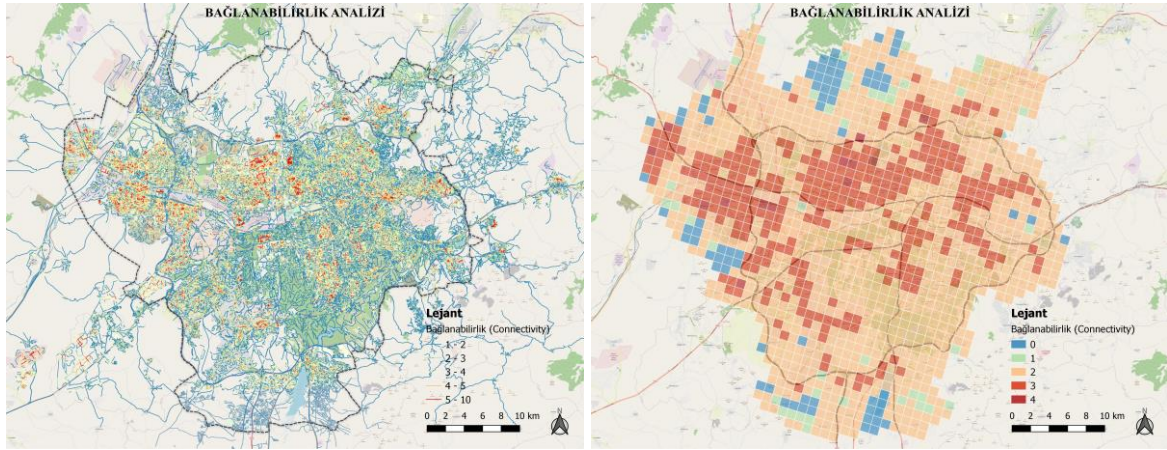
Yol ağının geometrik ve topolojik özelliklerini ifade eden topo-geometrik analizler, Space Syntax yönteminin çalışma alanındaki tüm eksenel hatları dikkate alarak hesapladığı bütünleşme ve bağlanabilirlik parametrelerinden üretilmiştir.

Kentteki bir sokağın yol ağı sistemindeki diğer tüm sokaklara erişilebilirlik derecesini tahmin eden küresel bütünleşme analizinde uzun ve kesintisiz hatların daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Eskişehir, İstanbul ve Konya bağlantısını sağlayan ana yollar küresel bütünleşme derecesi yüksek hatlardır. Kentte özellikle iş alanlarını birbirine bağlayan hatların bütünleşme değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Doğudan batıya sanayi alanlarının bulunduğu Siteler, İskitler, Gimat, Saray OSB bağlantısının, kuzeyden güneye genellikle ticaret alanlarının bulunduğu Ulus, Kızılay, Kavaklıdere semtlerini bağlayan Atatürk Bulvarı’nın yüksek bütünleşme değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Batıkent, Bahçelievler semtleri gibi genellikle düz ve kıvrımsız yol hatlarının bulunduğu bölgelerde eksenel hatların diğer hatlarla bağlantısı ve bütünleşme değeri daha yüksektir. Bu bölgeler doğrudan akış sağlanan hatların yoğun olduğu bütünleşik alanlar olarak kabul edilmektedir. Daha az ve kıvrımlı yolların bulunduğu Beytepe, Alacaatlı gibi mahallelerde bütünleşme değeri düşmektedir, değerin en düşük olduğu engebeli alanlar ise ayrılmış alanlar olarak belirlenmektedir (Harita 4.1).



Harita 4.1. Yol ağının küresel bütünleşme analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

Yol ağındaki sokakların bağlantı sayısını açıklayan bağlanabilirlik analizinde grid dokuya sahip alanların bağlanabilirlik değerleri yüksek iken organik dokuya sahip bölgelerde bağlanabilirlik değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Bağlanabilirlik değeri, özellikle grid yol ağlarına sahip sanayi bölgelerinde yüksek, Ankara Kalesi ve çevresi gibi organik dokuya sahip bölgelerde daha düşük çıkmıştır. İçerisinde sokak ağı bulunmayan orman alanları, dağlık alanlar, göller vb. doğal alanların bulunduğu ızgara hücrelerin değeri ise sıfıra eşittir (Harita 4.2).



Harita 4.2. Yol ağının bağlanabilirlik analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

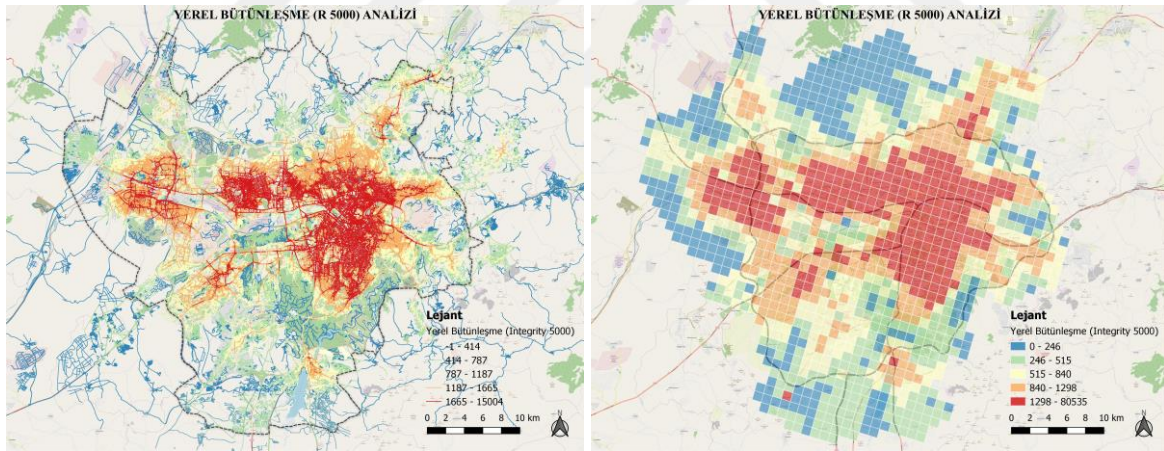
#### Yerel ölçekli metrik analizler

Yol ağının yerel ölçekli metrik özelliklerini gösteren analizleri yaya yürüyüş ve araç sürüş mesafe eşiklerine göre yapılmıştır. Space Syntax ve sDNA yöntemlerinin ağ teorisindeki yakınlık ve arasındalık merkeziliklerini farklı algoritmalar kullanarak temsil etmeleri

sebebiyle çalışmada bu yöntemler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Space Syntax yöntemindeki bütünleşme göstergesinin sDNA yönteminde yakınlık indeksine; seçim göstergesinin arasındalık indeksine karşılık geldiği bilinmektedir.

#### Bütünleşme (Space Syntax) ve yakınlık indeksi (sDNA) analizleri

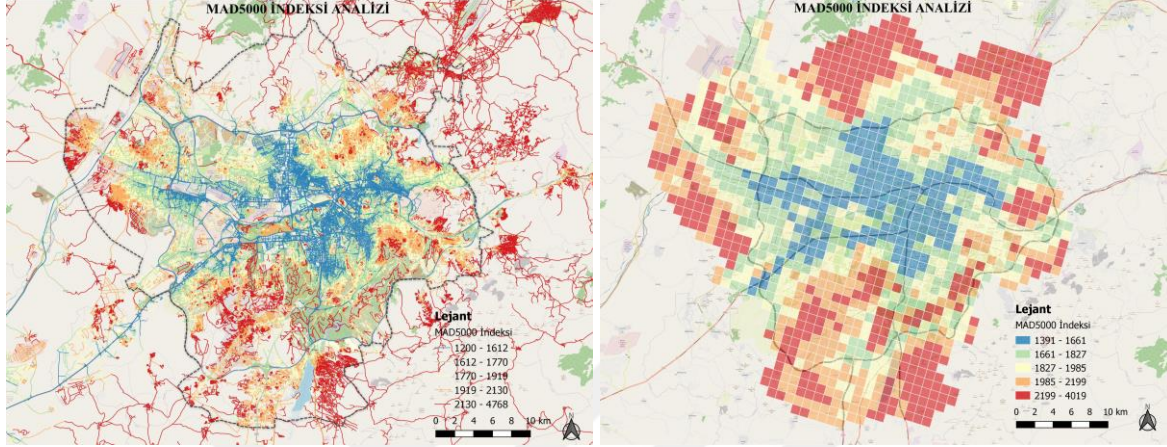
Space Syntax'ta belirlenen bir yarıçapta bir hattaki yön değişikliklerinin sayısına göre o hattın komşu caddelere bağlantısını hesaplayan yerel bütünleşme analizinde hattın uzunluğu bütünleşme değerini etkilemektedir. Araç sürüş mesafe eşiği (5000 metre) içerisinde bütünleşme değeri yüksek olan yani en az yön değişikliği yapılarak en fazla eksene erişilebilen bölgeler Çankaya, Yenimahalle (Batıkent) ve Altındağ ilçelerinde yoğunlaşmaktadır. Bu bölgeler, araç sürüş mesafe eşiğine göre erişilebilirliği yüksek bütünleşik alanlar olarak yorumlanmaktadır. Çalışma alanının çeperlerine doğru ise 5000 metre araç sürüş mesafesine göre erişilebilirlik düşmekte; doğrudan akışın bulunmadığı ayırık alanlar ortaya çıkmaktadır (Harita 4.3).



Harita 4.3. Yol ağının araç sürüş mesafesine göre yerel bütünleşme (R 5000) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

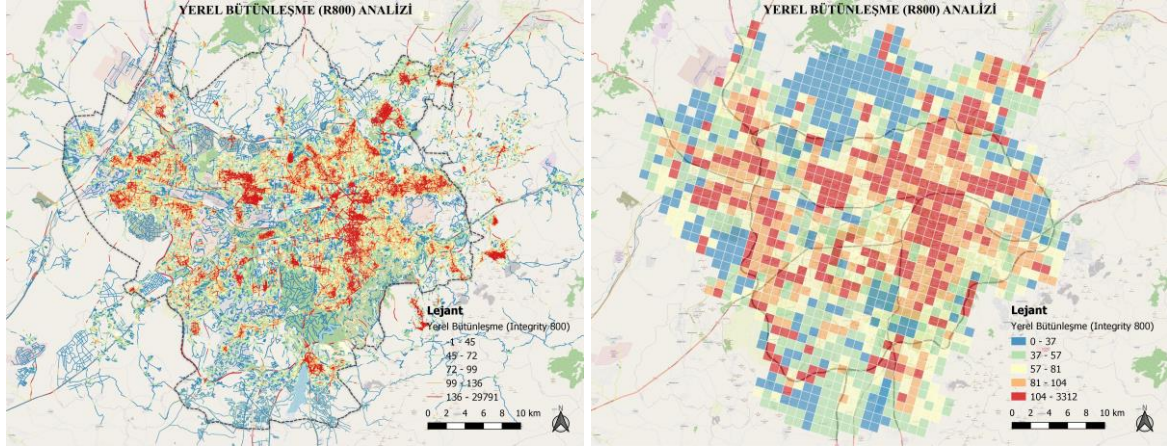
sDNA, alternatif bir yakınlık tanımı olarak uzaklığı ölçmektedir. Bu bağlamda, araç sürüş mesafe eşiğine göre belirlenen MAD5000 indeks değerinin düşmesi uzaklığın azaldığı, yakınlığın arttığı anlamına gelir. Analiz sonucunda yakınlığın yüksek olduğu bölgelerin Space Syntax analizindeki bölgelerle benzer olarak Çankaya, Yenimahalle ve Altındağ ilçelerinde yer aldığı belirlenmiştir. sDNA analizinde Space Syntax analizine benzer bölgelerin yakınlığı yüksek görülse de sDNA'da erişim sağlayan yol hatları belirgin olarak gözlenmektedir. Özellikle İstanbul, Samsun, Konya ve Eskişehir akslarının çevresi ile

Atatürk ve Anadolu bulvarlarının çevresinde indeks değerinin düştüğü, yakınlığın arttığı tespit edilmiştir (Harita 4.4). sDNA analizinde Space Syntax analizindeki derinlik ölçüsü yerine doğrudan metrik mesafe ölçüsünün kullanılmasının gerçeklikle olan ilişkisini artırdığı söylenebilir.



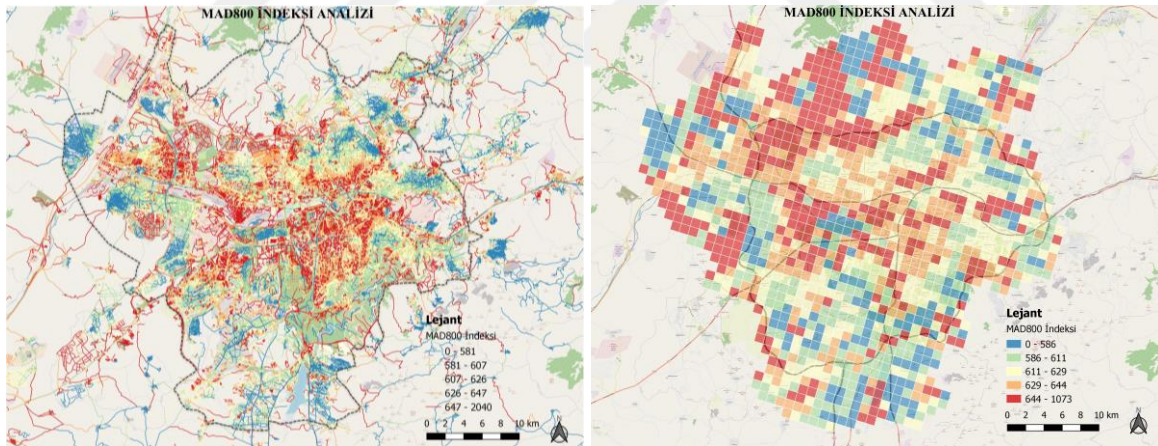
Harita 4.4. Yol ağının araç sürüş mesafesine göre yakınlık indeksi (MAD 5000) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

Yol ağındaki bağlantıları diğer bağlantılara olan erişilebilirliğine göre endeksleyen yerel bütünleşme analizi yaya yürüyüş mesafe eşiğine göre yapıldığında, yayalar için yol ağı kullanımının zorluğunu göstermektedir. Yerel bütünleşme değerinin yüksek olduğu alanlar yaya erişiminin de yüksek olduğu bütünleşik mekânlardır. Bu alanların özellikle kümelenen faaliyetler için avantajlı olduğu söylenebilir. Ulus, Kızılay, Kavaklıdere semtlerinin bütünleşme değerleri yüksektir, diğer bir deyişle yaya erişiminin yüksek olduğu bölgelerdir. Çalışma alanındaki ilçe merkezlerinin bulunduğu bölgelerde de yerel bütünleşme değerleri yüksek çıkmıştır (Harita 4.5).



Harita 4.5. Yol ağının yaya yürüyüş mesafesine göre yerel bütünleşme (R 800) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

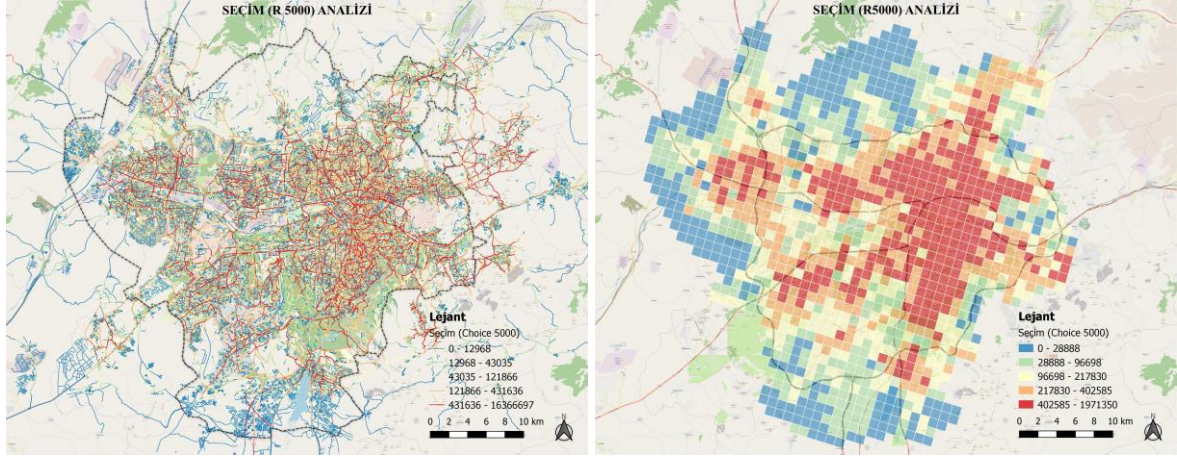
sDNA analizinde yaya erişilebilirliğinin zorluk derecesini ölçen MAD800 indeks değerlerinin yüksek olması erişimi daha zor olan yol ağlarını temsil etmektedir. İndeksin yüksek olduğu bağlantıların daha çok kıvrımlı yol ağlarında olduğu, düz yolların bulunduğu alanlarda ise değerin yükseldiği görülmektedir (Harita 4.6)



Harita 4.6. Yol ağının yaya yürüyüş mesafesine göre yakınlık indeksi (MAD 800) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

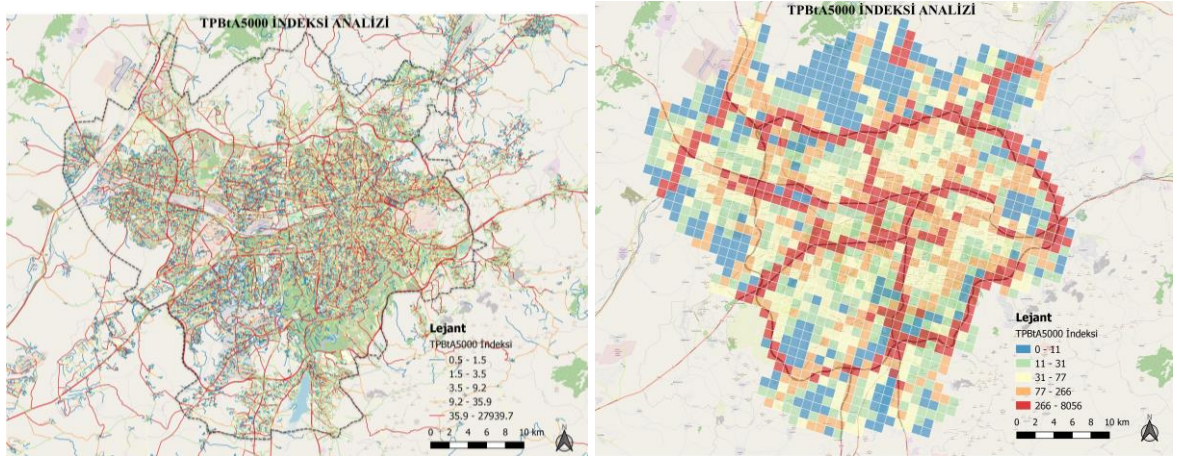
#### Seçim (Space Syntax) ve aradalık indeksi (sDNA) analizleri

Yol ağındaki farklı bağlantılar içinden en kısa olan bağlantının tercih edilmesi prensibine dayanan seçim analizinde, yüksek değerler doğrudan akış sağlayan hatların yoğunluğunu göstermektedir. Çalışma alanında ana bağlantı yollarının seçim göstergesi yüksek hatlar olduğu belirlenmiştir (Harita 4.7).



Harita 4.7. Yol ağının araç sürüş mesafesine göre seçim (R5000) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

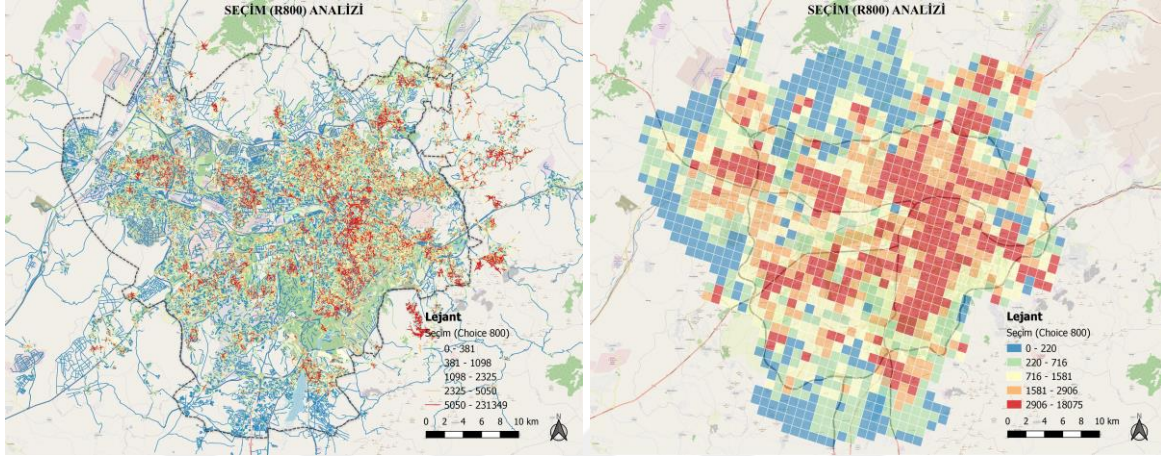
Space Syntax yöntemindeki seçim göstergesinin sDNA analizinde karşılığı olan TPBtA5000 indeksi, araç sürüş mesafe eşiğine göre belirlenen yarıçap içinde herhangi bir eksenin bir yolculuk için ne sıklıkla kullanıldığını göstermektedir. TPBtA5000 indeksi, seçim göstergesine benzer şekilde, sürekliliği olan ana yollarda yüksek değere sahiptir. sDNA analizinde Ankara çevre yolu, Konya, Eskişehir, İstanbul, Samsun yol hatları doğrudan akış sağlayan indeks değeri yüksek hatlar olarak tespit edilmiştir (Harita 4.8).



Harita 4.8. Yol ağının araç sürüş mesafesine göre aradalık indeksi (TPBtA5000) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

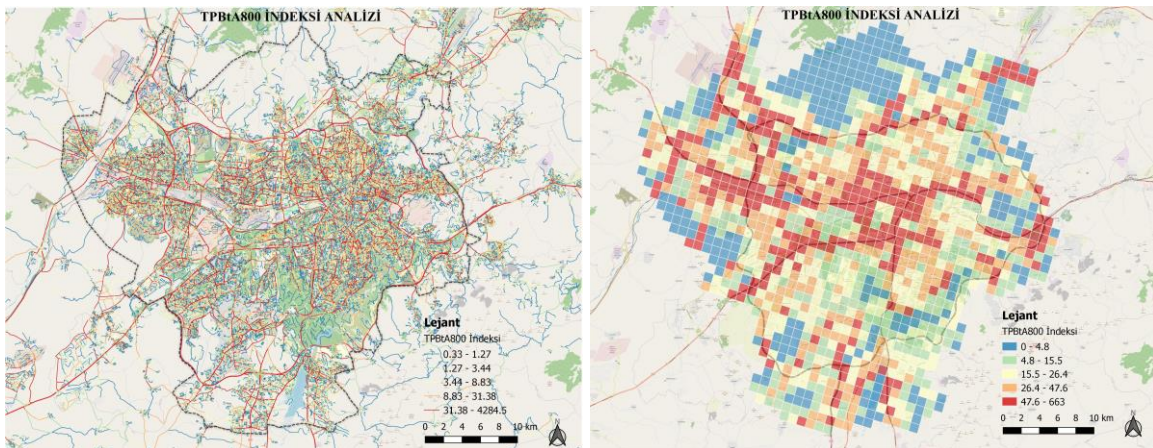
Yürünebilirlik yarıçapına (800 m) göre yapılan seçim analizinin, mekânsal geçirgen alanlar hakkında bilgi verdiği kabul edilmektedir. Seçim değerlerinin yüksek olması, bölgedeki kullanıcıların tercih edeceği doğrudan akış sağlayan hatların yoğun olduğu anlamına gelir. Çalışma alanında seçim göstergesinin, ana caddelerin bulunduğu bölgelerde yüksek

değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Etlik Caddesi, Çankırı Caddesi, Atatürk Bulvarı, Turan Güneş Bulvarı, Doğan Taşdelen Bulvarı, Başkent Bulvarı ve Karapürçek Caddesi çevresinde seçim değerleri yükselmektedir (Harita 4.9).



Harita 4.9. Yol ağının yaya yürüyüş mesafesine göre seçim (R800) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

Yaya yürüyüş mesafe eşiğine göre hesaplanan aradalık indeksi bir bağlantının diğer yol ağı bağlantılarına geçişte kullanılma sıklığını vermektedir. Yüksek aradalık değeri, araçlar için kesintisiz, düz yolları ifade ederken yayalar için daha kısa yolları göstermektedir. TPBtA800 analizinde, en sık geçilebilecek aksların yoğunlaştığı alanlar açısından Çankaya ilçesi ön plana çıkmaktadır (Harita 4.10).

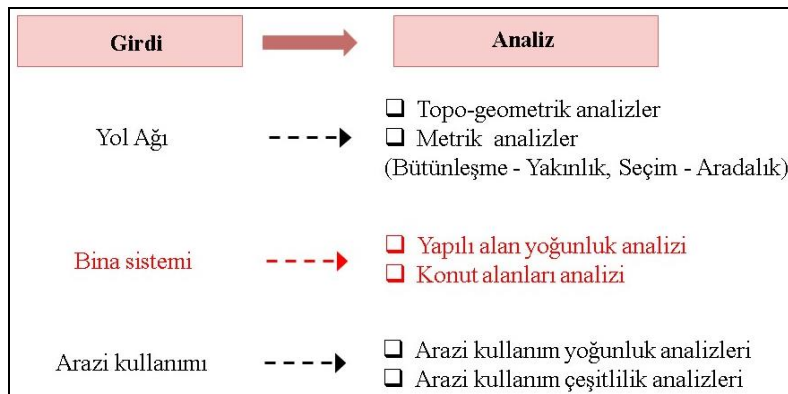


Harita 4.10. Yol ağının yaya yürüyüş mesafesine göre aradalık indeksi (TPBtA800) analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

Kentsel morfoloji analizi araçlarından olan Space Syntax ve sDNA yöntemleri, yol ağının topo-geometrik ve metrik özelliklerinin ortaya çıkarılmasında ve merkeziliklerin belirlenmesinde önemli bir kapasite yaratmaktadır. Yol ağı analizlerinde kullanılan göstergeler, kentsel doku, erişilebilirlik ve tercih edilebilirlik bağlamında kent morfolojisine yönelik değerlendirmelere imkân sağlar. Dokudaki her bir sokağın diğer mekânlar ile olan bağlantı derecesini açıklayan bağlanabilirlik değerleri grid dokuya sahip düz yolların bulunduğu alanlarda artarken, organik dokuya sahip kıvrımlı yolların bulunduğu alanlarda değerin düştüğü belirlenmiştir. Kentsel sistemdeki sokakların erişilebilirlik derecesini tahmin eden bütünleşme ve yakınlık indeksi analiz sonuçları doğrudan akışın olduğu uzun hatlarda yüksek erişilebilirliği verirken, kent çeperlerinde düşük erişilebilirliğin olduğu ayrık alanları ortaya çıkarmıştır. En kısa yolun tercih edilme ilkesine bağlı olarak bir eksenin ağ içindeki en basit yol üzerinde olma derecesini gösteren seçim ve aradalık indeksi, araçlar için çevre yolu gibi hız limitinin yüksek olduğu uzun yollarda yüksek çıkarken yayalar için ana caddelerin olduğu daha kısa yollarda yüksek olduğu saptanmıştır. Yol ağı analizleri, bina sistemi özellikleri, arazi kullanımı yoğunluğu ve çeşitliliği gibi morfolojinin diğer unsurlarıyla beraber incelendiğinde çok-ölçekli ilişkilerin ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır.

#### 4.1.2. Bina sistemi özellikleri

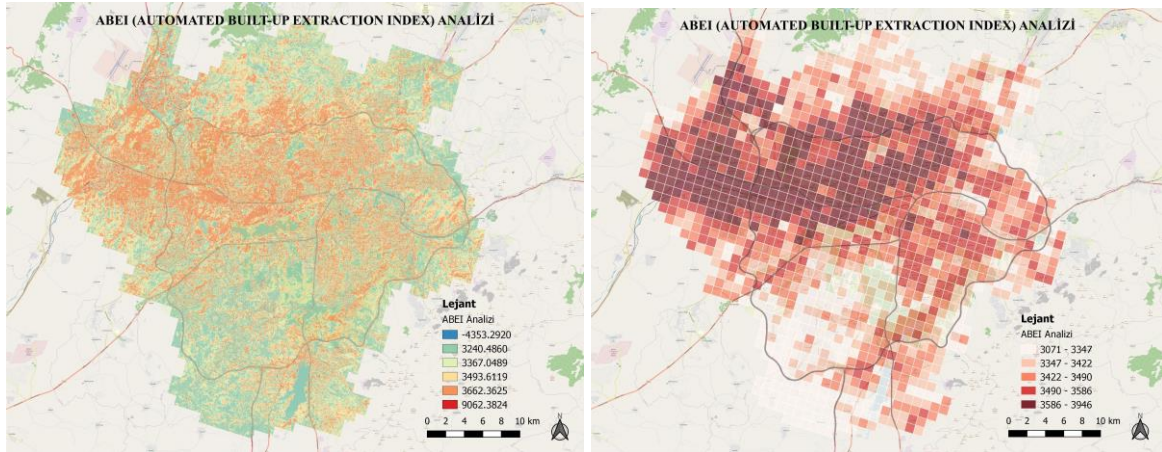
Bina sistemi analizleri, ilk aşamada yapıli alan yoğunluğunun Otomatik Yerleşik Alan Çıkarma İndeksi (ABEI) hesaplama yöntemi kullanılarak analiz edilmesinden, ikinci aşamada ise yapıli alan içerisindeki konut bölgelerinin yoğunluk analizlerinden oluşmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Bina sistemi analiz aşamaları

### Bina sisteminin yapılı alan yoğunluğu analizleri

Yerleşik alanları, Landsat 8 OLI yansıtıcı bantları kullanılarak diğer arazi örtüsü sınıflarından ayırmayı sağlayan ABEI yöntemi, bina yapılı alan yoğunluklarına göre indeks değerlerini hesaplamaktadır. İndeks değerleri, su kütlelerinin, yoğun bitki örtülerinin, dağlık alanların bulunduğu yapılaşmamış arazi kullanımlarında düşük değerlere sahipken; geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu konut alanlarında, hipodrom, havaalanı gibi yapılı yüzeyin fazla olduğu arazi kullanımlarında artmaktadır. Çalışma alanının kuzey batısında İstanbul yolu boyunca Yenimahalle, Etimesgut ve Sincan ilçelerinde yapılı alan yoğunluğunun yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bölgeler kentin önemli sanayi bölgeleri olan OSTİM OSB, İvedik OSB, Şaşmaz Oto Sanayi Sitesi, ASO OSB, Saraykent OSB alanlarını kapsamaktadır. Sanayi bölgeleri yapılı alan yoğunluk indekslerinin en yüksek olduğu bölgelerdir. ABEI değerlerinin sanayi alanlarının yanı sıra Etimesgut askeri havaalanında, hipodrom alanında, yüksek hızlı tren bakım merkezi gibi yapılı alanın yüksek olduğu bölgelerde arttığı saptanmıştır. Kentteki orman alanları gibi doğal alanlarda indeks değeri düşmektedir. Doğal alanların yanı sıra su geçirimsiz yüzeylerin düşük olduğu konut alanlarında, üniversite kampüs alanlarında, rekreasyon alanlarında değerlerin düşük olduğu tespit edilmiştir (Harita 4.11).

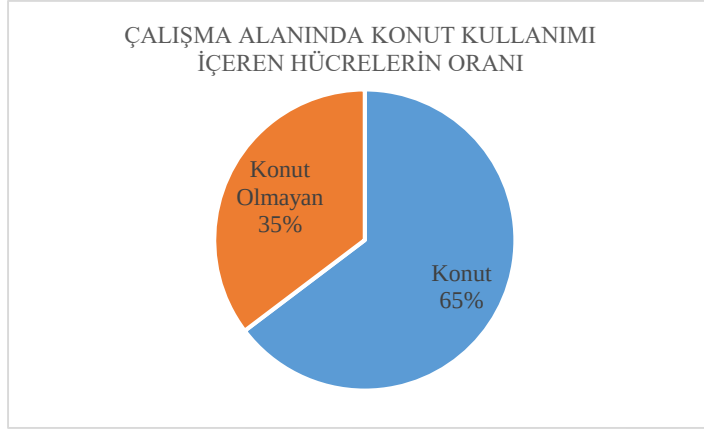


Harita 4.11. ABEI analizi ve ızgara hücrelerle birleştirilmesi

ABEI, yerleşik alanların diğer arazi kullanımı sınıflarından ayrılmasını sağlaması ve yapılı alanlara yoğunluklarına göre indeks değerleri ataması sayesinde kentsel mekânın yayılma alanının izlenmesini sağlamaktadır. Yapılı alan yoğunluklarının belirlenmesi, merkezi alanların tespit edilmesinde ve planlanmasında önemli bir araçtır.

### Bina sisteminde konut alanları analizi

Kentsel alanda konut bölgeleri yoğunluklarına bağlı olarak geçmişten beri merkeziliğin belirleyicisi olan nüfusun temsil edilmesini sağlamaktadır. Çalışma alanında yer alan 1332 adet ızgara hücrenin 470 tanesinde konut alanının bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Çalışma alanında konut kullanımı içeren ızgara birim hücrelerinin oranı

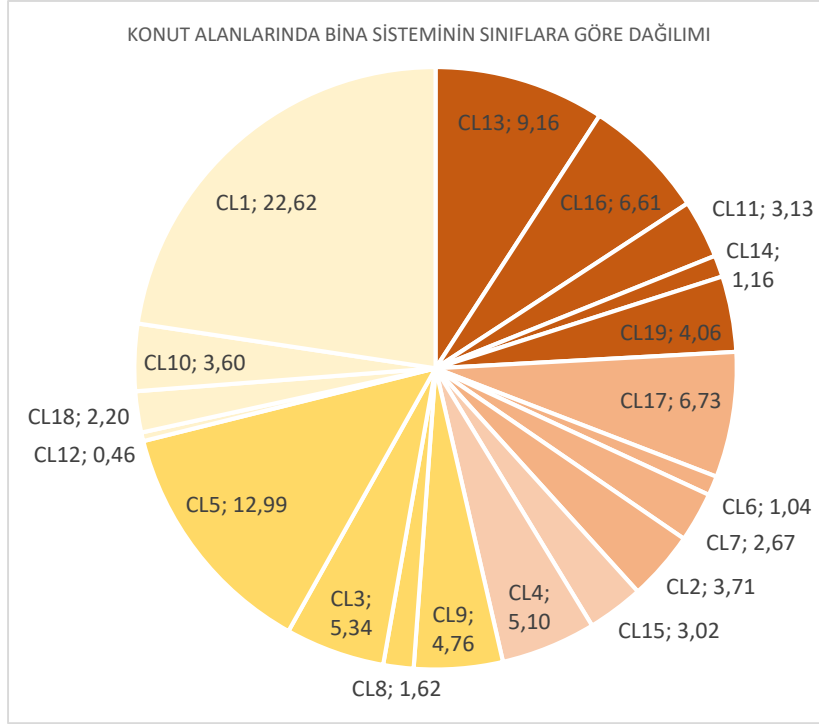
Konut kullanımı bulunan ızgara hücrelerde, konut alanlarının ızgara hücre içerisindeki oranı, yapılı alan yoğunluğu, kat sayısı ve tipolojisine bağlı olarak yapılan skorlama sonucunda farklı özelliklere sahip konut kümeleri belirlenmiştir. Elbow yöntemine göre yapılan k-ortalama kümeleme analizi sonucunda çalışma alanında, 1 tanesi konut kullanımı içermemek üzere 20 adet küme tespit edilmiştir. Kümelerin konut özelliklerine göre ortalama değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

K-ortalama kümeleme analizi sonuçlarına göre, en yüksek skorlara sahip kümelerin sırasıyla 13, 16 ve 11 numaralı kümeler olduğu en düşük skora sahip kümenin ise konut kullanımı bulunmayan 0 numaralı küme olduğu görülmektedir. 13 numaralı kümenin konut oranının %75 ile %100 aralığında, yapılı alan yoğunluğunun genellikle 0.8’den büyük, ortalama 3-5 katlı, ayırık nizam ve nokta blok konutlardan oluştuğu anlaşılmaktadır. 16 numaralı konut kümesi ise, %75 ile %100 konut doluluk oranına sahip olup genellikle 0.5 ile 0.8 aralığında yapılı alan yoğunluğundaki 3-5 katlı, ayırık nizam ve nokta blok konutlardan oluşmaktadır. Çalışma alanındaki hücrelerde çizgi blok veya bitişik nizam konut alanlarının hücre içerisinde azınlıkta kalması sebebiyle küme ortalamalarında bu değerlere nadiren rastlanmaktadır.

Çizelge 4.1. K-ortalama kümeleme analizi sonuçlarına göre kümelerin ortalama değerleri

| Özellik (Attribute)     | Örneklem Sayısı | Konut Oranı | Yapılı Alan Yoğunluğu | Kat Sayısı | Tipoloji |
|-------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|------------|----------|
| Tüm Veriler (Full Data) | 1332            | 1.5623      | 1.3236                | 1.1839     | 0.9775   |
| 0                       | 470             | 0           | 0                     | 0          | 0        |
| 1                       | 195             | 1           | 1.1436                | 1.0103     | 1        |
| 2                       | 32              | 3.5938      | 2.6563                | 1.3125     | 1        |
| 3                       | 46              | 2.9348      | 1.0435                | 1.0217     | 1.1304   |
| 4                       | 44              | 2           | 2.4545                | 2.4773     | 2.0682   |
| 5                       | 112             | 2           | 1.2143                | 1.0089     | 1        |
| 6                       | 9               | 4           | 2                     | 2          | 2        |
| 7                       | 23              | 3.05        | 2.25                  | 2.35       | 2.05     |
| 8                       | 14              | 4           | 1                     | 1.0714     | 1        |
| 9                       | 41              | 2.5682      | 2.2195                | 1.0732     | 1        |
| 10                      | 31              | 1           | 1.8065                | 2.6774     | 2        |
| 11                      | 27              | 3           | 3.5185                | 3.1852     | 2.0370   |
| 12                      | 4               | 1           | 2.5                   | 2          | 3        |
| 13                      | 79              | 4           | 3.4051                | 2.7595     | 2        |
| 14                      | 10              | 4           | 1.9                   | 3.1        | 2        |
| 15                      | 26              | 1.5769      | 2.8462                | 3.6538     | 2        |
| 16                      | 57              | 4           | 3                     | 2          | 2.0175   |
| 17                      | 58              | 3           | 2.7586                | 2.2414     | 2.0517   |
| 18                      | 19              | 1           | 3.1053                | 3.3684     | 2        |
| 19                      | 35              | 3           | 2.5143                | 3.4857     | 2        |

K-ortalama kümeleme analizi sonucunda konut kullanımı bulunan 862 ızgara hücrenin kümelerine göre dağılım oranı ve kümelerin yoğunluk sıralaması Şekil 4.4'te verilmektedir. Konut kullanımı bulunan hücrelerin yoğunluklarına göre dağılımı incelendiğinde, %24,13'ü en yüksek yoğunluk, %14,15'i yüksek yoğunluk, %8,12'si orta yoğunluk, %24,71'i düşük yoğunluk ve %28,89'u en düşük yoğunluğa sahiptir.



Şekil 4.4. Konut alanlarında bina sisteminin k-ortalama kümeleme analizine göre dağılımı

Çalışma alanındaki en yüksek yoğunluklu kümeler, yüksek konut doluluk oranına sahip ve taban alanındaki su geçirimsiz yüzey yoğunluğunun kat sayısı ile çarpımından elde edilen kat alanı kat sayısı yüksek kümelerdir. Bu kümelerde genellikle ayırık nizam ve nokta blok yapı tipolojisi gözlenmektedir. Konut yoğunluğuna göre ikinci sırada yer alan kümelerde ise genellikle 3-5 katlı, yapıli alan yoğunluğu 0.3 ile 0.5 aralığında değişen, ayırık nizam ve nokta blok yapı tipolojisine sahip konut alanları yer almaktadır. Ayrıca, konut doluluk oranı en yüksek olan 1-2 katlı müstakil ve avlu blok yapı tipolojisine sahip kümeler de bu grupta değerlendirilmiştir. Orta yoğunluklu kümelere bakıldığında, hücre içerisindeki konut doluluk oranlarının düşük olduğu; ancak yüksek kat sayılarına sahip, genellikle ayırık nizam ve nokta blok konut alanlarının yer aldığı görülmektedir. Düşük yoğunluklu kümeler, konut doluluk oranı %25'in üzerinde olan 1-2 katlı, müstakil ve avlu blok konutlardan oluşmaktadır. En düşük yoğunluğa sahip kümelerde ise hücredeki konut doluluk oranı %25'in altında, genellikle az katlı konutların yer aldığı görülmektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Konut kümelerinin genel özellikleri

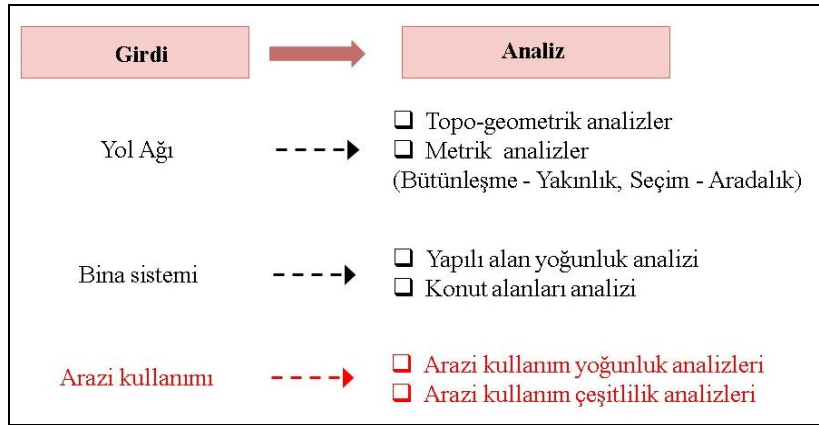
| Küme | Konut Oranı (KO)       | Yapılı Alan Yoğunluğu (Y) | Kat Sayısı (KS) | Tipoloji (T)              |
|------|------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| CL13 | %75< = = <%100         | 0.8<=                     | 3-5             | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL16 | %75< = = <%100         | 0.5<= <0.8                | 3-5             | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL11 | %50<= <%75             | 0.8<=                     | 3-5             | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL14 | %75<= = <%100          | 0.3< <0.5                 | 6-10            | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL19 | %50<= <%75             | 0.5<= <0.8                | 6-10            | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL17 | %50<= <%75             | 0.5<= <0.8                | 3-5             | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL6  | %75< = = <%100         | 0.3< <0.5                 | 3-5             | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL7  | %50<= <%75             | 0.3< <0.5                 | 3-5             | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL2  | %75< = = <%100         | 0.3< <0.5                 | 1-2             | Müstakil- Avlu Blok       |
| CL15 | %25<= <%50             | 0.3< <0.5                 | 11-20           | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL4  | %25<= <%50             | 0.3< <0.5                 | 6-10            | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL9  | %50<= <%75             | 0.3< <0.5                 | 1-2             | Müstakil- Avlu Blok       |
| CL8  | %75< = = <%100         | =<0.3                     | 1-2             | Müstakil- Avlu Blok       |
| CL3  | %50<= <%75             | =<0.3                     | 1-2             | Müstakil- Avlu Blok       |
| CL5  | %25<= <%50             | =<0.3                     | 1-2             | Müstakil- Avlu Blok       |
| CL12 | <%25                   | 0.5<= <0.8                | 3-5             | Bitişik Nizam, Çizgi Blok |
| CL18 | <%25                   | 0.5<= <0.8                | 3-5             | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL10 | <%25                   | 0.3< <0.5                 | 3-5             | Ayrık Nizam- Nokta Blok   |
| CL1  | <%25                   | =<0.3                     | 1-2             | Müstakil- Avlu Blok       |
| CL0  | Konut Bulunmayan Hücre |                           |                 |                           |

Çalışma alanında konut kümelerinin yoğunluklarına göre mekânsal dağılımı incelendiğinde (Harita 4.12), Çankaya, Mamak ve Keçiören ilçelerinde yoğun konut alanlarının yer aldığı görülmektedir. Çankaya ilçesindeki konut yoğunlukları özellikle Kızılay ve Bahçelievler semtlerinde yoğunlaşmaktadır. Kentin güney aksında Atatürk Bulvarı'nın çevresinde konut yoğunlukları artarken, Çankaya Köşkü'nün ve askeri bölgenin bulunduğu hücrelerde yoğunlukların düştüğü görülmektedir. Kentin batı aksında bulunan Yenimahalle (Batıkent semti) ve Sincan ilçelerinde konut alanlarının genellikle organize sanayi bölgelerinin çevresinde yoğunlaştığı anlaşılmaktadır. Kentin güneybatı aksında ise konut yoğunluklarının Mutlukent, Çayyolu, Konutkent, Yaşamkent ve Alacaatlı (Türkkonut Bulvarı) mahallelerinde arttığı görülmektedir. Çalışma alanındaki diğer ilçelere bakıldığında konut yoğunlukları genellikle ilçe merkezlerinde artış göstermektedir.



#### 4.1.3. Arazi kullanımının yoğunluk ve çeşitlilik özellikleri

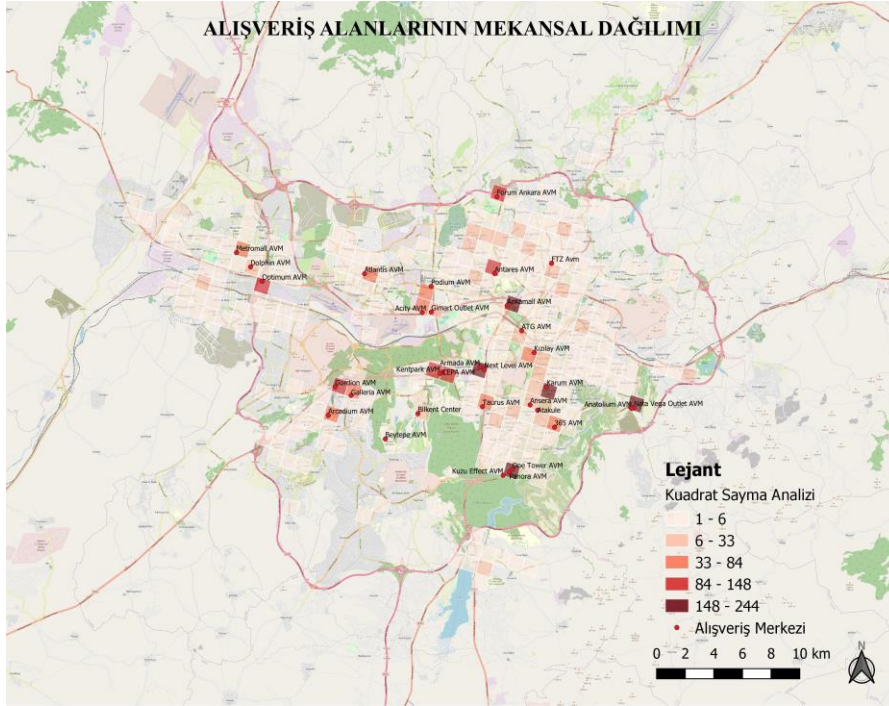
Arazi kullanımı analizleri, faaliyetlerin mekânsal dağılımını gösteren ve iki tamamlayıcı indeks olan yoğunluk ve çeşitlilik analizlerinden oluşmaktadır (Şekil 4.5). Çalışmada, yoğunluk ve çeşitlilik indekslerinin mekânsal dağılımı belirlendikten sonra bu indeksler pürüzsüzleştirilmiş konvolüsyon yöntemiyle birleştirilerek iki merkezilik parametresini de temsil eden tek bir arazi kullanımı indeks değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.5. Arazi kullanımı analiz aşamaları

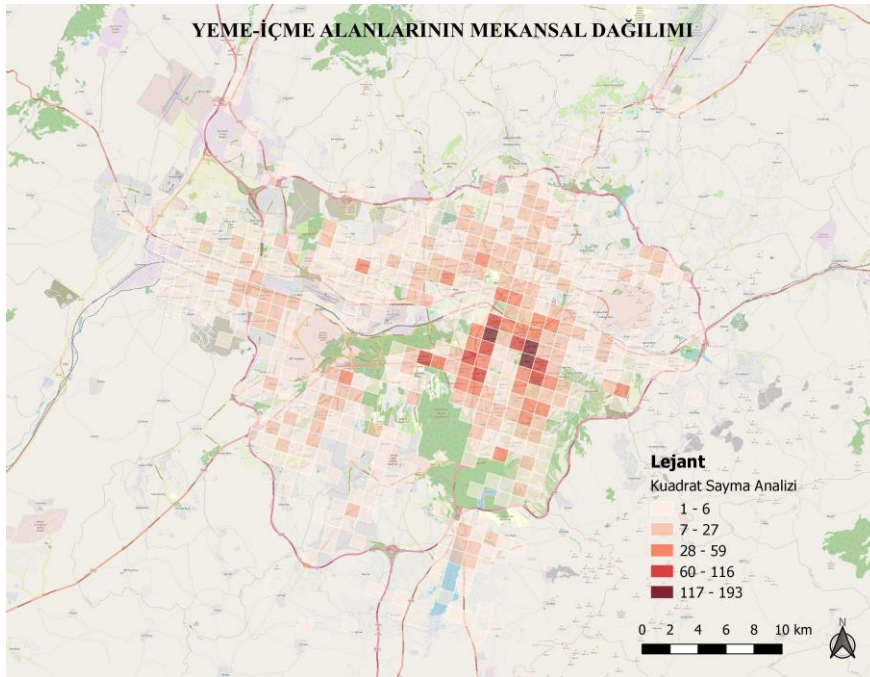
Arazi kullanımının yoğunluk ve çeşitlilik analizlerine geçmeden önce farklı arazi kullanım türlerinin mekânsal dağılımını anlamak amacıyla nokta tabanlı verilerde Kuadrat sayma (quadrat count) yöntemi, çokgen tabanlı verilerde alan hesaplama yöntemi kullanılarak mekânsal haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalarda Jenks doğal kırılım algoritmasına göre sınıflandırma yapılmıştır. Jenks doğal kırılım algoritmasının önemi büyük ölçekli verilerde değerler arasındaki doğal kırılmaları belirlemesi, birbirine yakın değerleri aynı değer kümesi içinde almasıdır. Jenks doğal kırılım sınıflandırmasının aksine eşit aralıklı sınırlandırmada çok küçük değişimler bile farklı kümelerde yer alabilmekte, mekânsal sonuçların anlamlı çıkmamasına neden olabilmektedir. Bu nedenle arazi kullanım analizlerinde değerler arasındaki doğal kırılımları esas alan Jenks sınıflandırması kullanılmaktadır.

Ticaret alanları, alışveriş alanı (zincir mağaza, iş merkezi, süpermarket) ve yeme-içme yeri (kafe, restoran, bar, fast food, pub vb.) verilerinden oluşmaktadır. Alışveriş alanlarının çok sayıda zincir mağazayı bir arada bulunduran alışveriş merkezlerinde yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra konut alanlarının yoğun olduğu bölgelerde süpermarket sayılarının arttığı gözlenmektedir (Harita 4.13).



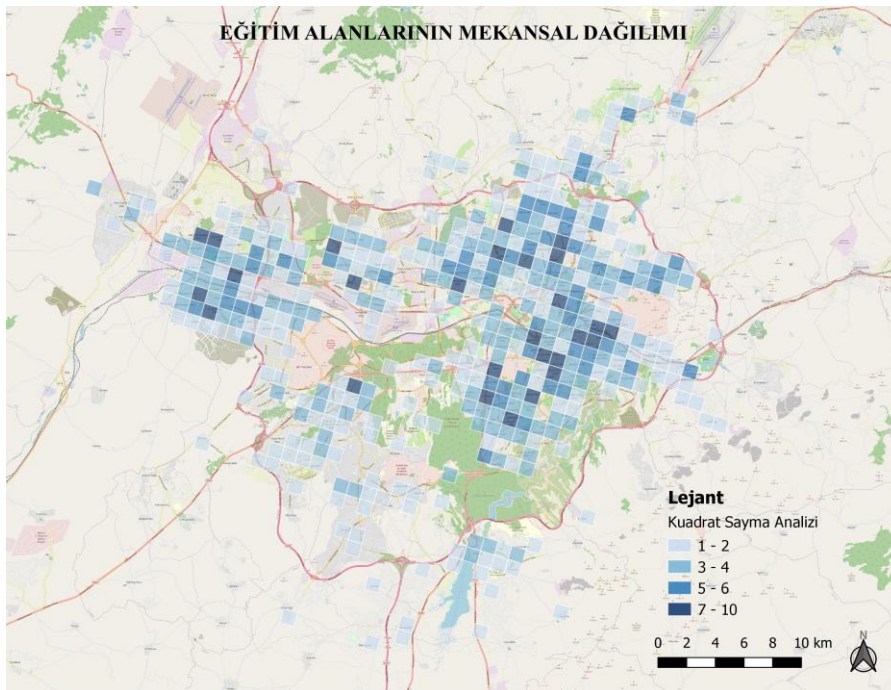
Harita 4.13. Alışveriş alanlarının mekânsal dağılımı

Yeme-içme yerleri Kızılay, Kavaklıdere, Bahçelievler semtleri ve çevresinde yoğunlaşmaktadır. Kentin güneybatı aksında yer alan Armada, Next Level, Cepa, Kentpark alışveriş merkezlerinin bulunduğu gridlerin de yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Harita 4.14)



Harita 4.14. Alışveriş alanları ve yeme-içme alanlarının mekânsal dağılımı

Eğitim alanları, ilköğretim-ortaöğretim (ilkokul, ortaokul, lise) ve yükseköğretim (yüksekokul, üniversite kampüsleri) alanı verilerinden oluşmaktadır. İlk ve ortaöğretim alanları incelendiğinde, konut alanlarıyla benzer bir yayılım göstermektedir. Özellikle bina sistemi analizindeki yoğun konut bölgelerinde yaşayan nüfusa benzer olarak eğitim alanlarının da yoğunlaştığı görülmektedir (Harita 4.15). Yükseköğretim alanları büyük alan kullanımına sahip işlevler olması nedeniyle alan hesaplama yöntemi kullanılarak istatistiksel analizlere dâhil edilmiştir.

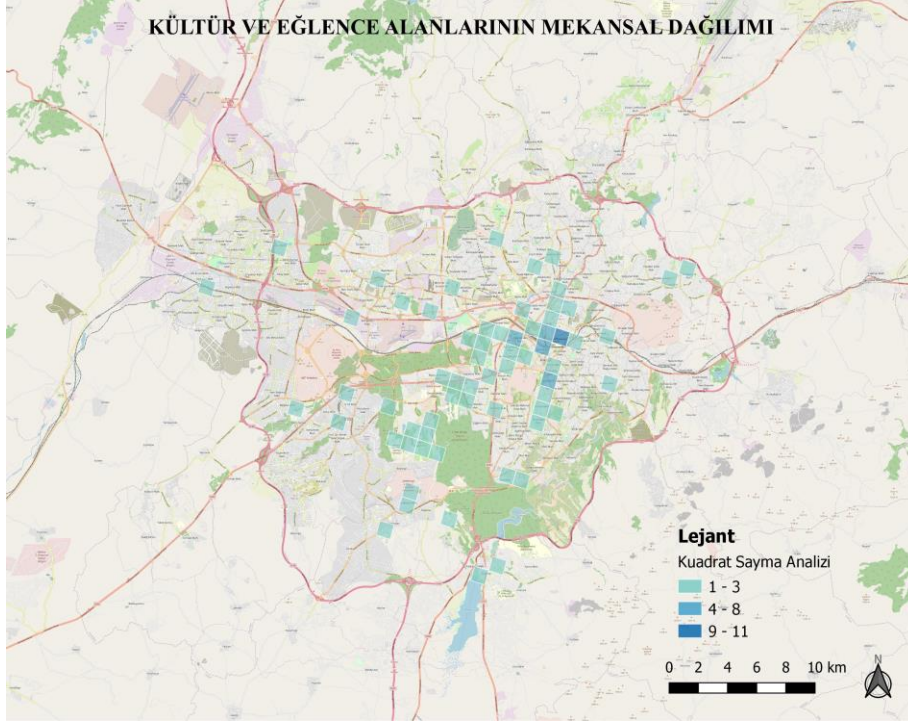


Harita 4.15. Eğitim alanlarının mekânsal dağılımı

Sağlık hizmeti alanlarında, birinci basamak sağlık hizmetlerinin Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'ne göre 500 metre etki alanında planlanması sebebiyle bu alanlar konut bölgeleriyle benzer bir dağılım göstermektedir (Harita 4.16).



Kültür ve eğlence alanlarının (müze, tiyatro, sinema, sanat merkezi, kütüphane) en yoğun kentin kuzey-güney aksında Ulus, Kızılay ve Kavaklıdere semtlerinde yer aldığı görülmektedir. Kentin güneybatı aksında bulunan üniversite ve alışveriş merkezlerine ait kültür-eğlence alanları ise bu aksta bir yoğunluk oluşturmaktadır (Harita 4.18).



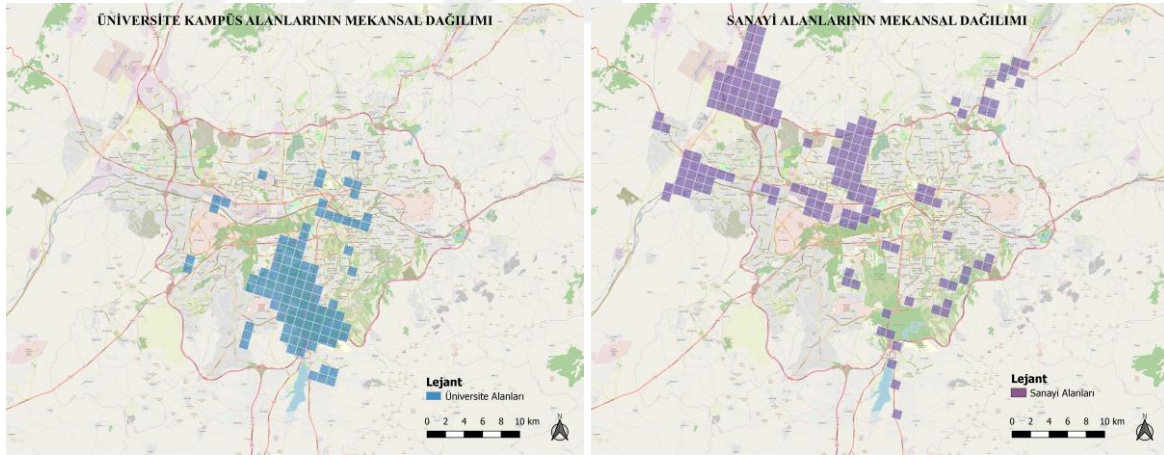
Harita 4.18. Kültür-eğlence alanlarının mekânsal dağılımı

Çalışma alanı verileri kamu kurumları ve sanayi alanları olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Kamu kurumlarının mekânsal dağılımı incelendiğinde, Çankaya ilçesinde özellikle Kızılay, Kavaklıdere ve Esat bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun yanı sıra kamu kurumlarının, kentin güneybatı aksında yer seçtiği ve bu aks boyunca Beytepe Kavşağı'na kadar önemli bir yoğunluk oluşturduğu anlaşılmaktadır. Kentin güneyinde ise Dikmen ve Oran mahalleleri, büyükelçiliklerin bir arada bulunması sebebiyle öne çıkmaktadır (Harita 4.19).



Büyük alan kullanımına sahip sanayi alanları ve üniversite kampüsleri ise alan hesaplama yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Yükseköğretim alanları incelendiğinde, kentin büyük üniversitelerinden olan Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Bilkent Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi ile Başkent Üniversitesi kampüslerinin güneybatı aksında yer seçmesi sebebiyle bu aksta önemli bir yoğunluk görülmektedir. Kentin güney aksında ise Ankara Üniversitesi, Gazi Üniversitesi ve Hacı Bayram Veli Üniversitesi kampüsleri yer almaktadır. Kampüs yerleşimlerinin yanı sıra Maltepe, Sıhhiye, Kurtuluş, Cebeci, Dışkapı semtleri başta olmak üzere kentin farklı bölgelerinde bu üniversitelerin yerleşkelerinin ve diğer üniversite alanlarının yayıldığı görülmektedir (Harita 4.20).

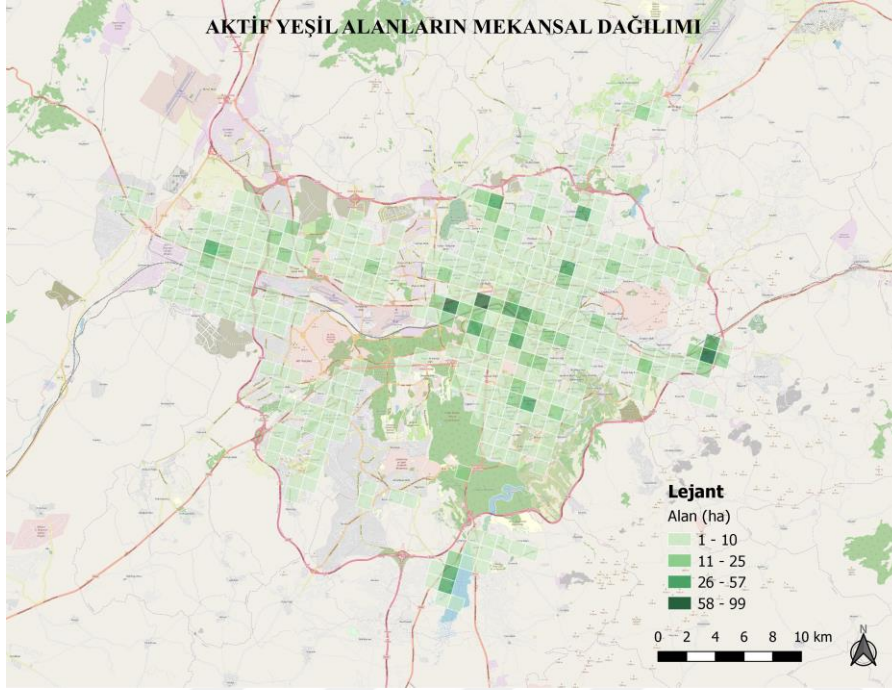
Sanayi alanları yoğun olarak kentin kuzeybatı bölgesinde bulunmaktadır. Kuzeyde, Anadolu Bulvarı boyunca Ostim OSB, İvedik OSB, İvedik Hurdacılar Sanayi Sitesi gibi büyük sanayi alanları başta olmak üzere birçok sanayi sitesinin yer seçtiği görülmektedir. Batı aksında ASO 1. OSB, kuzeybatı aksında ise Saraykent Sanayi Sitesi önemli yoğunluklar oluşturan çalışma alanlarıdır.



Harita 4.20. Büyük alan kullanımı gerektiren işlevlerin mekânsal dağılımı

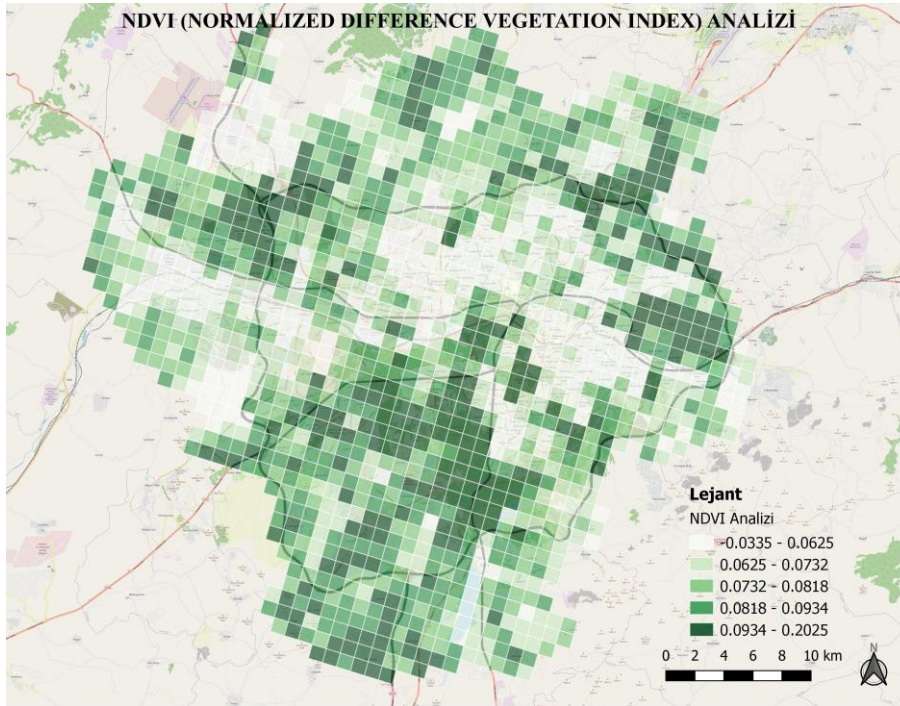
Arazi kullanımı analizinde, su geçirimsiz yüzeylerin yanı sıra açık ve yeşil alanlara ait veriler toplanmıştır. Açık ve yeşil alanlar, su geçirimli yüzeylerin bitki yoğunlukları analizi ve kentte aktif olarak kullanılan yeşil alan verilerinden oluşmaktadır. Aktif yeşil alanlarda büyük alan kullanımına sahip park ve rekreasyon alanları (Mavi Göl Rekreasyon Alanı, Kartaltepe Rekreasyon Alanı, Mogan Parkı, Altınpark, Harikalar Diyarı, Dikmen Vadisi Parkı, Kuzey Yıldızı Vadisi, Ahlatlıbel Atatürk Parkı, Gençlik Parkı vb.) öne çıkmaktadır.

Kentin önemli üretim projelerinden biri olan Atatürk Orman Çiftliği'nin aynı zamanda kentin açık yeşil alan sisteminin önemli bir parçası olarak öne çıktığı görülmektedir (Harita 4.21).



Harita 4.21. Aktif yeşil alanların mekânsal dağılımı

Çalışma alanında bitki yoğunluklarını gözlemlemek için Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) sınıflandırma analizi kullanılmıştır. Bitki örtüsü indeksi, kentin güneybatı aksında yer alan üniversite kampüs alanlarında, Atatürk Orman Çiftliği arazisinde ve kent çeperlerinde artmakta, konut yoğunluklarının yüksek olduğu alanlarda düşmektedir. Kentte yüksek konut yoğunluklarına sahip Çankaya, Mamak Keçiören ilçelerindeki konut bölgelerinde indeks değeri düşük iken, düşük konut yoğunluklarına sahip güneybatı aksında bitki örtüsü yoğunluklarının diğer konut bölgelerine göre daha yüksek olduğu gözlenmektedir (Harita 4.22).



Harita 4.22. Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksinin mekânsal dağılımı

Kentsel morfolojinin üçüncü unsuru olan arazi kullanımı, kentsel faaliyetlerin mekânsal dağılımında ve bir bölgenin çekim gücünün dolayısıyla merkeziliğin oluşmasında rol oynamaktadır. Arazi kullanımı dağılımına bakıldığında, ticaret alanları kentte alışveriş merkezlerinin bulunduğu gridlerde yoğunlaşırken, yeme-içme alanları Kızılay, Kavaklıdere, Bahçelievler semtlerinde yoğunluk oluşturmuştur. Bu semtler aynı zamanda kültür-eğlence alanlarının ve kamu kurumlarının da yoğunlukta olduğu bölgelerdir. Kamu kurumlarının ve alışveriş merkezlerinin yoğunluk oluşturduğu diğer bölge ise kentin güneybatı aksıdır. Bu aks, kentin üçüncü basamak sağlık hizmeti sunan Şehir Hastanesi'nin ve büyük üniversite kampüslerinin yer seçmesiyle öne çıkmaktadır. Kentin kuzeybatısı ise sanayi alanlarının yoğun olarak yer seçtiği; ancak ticaret, kültür-eğlence vb. diğer faaliyetlerin düşük yoğunlukta olduğu bölgedir. Kentin kuzeybatısındaki Sincan ilçesi ile kuzeyinden güneyine doğru Keçiören, Mamak, Çankaya ilçelerinde yapılı alan yoğunluğuna benzer şekilde ilk ve ortaöğretim alanları ve birinci basamak sağlık hizmeti alanları yoğunlaşmıştır. Kentte yaşayan nüfusun kullanacağı aktif yeşil alanlar da benzer bölgelerde yer seçerken, bitki yoğunluklarını gösteren NDVI değerleri bu bölgelerde azalmaktadır. Kentsel mekânsal örgütlenmenin daha iyi yorumlanmasını sağlamak için farklı arazi kullanımı sınıflarının tek bir mekânsal birim içinde ne kadar yoğunlaştığının ve farklı türden faaliyetlerin ne kadar

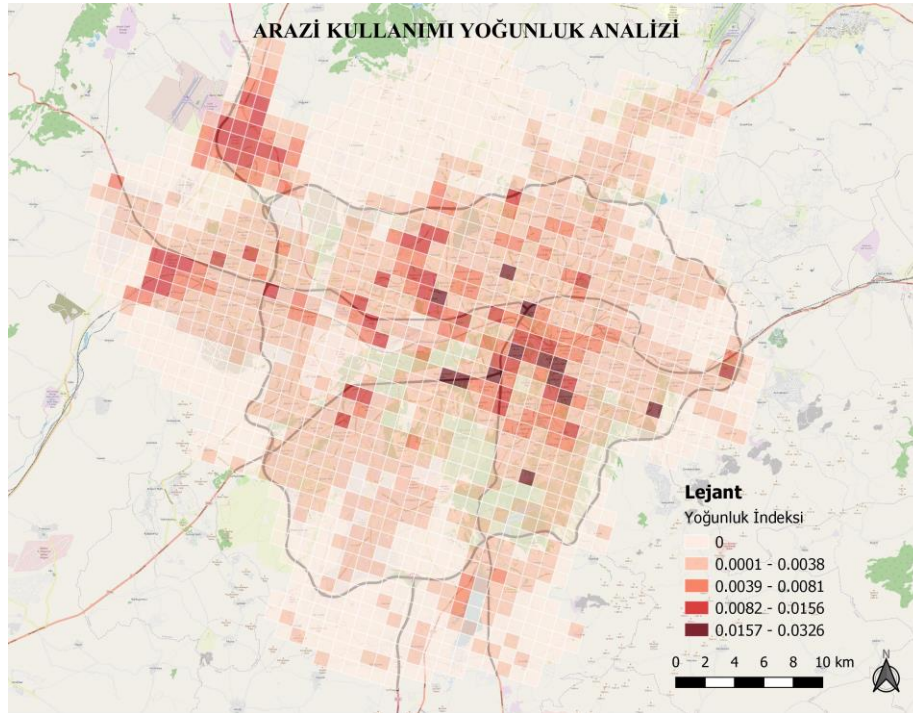
karma olduğunun tespit edilmesi önemlidir. Bu nedenle arazi kullanımı yoğunluk ve çeşitlilik analizlerine başvurulmaktadır.

#### Arazi kullanımı yoğunluk ve çeşitlilik analizi

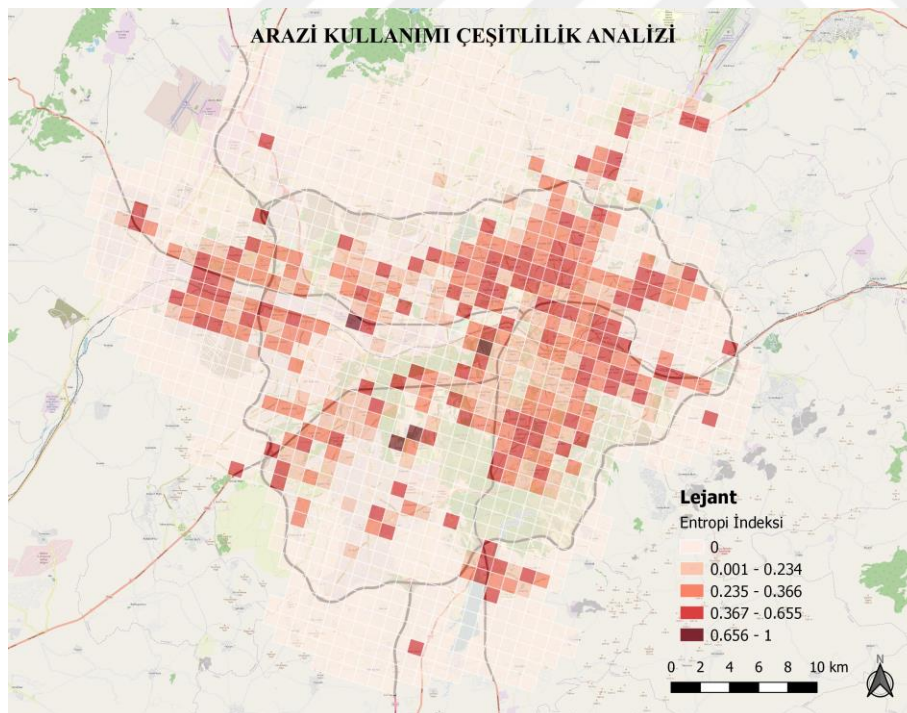
Birim alandaki arazi kullanım yoğunluğunun belirlenmesini sağlayan yoğunluk analizi, çalışma alanındaki ızgara hücrelerde yer alan faaliyet yoğunluklarının mekânsal dağılımını göstermektedir. Arazi kullanımının mekânsal örgütlenmenin karmaşıklığını ölçen entropi indeksi ise, ızgara hücrelerdeki faaliyet çeşitliliğinin belirlenmesinde nicel bir araç sağlar. Bu indeksler, ticaret alanları (zincir market, yeme-içme yeri), sağlık hizmeti alanları (1.,2.,3. basamak sağlık kurumları), eğitim tesisi alanları (ilkokul, ortaokul, lise, üniversite), eğlence-sanat-kültür alanları (müze, sinema, tiyatro, kütüphane, sanat merkezi), açık yeşil alanlar (aktif yeşil alan) ve iş yeri alanları (kamu kurumları, sanayi alanları) verilerine göre analiz edilmiştir.

Faaliyet yoğunluğu (Harita 4.23) ve çeşitliliğine (Harita 4.24) göre bölgelerin farklı özellikler sergilediği belirlenmiştir. Faaliyet yoğunluğuna göre alışveriş merkezlerinin bulunduğu gridler en yüksek indeks değerlerine sahipken; faaliyet çeşitliliğine göre düşük entropi indeks değerleri göstermektedir. Faaliyet yoğunluğu alışveriş merkezlerinin bulunduğu gridlerin yanı sıra Bahçelievler, Kızılay ve Kavaklıdere semtlerinde yüksek değerlere sahiptir. Bu bölgeler, alışveriş merkezi gibi kapalı bir yapıda faaliyet sunmak yerine kentsel hareketliliği destekleyecek sokaklar üzerinde hizmet sunmaktadır. Kentin batı aksı başta olmak üzere sanayi alanlarının bulunduğu bölgelerde de arazi kullanımı yoğunluklarının yüksek olduğu görülmektedir. Sanayi bölgeleri büyük alan kullanımı gerektiren ve tek bir işlev sunan bölgeler olması sebebiyle çeşitlilik indeksi düşük alanlardır.

Faaliyet çeşitliliğinin genellikle konut yoğunluğuna benzer biçimde kentin kuzeyinden güneyine bir yay çizerek Keçiören, Mamak ve Çankaya ilçelerinde, batı aksında yoğun konutların bulunduğu Batıkent semti ve Sincan ilçe merkezinde, güneybatı aksında yüksek yoğunluklu konut kümelerinin yer aldığı Mutlukent, Çayyolu, Konutkent, Yaşamkent ve Alacaatlı mahallelerinde arttığı görülmektedir. Entropi indeksi, kamuya açık kullanımların da yer aldığı Hacettepe Üniversitesi ve Bilkent Üniversitesi kampüsünde yüksek değerlere sahiptir. Ancak bu bölgeler, yüksek faaliyet çeşitliliğinin aksine faaliyet yoğunluğu açısından düşük indeks değerlerine sahip bölgelerdir.

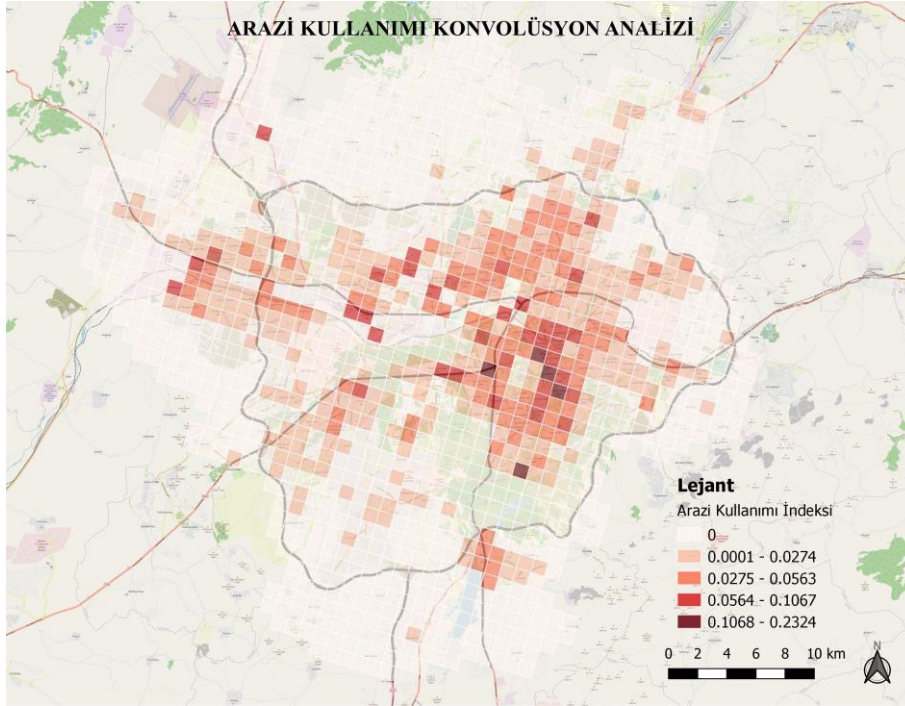


Harita 4.23. Faaliyet yoğunluk indeksinin mekânsal dağılımı



Harita 4.24. Faaliyet çeşitlilik indeksinin (entropi) mekânsal dağılımı

Arazi kullanımı yoğunluğu ve çeşitliliğinin farklı mekânsal dağılım özellikleri göstermesi sebebiyle bu iki merkezilik indeksi mekânsal konvolüsyon fonksiyonuyla birleştirilerek iki boyutu birlikte temsil eden merkezilik dereceleri belirlenmiştir (Harita 4.25).

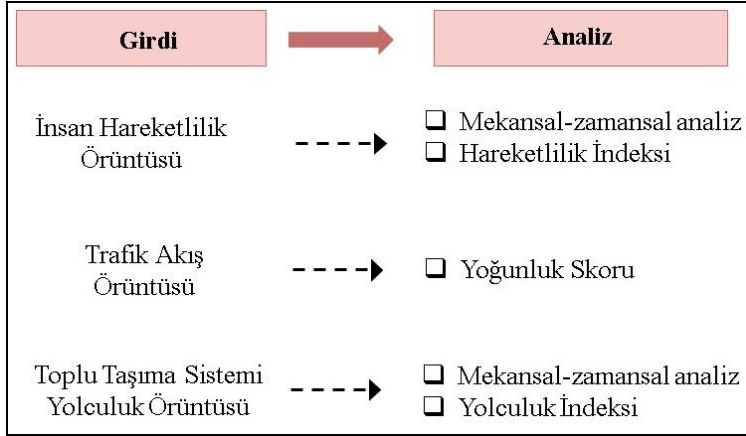


Harita 4.25. Arazi kullanımı konvolüsyon analizi

Arazi kullanımı konvolüsyon analizi sonuçlarına göre kentte Atatürk Bulvarı boyunca Kızılay, Kavaklıdere ve Gaziosmanpaşa mahallesi en yüksek indeks değerlerine sahip gridlerdir. Bu bölgeleri kentin güneybatı aksında yer alan Armada ve Next Level AVM ile güneyinde yer alan Panora, One Tower, Kuzu Effect AVM'lerinin bulunduğu gridler takip etmektedir. Yine güneybatı aksında Kentpark, Cema AVM ve güney aksında Taurus AVM'nin bulunduğu gridlerin de konvolüsyon değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Arazi kullanımı konvolüsyon analizine göre yüksek değerlere sahip gridler Çankaya ilçesinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle kuzey-güney aksındaki yoğunlukların kentteki ana ulaşım arterlerini takip ettiği, doğu-batı yoğunluklarının ise hafif raylı sistem hattının duraklarına benzer bir yayılım gösterdiği söylenebilir. Kentin batı ve kuzey bölgelerinde ise diğer bölgelere benzer şekilde AVM'lerin bulunduğu, hafif raylı sistem duraklarının yer aldığı gridlerde ve yoğun konut bölgelerinde yüksek değerler görülmektedir.

#### 4.2. Ağ Sistemine İlişkin Analiz Bulguları

Hareketlilik örüntülerinin belirlenmesine ilişkin bulgular, insan hareketlilik örüntüsü (human mobility pattern), trafik akış örüntüsü (traffic flow pattern) ve toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüsü (public transportation travel pattern) analizlerinden oluşmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Ağ sisteminin analiz aşamaları

#### 4.2.1. İnsan hareketlilik örüntüsü

İnsan hareketlilik örüntüsünün analizinde Google Maps'ten elde edilen kalabalık bölge (busy area) verileri, bölgelerin mekânsal-zamansal yapısının belirlenmesi için hafta içi ve hafta sonu günün farklı saatlerinde gösterdiği günlük hareketlilik skorlarına göre kümelendirilmiştir. Kümeleme analizinde k-ortalama algoritması temel bileşenler aracılığıyla kullanılarak benzer örüntüler gösteren hareketlilik kümeleri elde edilmiştir.

Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) ve Barlett Testine göre veri setinin PCA için yeterli varyans sağladığı ( $KMO > 0.5$ ) ve çok değişkenli normal dağılım gösterdiği ( $sig. < 0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. İnsan hareketlilik göstergelerinin KMO ve Barlett testi

|                                      |         |           |
|--------------------------------------|---------|-----------|
| KMO Örneklem Ölçüm Değer Yeterliliği |         | .826      |
| Barlett Testi                        | Ki-Kare | 16900.556 |
|                                      | df      | 1128      |
|                                      | Sig.    | .000      |
| p<0.01)                              |         |           |

PCA'ya ait yapı matrisi Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. İnsan hareketliliği temel bileşenler yapı matrisi

| Saatler    | Bileşenler |       |       |       |      |       |       |
|------------|------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
|            | 1          | 2     | 3     | 4     | 5    | 6     | 7     |
| Hafta içi  |            |       |       |       |      |       |       |
| 04:00      | .673       | -.026 | .199  | .261  | .451 | .285  | .700  |
| 05:00      | .522       | .058  | .191  | .331  | .771 | .373  | .656  |
| 06:00      | .179       | .129  | .139  | .223  | .927 | .304  | .279  |
| 07:00      | .201       | .065  | .225  | .192  | .936 | .381  | .190  |
| 08:00      | .247       | -.224 | .555  | .088  | .795 | .703  | .177  |
| 09:00      | .167       | -.401 | .757  | -.096 | .422 | .696  | .084  |
| 10:00      | .085       | -.309 | .891  | -.186 | .227 | .603  | .080  |
| 11:00      | .102       | -.197 | .944  | -.178 | .172 | .572  | .053  |
| 12:00      | .112       | -.126 | .917  | -.144 | .113 | .499  | .027  |
| 13:00      | .116       | -.049 | .935  | -.095 | .143 | .469  | .036  |
| 14:00      | .084       | .071  | .975  | -.037 | .225 | .449  | .050  |
| 15:00      | .062       | .170  | .944  | -.009 | .266 | .394  | .054  |
| 16:00      | .072       | .288  | .891  | .070  | .284 | .370  | .022  |
| 17:00      | .140       | .589  | .635  | .364  | .292 | .342  | .030  |
| 18:00      | .175       | .666  | .339  | .685  | .285 | .213  | .039  |
| 19:00      | .214       | .569  | .084  | .879  | .247 | .066  | -.013 |
| 20:00      | .342       | .408  | -.001 | .961  | .272 | .038  | -.078 |
| 21:00      | .512       | .158  | .001  | .947  | .325 | .045  | -.123 |
| 22:00      | .761       | -.110 | .128  | .806  | .463 | .216  | -.180 |
| 23:00      | .903       | -.135 | .168  | .691  | .398 | .130  | -.191 |
| 00:00      | .971       | -.173 | .119  | .511  | .326 | .103  | -.117 |
| 01:00      | .952       | -.141 | .128  | .383  | .332 | .139  | .077  |
| 02:00      | .940       | -.140 | .113  | .338  | .344 | .182  | .264  |
| 03:00      | .834       | -.085 | .162  | .285  | .385 | .218  | .529  |
| Hafta sonu |            |       |       |       |      |       |       |
| 04:00      | .797       | -.053 | .170  | .297  | .415 | .225  | .570  |
| 05:00      | .549       | .038  | .195  | .369  | .748 | .298  | .625  |
| 06:00      | .275       | .133  | .170  | .343  | .931 | .367  | .427  |
| 07:00      | .336       | .056  | .279  | .299  | .955 | .544  | .300  |
| 08:00      | .284       | -.075 | .397  | .226  | .800 | .804  | .206  |
| 09:00      | .187       | -.039 | .460  | .118  | .546 | .925  | .170  |
| 10:00      | .054       | .331  | .511  | .138  | .394 | .916  | .213  |
| 11:00      | -.001      | .582  | .438  | .167  | .265 | .762  | .180  |
| 12:00      | -.085      | .783  | .305  | .181  | .188 | .554  | .206  |
| 13:00      | -.176      | .907  | .155  | .177  | .110 | .314  | .183  |
| 14:00      | -.191      | .959  | .031  | .188  | .044 | .082  | .194  |
| 15:00      | -.186      | .965  | -.034 | .225  | .032 | -.035 | .187  |
| 16:00      | -.147      | .964  | -.076 | .325  | .044 | -.100 | .177  |
| 17:00      | -.074      | .929  | -.105 | .503  | .101 | -.109 | .181  |
| 18:00      | -.003      | .813  | -.128 | .676  | .160 | -.092 | .161  |
| 19:00      | .136       | .590  | -.190 | .867  | .193 | -.101 | .073  |
| 20:00      | .289       | .356  | -.200 | .943  | .214 | -.077 | -.046 |
| 21:00      | .475       | .097  | -.181 | .931  | .248 | -.042 | -.123 |
| 22:00      | .747       | -.163 | .027  | .790  | .407 | .176  | -.217 |
| 23:00      | .897       | -.194 | .086  | .666  | .385 | .100  | -.228 |
| 00:00      | .953       | -.220 | .038  | .492  | .276 | .032  | -.179 |
| 01:00      | .968       | -.152 | .084  | .393  | .307 | .088  | .037  |
| 02:00      | .955       | -.142 | .069  | .363  | .296 | .113  | .175  |
| 03:00      | .874       | -.106 | .123  | .313  | .349 | .177  | .439  |

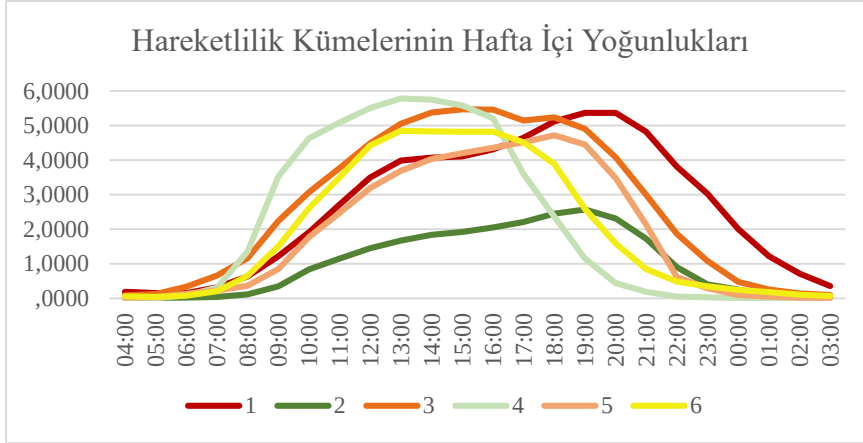
PCA'ya göre, hafta içi ve hafta sonu gece saatleri (23:00-03:00) aynı bileşende yer almaktadır. Hafta içi çalışma saatleri olan 09:00-17:00 saatlerine ait hareketlilik verileri birarada yer alırken; hafta sonu 08:00-11:00 ile 12:00-18:00 saatlerinin hareketlilik verileri ayrı bileşenlerde toplanmaktadır. Hafta içi ve hafta sonu akşam saatlerine ait (19:00-22:00) hareketlilik verileri birlikte yer almaktadır. Benzer şekilde 05:00-07:00 saatlerine ait hafta içi ve hafta sonu hareketlilik verileri aynı bileşende bulunmaktadır. Hafta içi 04:00 saatine ait hareketlilik verisi ise tek bir bileşen oluşturmaktadır. Bunun sebebi hafta içi bazı bölgelerde hareketliliğin gece 04:00'te başlaması/bitmesi ve bu saate ait hareketlilik verilerinin diğer saatlerden farklı bir dağılım göstermesidir.

Birikimli toplam varyans açıklama oranına göre, belirlenen yedi temel bileşenin değişken bilgilerinin %92,8'ini açıklamaktadır (Çizelge 4.7). PCA'daki her bileşenin varyans açıklama oranı birikimli toplam varyans açıklama oranına bölünerek insan hareketlilik indeksi elde edilmiştir.

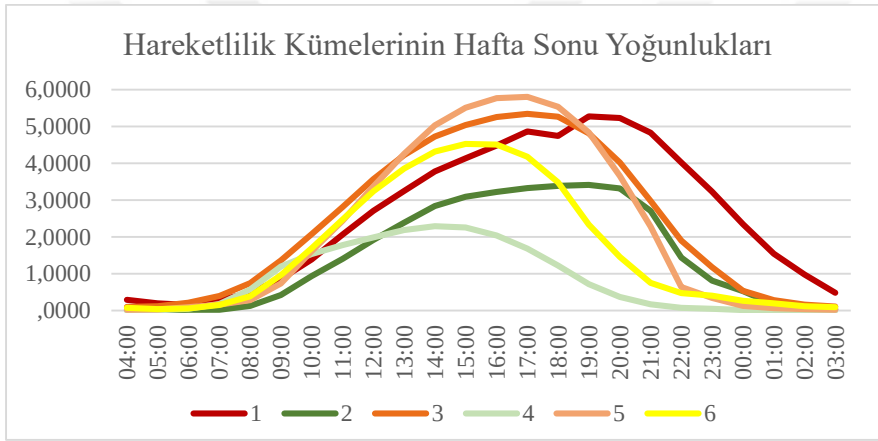
Çizelge 4.7. İnsan hareketliliği temel bileşen analizinin varyans açıklama oranları

|                                         | TB1   | TB2   | TB3   | TB4   | TB5   | TB6   | TB7   |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Özdeğerler                              | 15,66 | 9,47  | 9,24  | 4,09  | 3,34  | 1,64  | 1,12  |
| Toplam varyans açıklama oranı           | 0,326 | 0,197 | 0,193 | 0,085 | 0,070 | 0,034 | 0,023 |
| Birikimli toplam varyans açıklama oranı | 0,326 | 0,523 | 0,716 | 0,801 | 0,871 | 0,905 | 0,928 |

PCA ile insan hareketlilik indeksinin belirlenmesinin ardından k-ortalama Kümeleme yöntemi kullanılarak birbirine benzer hareketlilik grafiği gösteren kümeler ortaya konulmuştur. K-ortalama kümeleme analizine göre (Elbow yöntemi) hareketlilik bölgeleri altı kümeye ayrılmaktadır. Kümelerin insan hareketlilik indeksine göre ortalama indeksleri incelendiğinde, 1. küme en yüksek hareketlilik indeksine sahiptir. Ardından büyükten küçüğe doğru sırasıyla 3 numaralı küme, 5 numaralı küme, 6 numaralı küme, 4 numaralı küme ve 2 numaralı küme gelmektedir.



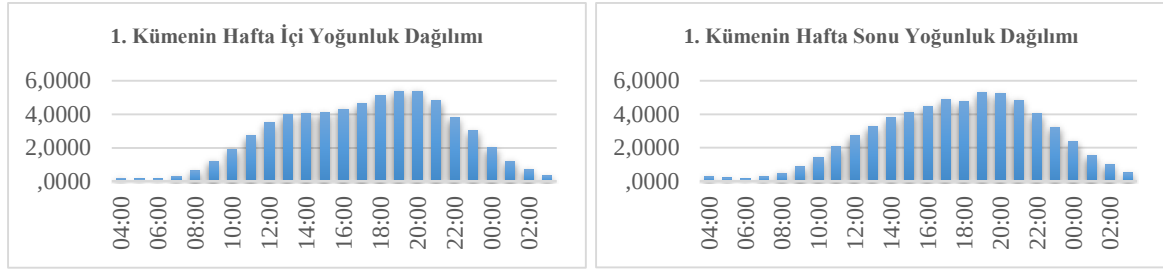
Şekil 4.7. Hareketlilik kümelerinin hafta içi yoğunlukları



Şekil 4.8. Hareketlilik kümelerinin hafta sonu yoğunlukları

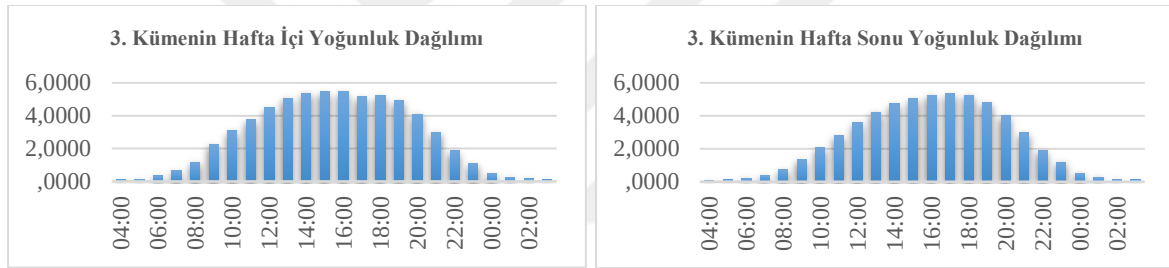
Hareketlilik indeksine göre kent içi hareketlilik kümelerinin zamansal (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8) dağılımı incelendiğinde, en yüksek skora sahip olan 1 numaralı kümenin hafta içi de hafta sonu da gece ve gündüz hareketlilik yoğunluğunun yüksek olduğu görülmektedir. 3 numaralı kümenin gece yoğunluğu daha düşük olmakla birlikte hafta içi ve hafta sonu gündüz saatlerinde hareketliliği yüksektir. 5 numaralı kümenin 3 numaralı kümeyle benzer şekilde gündüz yoğunluğu daha yüksek iken, hafta sonu yoğunluğunun hafta içine göre daha yüksek olduğu hatta hafta sonları diğer kümelerle göre en yüksek yoğunluk skoruna ulaştığı görülmektedir. 6 numaralı küme ise hafta içi ve hafta sonu yoğunluklarına göre benzer dağılımlara sahip, kendisinden önceki diğer kümelerle göre gece kullanımı düşüktür. 4 numaralı kümenin hafta içi çalışma saatlerinde yoğunluğu yüksek iken hafta sonu hareketlilik yoğunluğunda önemli bir düşüş olmaktadır. 2 numaralı küme ise hafta içi ve hafta sonu nispeten düşük yoğunluklara sahip olmakta, akşam saatlerinde gündüz saatlerine göre daha yüksek yoğunluklara ulaşmaktadır. Kent içi hareketlilik bölgelerinin mekânsal ve





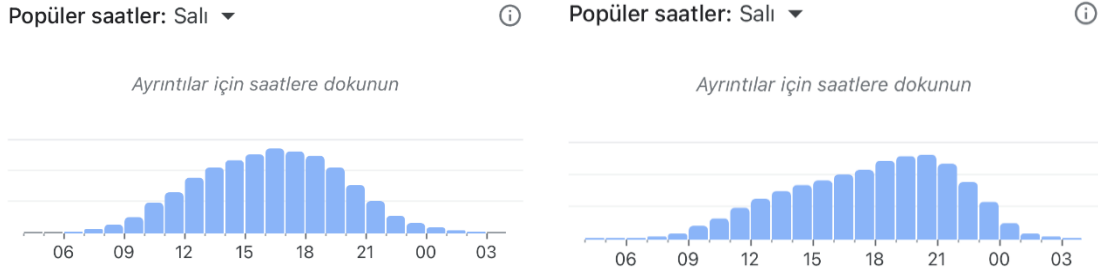
Şekil 4.9. 1 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

Hareketlilik indeksine göre ikinci sırada yer alan 3 numaralı kümenin zamansal dağılımı incelendiğinde, 1 numaralı kümeden farklı bir dizilim göstermektedir. 1 numaralı kümenin en yoğun olduğu saatler akşam saatleri (19:00-21:00) iken 3 numaralı kümenin 13:00-19:00 saatlerinde yoğunlaştığı görülmektedir, gece kullanımı ise 1 numaralı kümeye göre daha düşüktür (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. 3 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

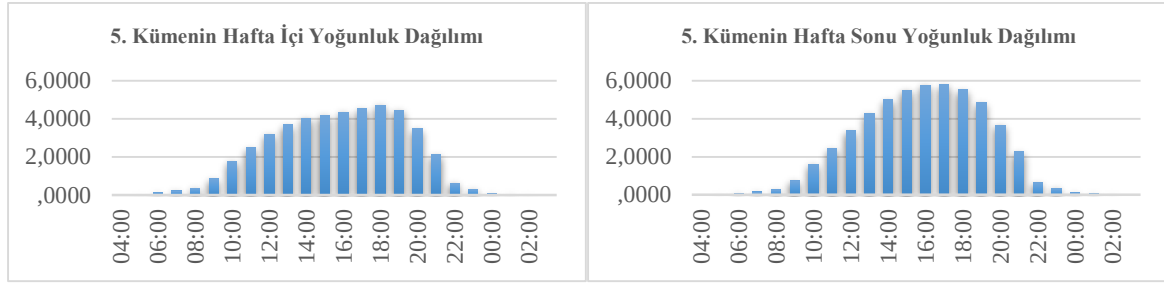
İki küme arasındaki mekânsal-zamansal farklılık Bahçelievler ve Kızılay semtleri üzerinden okunabilmektedir. Bahçelievler semti gece kullanımının da yüksek olduğu 18:00-22:00 saatleri arasında yoğunluğun arttığı bir zamansal dağılıma sahipken, Kızılay semti gündüz kullanımının yüksek olduğu, özellikle 16:00-18:00 saatleri arasında yoğunluğun arttığı bir dağılım göstermektedir (Şekil 4.11). Çankaya ilçesinde yer alan bu iki merkez mekânsal olarak benzer bölgede bulunmasına, morfolojik örüntü indeksine göre aynı kümede yer almasına rağmen zamansal olarak kullanım farklılığına sahiptir. Kızılay semti özellikle iş çıkış saatlerinde transit geçişler için yoğun kullanılırken Bahçelievler semtinin gece kullanımının yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle iki merkez ağ sisteminin insan hareketlilik örüntüsüne göre farklı kümelerde yer almaktadır.



Şekil 4.11. Kızılay (soldaki) ve Bahçelievler (sağdaki) semtlerinin zamansal yoğunluk dağılımı

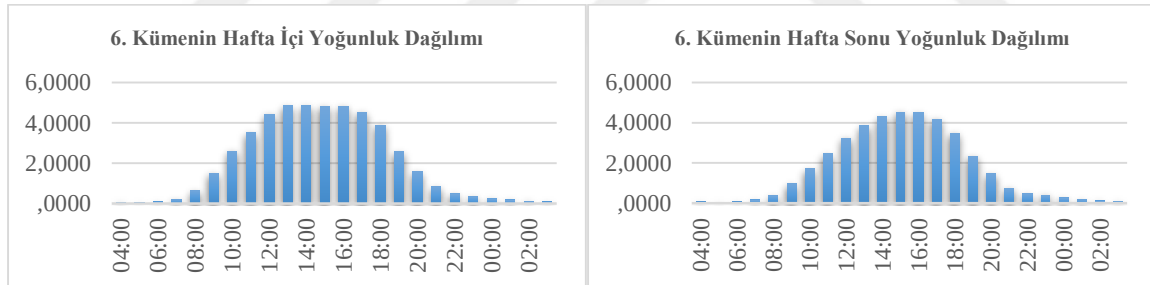
3 numaralı kümenin mekânsal olarak yer aldığı diğer bölgeler incelendiğinde, konut alanlarının yoğun olduğu, eğitim, sağlık, açık-yeşil alan gibi temel hizmetlerin sunulduğu çeşitliliği (entropi) yüksek ızgara hücrelerde yoğunlaşmaktadır. Emek, Balgat, Aşağı Ayrancı, Aşağı Öveçler mahallelerinde, Cinnah Caddesi ve Turan Güneş Bulvarı üzerinde konut ve çalışma alanlarının yer aldığı hücrelerde 3 numaralı kümenin bulunduğu görülmektedir. Ayrıca Elvankent, Etimesgut, Demetevler, Yenimahalle, Cebeci gibi konut yoğunluğu ile eğitim, sağlık vb. temel hizmetlerin yüksek olduğu bölgelerde yer almaktadır.

Hareketlilik indeksine göre üçüncü sırada yer alan 5 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı incelendiğinde, hafta sonu yoğunluğunun hafta içi yoğunluğundan daha yüksek olduğu görülmektedir. Hafta sonu 14:00-19:00 saatleri en yoğun zaman aralığını oluşturmaktadır. Hafta içi yoğunlukları ise çok daha düşük olmakla birlikte en yüksek yoğunluğa 17:00-19:00 saatleri arasında ulaştığı görülmektedir (Şekil 4.12). Kent içinde yer alan alışveriş merkezleri genellikle bu kümede toplanmıştır. Güneybatı aksında yer alan Armada, Next Level, Cepa, Kentpark, Gordion, Arcadium AVM, kentin güneyinde yer alan Taurus, One Tower, Panora AVM, güneybatısında yer alan Anatolium, Nata Vega, 365 AVM, kuzeyinde yer alan Ankamall, Antares, Acity AVM ve batısında yer alan Metromall, Dolphin, Optimum AVM bu kümede yer almaktadır. İş çıkış saatlerinde ve hafta sonlarında alışveriş merkezi kullanımlarının yüksek olması bu kümenin mekânsal-zamansal yoğunluk dağılımını açıklamaktadır. Alışveriş merkezlerinin yanı sıra kentin kuzey, güney, doğu ve batı çeperlerinde yer alan mahalle merkezlerinde 5 numaralı kümeler rastlanmaktadır.



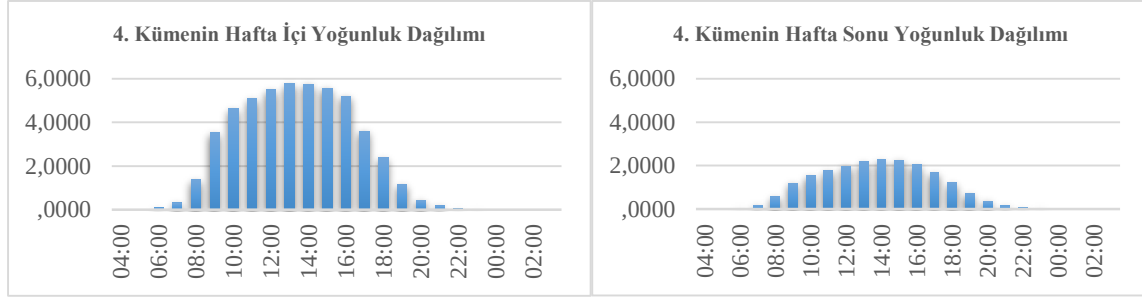
Şekil 4.12. 5 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

6 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımına göre gündüz kullanımının gece kullanımından daha yüksek olduğu, özellikle saat 20:00'den sonraki gece kullanımının oldukça düşük yoğunluğa sahip olduğu görülmektedir. Hafta içi hareketlilik yoğunluğu daha yüksek olsa da hafta içi ve hafta sonu kullanımı genellikle benzer dağılım göstermektedir (Şekil 4.13). Bu kümenin mekânsal olarak dağılımı incelendiğinde, müzeler gibi kültür-eğlence alanlarının en yoğun bulunduğu Ulus ve çevresinde yer aldığı görülmektedir. Bu küme aynı zamanda kentin güneyinde ve batısında ana bulvarlar üzerinde, Söyete Pazarı, Tepe Prime gibi gündüz kullanımı yüksek alanlarda yer almaktadır.



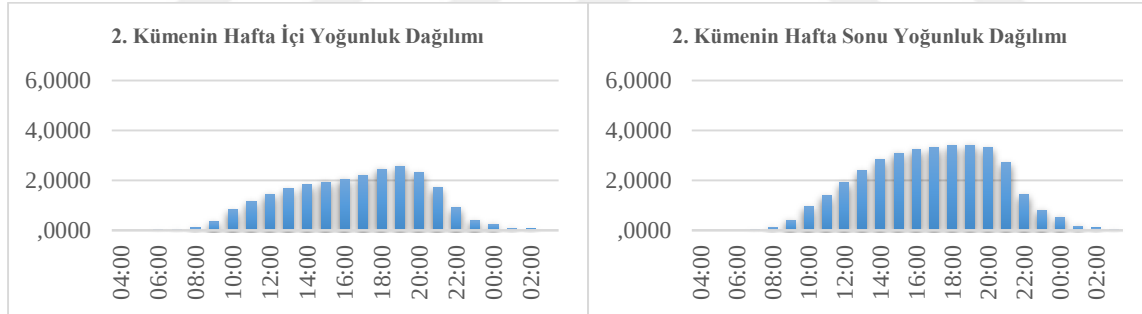
Şekil 4.13. 6 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

4 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımına göre diğer kümelerden ayrılan en önemli özelliği, hafta içi yoğunluğu ile hafta sonu yoğunluğu arasındaki farkın yüksek olmasıdır. Hafta içi kullanım yoğunluğunun özellikle çalışma saatlerinde yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.14). Bu kümeler, mekânsal olarak kentteki önemli çalışma alanları olan sanayi bölgelerinin ve fabrika satış sitelerinin içerisinde yer almaktadır. Bu durum, hafta içi hareketlilik yoğunluğu ile hafta sonu hareketlilik yoğunluğu arasındaki farkı açıklamaktadır.



Şekil 4.14. 4 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

2 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımına göre hafta içi de hafta sonu da düşük kullanım yoğunluğuna sahiptir. Kullanım yoğunluğunun en yüksek olduğu saatler hafta içi iş çıkış saati olan 18:00 ile 20:00 arasındır, hafta sonu ise 13:00-21:00 saatleri arasında benzer kullanım yoğunluğuna sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.15). Bu kümenin mekânsal dağılımı incelendiğinde, Forum Ankara AVM, Podium AVM, FTZ AVM gibi kullanım yoğunluğu düşük alışveriş merkezlerinde, Alacaatlı, İncek gibi yeni gelişen bölgelerin kırsal niteliği yüksek olan eski konut yerleşim alanlarında ve kentin düşük yoğunlukta kullanılan bölgelerinde yer almaktadır.



Şekil 4.15. 2 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

Hareketlilik indekslerinin çalışma birimi olan ızgara hücrelere göre dağılımı incelendiğinde, en yüksek indeks değerlerine sahip bölgelerin Bahçelievler, Tunalı Hilmi, Çukurambar, Çayyolu ve Dikmen’de yer aldığı görülmektedir. Hareketlilik indeksine göre benzer değerlere sahip olan bu kümelerin mekânsal olarak kapladıkları alan büyüklükleri değişmektedir. Kızılay ve Tunalı Hilmi bölgesinde yüksek hareketlilik kümeleri daha geniş alanlara yayılmışken, Çukurambar ve Dikmen’de alan büyüklüğü azalmaktadır (Harita 4.26). Bu nedenle hareketlilik indekslerinin ızgara hücrelere aktarılmasında ızgara hücrenin ortalama hareketlilik skoru (Harita 4.27) ve hücre içerisindeki hareketlilik bölgesinin alan büyüklüğü verileri hesaplanmıştır. Hareketlilik skoru yüksek iki bölgenin kapladığı alanların



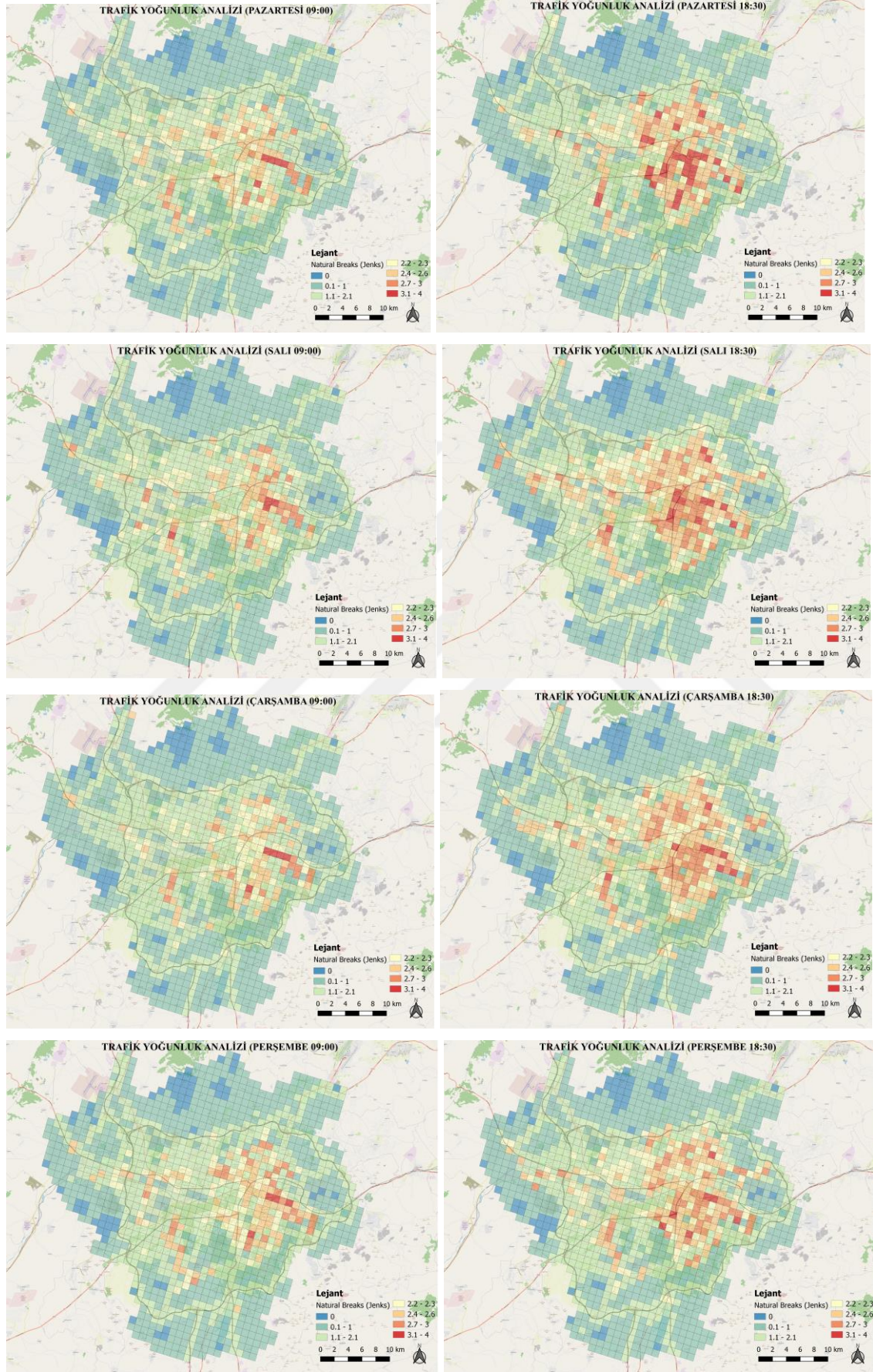
sabah (09:00) yoğunlukları incelendiğinde, farklı günlere ait yoğunluklar birbirine benzer dağılım göstermektedir. Bu durum, trafik akışının periyodik özellik göstermesi nedeniyle iş ve okul saatlerinde haftanın farklı günlerine ait yoğunlukların benzer olmasıyla açıklanabilir. Hafta içi sabah en fazla yoğunluğun Ulus-Kurtuluş-Dikimevi bağlantısını sağlayan Talatpaşa bulvarında olduğu tespit edilmiştir. Çift yönlü ve yüksek yoğunlukta trafik akışının olduğu bu bulvarda, sabah saatlerinde en fazla akışın batı yönünde olduğu, akşam saatlerinde ise tersi yönde (doğu) olduğu saptanmıştır. Talatpaşa bulvarının güneydoğusuna doğru Natoyolu üzerinde de sabah ve akşam saatlerinde çift yönlü yoğun akış bulunmaktadır.

Sabah saatlerinde yoğunluğu düşük olup akşam saatlerinde artan bölgeler ise, kentin kuzeyinde yer alan Keçiören ilçesi, kuzeybatıda yer alan Yenimahalle ilçesi, güneybatısında yer alan Çayyolu bölgesi, kentin güney aksını oluşturan Mevlana Bulvarı, yine kuzey-güney bağlantısını sağlayan Atatürk Bulvarı ve Dikmen Caddesi olarak tespit edilmiştir.

Kentin kuzeyinde Keçiören ilçesinde kuzeybatıda yer alan Yenimahalle ilçesinde toplu taşıma sistemlerinin de bulunduğu akslar boyunca yoğunluğun yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu yoğunluk 09:00'da kuzeyden güneye doğru bir akışa sahipken, 18:30'da tersi yönde güneyden kuzeye doğru bir akış göstermektedir. Yoğun akışların sabah ve akşam saatlerindeki zamansal dağılımına ve akış yönüne bağlı olarak iş yolculuklarının tahmin edilmesi mümkündür.

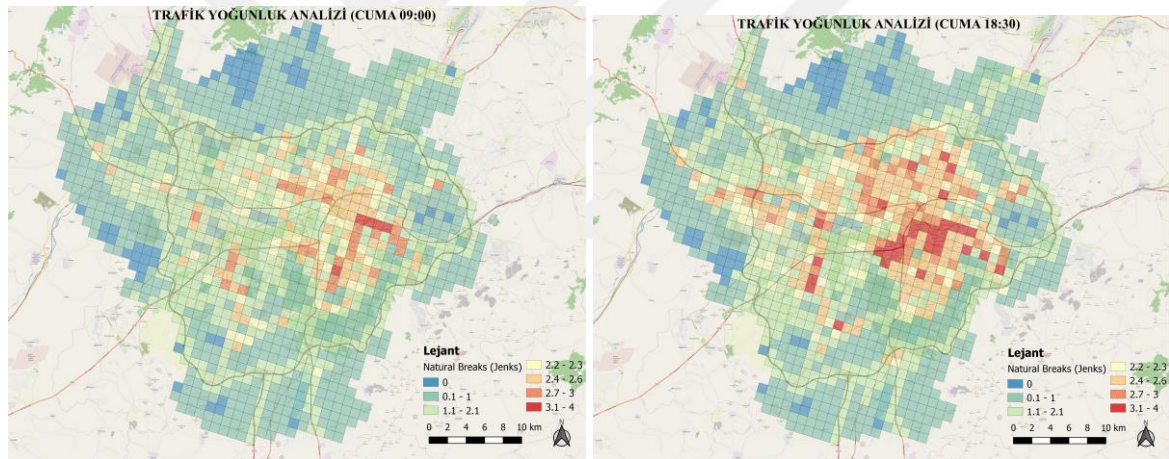
Kentin güney aksını oluşturan Mevlana Bulvarı (Konya Yolu), akşam saatlerinde (özellikle AŞTİ-Dışkapı arası) güneyden kuzeye doğru yoğun bir akışa sahiptir. Ayrıca yine kentin kuzey-güney bağlantısını sağlayan Atatürk Bulvarı, Dikmen Caddesi ve güneybatısında yer alan Ümitköy'de kuzey-güney aksları boyunca sürekliliği okunan çift yönlü yoğun akışlar bulunmaktadır. Atatürk Bulvarı'nın yer aldığı Kızılay semti ve çevresindeki yol ağlarının akşam saatlerinde (18:30) yüksek yoğunluklara sahip olduğu tespit edilmiştir.

Kentte yoğunluğu düşük bölgeler ise kentin batısında yer alan Sincan ilçesi, kuzeyinde yer alan Pursaklar ilçesi, güneyinde yer alan Gölbaşı ilçesi ve kentin çevre yolu bağlantısını sağlayan yol ağları olarak belirlenmiştir. Kentin batısında Sincan ilçesindeki akışın ASO 1. OSB'ye doğru yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Pursaklar ile Gölbaşı ilçesinde ve Ankara çevre yolunda sabah ve akşam saatlerinde de düşük yoğunluklu çift yönlü akışlar mevcuttur.



Harita 4.28. Hafta içi yoğun saatlere ait (09:00 ve 18:30) trafik yoğunluk analizi

Kentte trafik akış yoğunluğunun mekânsal olarak en fazla olduğu zaman, Cuma günü akşam (18:30) olarak belirlenmiştir. Cuma günü gündüz ve akşam yoğunlukları incelendiğinde (Harita 4.29) en yüksek skora sahip bölge, batıdan doğuya Tıp Fakültesi Caddesi ve Talatpaşa Bulvarı üzeridir. Sabah 09:00'da doğudan batıya akış olurken akşam 18:30'da batıdan doğuya doğru akış artmaktadır. İkinci sırada ise kuzeyden güneye Kocatepe, Meşrutiyet, Kavaklıdere, Esat, Ayrancı bölgelerinde ve Dikmen Caddesi üzerinde yoğun akış bulunmaktadır. Bu bölgelerdeki trafik akış yoğunluğu çift yönlü bir yapı sergiler. Cuma akşam saatlerindeki akış yoğunlukları incelendiğinde, sabah saatlerinden farklı olarak güneybatı aksında yer alan Çayyolu hattının çift yönlü yüksek yoğunluğa sahip olduğu, Bahçelievler, Balgat, Söğütözü, Çukurambar bölgesinde akış yoğunluğunun yüksek olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde çift yönlü bir akış görülürken özellikle Dumlupınar Bulvarı ve 1071 Malazgirt Bulvarı yüksek trafik yoğunluklarına sahip akslardır.

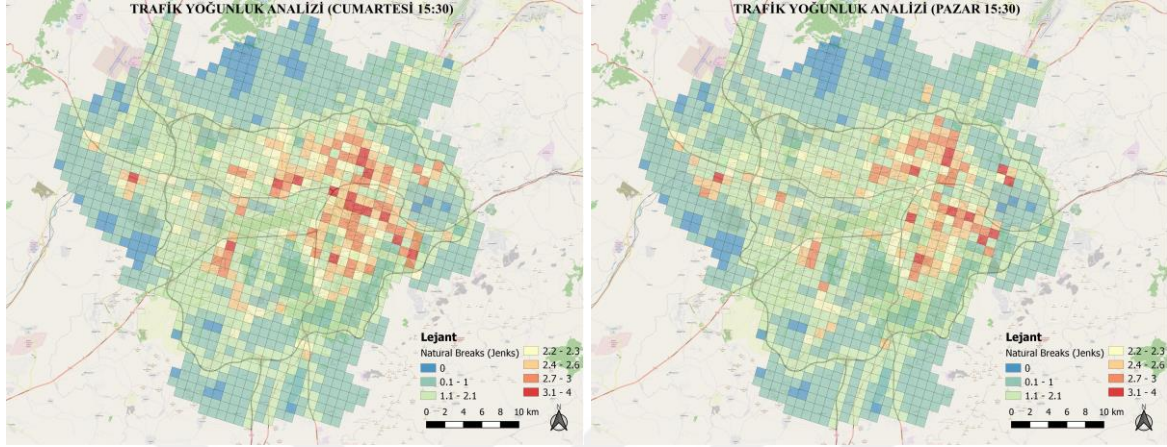


Harita 4.29. Cuma günü yoğun saatlere ait (09:00 ve 18:30) trafik yoğunluk analizi

Hafta sonu yoğunlukları incelendiğinde (Harita 4.30), hafta içine benzer olarak Talatpaşa Bulvarı üzerinde Ulus, Cebeci, Dikimevi arasında yoğunluğun yüksek olduğu, bu akışlarının çift yönlü bir seyir izlediği görülmektedir. Kentin güneydoğusunda Natavega ve Anatolium AVM'lere bağlantıyı sağlayan Natoyolu'nda da çift yönlü yoğun bir akış bulunmaktadır. Kuzeyden güneye doğru hafta içine benzer olarak Atatürk Bulvarında ve Dikmen Caddesinde çift yönlü ve yüksek yoğunluklu akış vardır.

Kentin kuzeyinde konut yoğunluğu yüksek, hafif raylı sistem duraklarının bulunduğu gridlerde akış yoğunluğunun yüksek olduğu görülmektedir. Keçiören, Yenimahalle, Sincan ilçe merkezlerinde trafik yoğunluğu yüksek bölgeler yer almaktadır. Bu bölgelerdeki hafta

sonu akışları çift yönlüdür. Aynı zamanda kentte alışveriş merkezlerinin yer aldığı ızgara hücrelerde ve bu hücrelerin çevresinde genel olarak trafik yoğunluğunun yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Harita 4.30. Hafta sonu yoğun saatlere ait (15:30) trafik yoğunluk analizi

Trafik yoğunlukları hafta içi gündüz saatlerinde benzer dağılımlar gösterse de akşam saatlerinde ve hafta sonunda farklı yoğunluk bölgeleri oluşturmaktadır. Farklı gün ve saatlere göre ızgara hücrelerin trafik yoğunluk skorlarının değişmesi nedeniyle ağ merkeziliği ve hibrit model için yapılan istatistiksel analizlerde her bir gün ve saat ayrı değişkenler olarak analize dâhil edilmiştir.

#### 4.2.3. Toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüsü

Toplu taşıma sistemi yolculuk örüntüsünün belirlenmesinde, durakların günün farklı saatlerinde tipik olarak ne kadar yoğun olduğunu gösteren Google Maps yoğunluk grafikleri analiz edilmiştir.

Toplu taşıma sistemi yolculuk yoğunluklarının mekânsal-zamansal analizinde akışların piksel sayma yöntemiyle elde edilen yolculuk yoğunlukları, hafta içi ile hafta sonu olmak üzere farklı günlere ve günün farklı saatlerine ait zamansal yoğunluklarını gösteren periyodik kalıpları temel bileşenler aracılığıyla k-ortalama algoritması kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, yoğunluk skorlarına, periyodik kalıplarına ve bu kalıplardaki değişikliklerine bağlı olarak benzer dağılım sergileyen 6 adet durak yoğunluk kümesi elde edilmiştir.

KMO ve Barlett Testine göre veri setinin PCA için yeterli varyans sağladığı ( $KMO > 0.5$ ) ve çok değişkenli normal dağılım gösterdiği ( $sig. < 0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Toplu taşıma sistemi yolculuk göstergelerinin KMO ve Barlett testi

|                                      |         |          |
|--------------------------------------|---------|----------|
| KMO Örneklem Ölçüm Değer Yeterliliği |         | .814     |
| Barlett Testi                        | Ki-Kare | 8572.727 |
|                                      | df      | 703      |
|                                      | Sig.    | .000     |
| p<0.01)                              |         |          |

PCA'ya göre durak yoğunluklarının zamansal dağılımı beş bileşende toplanmaktadır (Çizelge 4.9). Hafta sonu 10:00-19:00 saatleri bir bileşende yer alırken hafta içi çalışma saatleri olan 09:00-16:00 saatleri bir arada ayrı bir bileşen oluşturmaktadır. Hafta içi ve hafta sonu sabah 06:00-08:00 saatleri bir bileşende, 21:00- 24:00 saatleri de bir diğer bileşende toplanmaktadır. Hafta içi akşam 17:00-20:00 saatleri ise bir arada farklı bir bileşen oluşturmaktadır. Bu analize göre, aynı bileşende yer alan zaman aralıklarında durakların benzer yoğunluk dağılımlar gösterdiği anlaşılmaktadır.

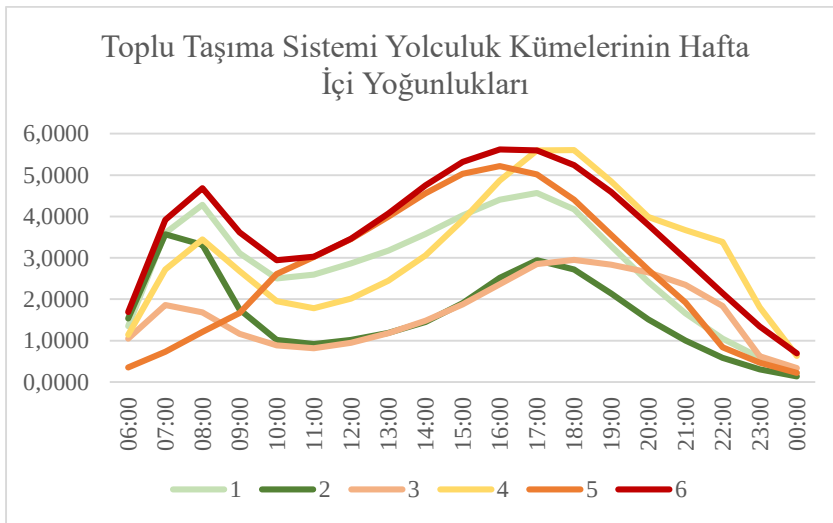
Çizelge 4.9. Toplu taşıma sistemi yolculukları temel bileşenler yapı matrisi

| Saatler    | Bileşenler |      |       |      |       |
|------------|------------|------|-------|------|-------|
|            | 1          | 2    | 3     | 4    | 5     |
| Hafta içi  |            |      |       |      |       |
| 06:00      | .085       | .084 | .000  | .821 | -.192 |
| 07:00      | .056       | .077 | -.004 | .851 | -.148 |
| 08:00      | .115       | .221 | .239  | .873 | .053  |
| 09:00      | .199       | .380 | .726  | .643 | .337  |
| 10:00      | .335       | .211 | .912  | .188 | .427  |
| 11:00      | .423       | .130 | .944  | .211 | .416  |
| 12:00      | .528       | .155 | .952  | .310 | .439  |
| 13:00      | .594       | .218 | .942  | .351 | .474  |
| 14:00      | .606       | .282 | .938  | .326 | .538  |
| 15:00      | .573       | .343 | .926  | .245 | .644  |
| 16:00      | .477       | .392 | .822  | .121 | .754  |
| 17:00      | .419       | .462 | .640  | .051 | .880  |
| 18:00      | .507       | .576 | .486  | .131 | .964  |
| 19:00      | .662       | .722 | .418  | .263 | .965  |
| 20:00      | .733       | .795 | .346  | .326 | .866  |
| 21:00      | .679       | .842 | .261  | .290 | .774  |
| 22:00      | .474       | .907 | .177  | .311 | .659  |
| 23:00      | .425       | .910 | .283  | .357 | .660  |
| 00:00      | .441       | .848 | .346  | .417 | .568  |
| Hafta sonu |            |      |       |      |       |

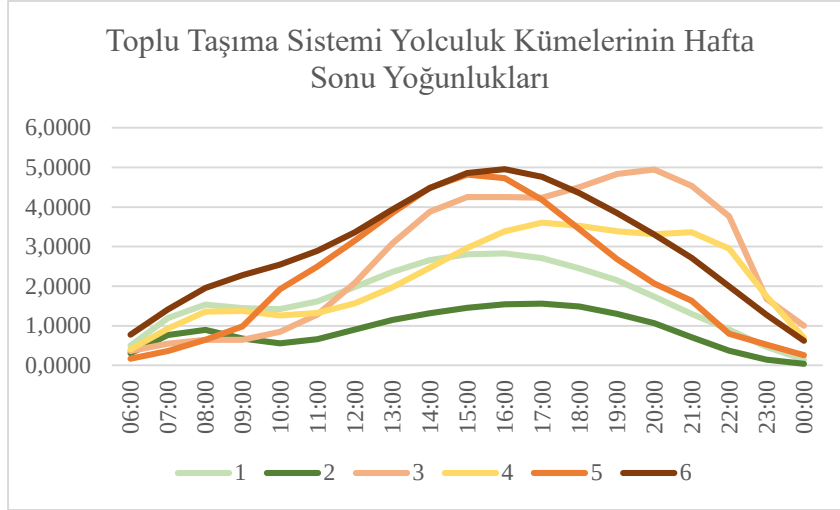
Çizelge 4.9. (devam) Toplu taşıma sistemi yolculukları temel bileşenler yapı matrisi

|       |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|
| 06:00 | .445 | .276 | .324 | .868 | .269 |
| 07:00 | .356 | .233 | .271 | .930 | .248 |
| 08:00 | .425 | .338 | .392 | .925 | .377 |
| 09:00 | .605 | .491 | .591 | .827 | .515 |
| 10:00 | .793 | .448 | .663 | .495 | .587 |
| 11:00 | .861 | .424 | .677 | .443 | .566 |
| 12:00 | .926 | .403 | .630 | .411 | .544 |
| 13:00 | .946 | .391 | .548 | .364 | .489 |
| 14:00 | .952 | .404 | .485 | .314 | .477 |
| 15:00 | .956 | .434 | .451 | .273 | .511 |
| 16:00 | .965 | .483 | .417 | .257 | .577 |
| 17:00 | .970 | .571 | .382 | .284 | .648 |
| 18:00 | .944 | .666 | .308 | .304 | .676 |
| 19:00 | .870 | .759 | .211 | .300 | .650 |
| 20:00 | .763 | .839 | .134 | .254 | .610 |
| 21:00 | .664 | .892 | .109 | .176 | .592 |
| 22:00 | .503 | .930 | .076 | .182 | .519 |
| 23:00 | .406 | .931 | .206 | .204 | .540 |
| 00:00 | .384 | .871 | .200 | .179 | .438 |

PCA yöntemiyle durak yoğunluk indeksinin belirlenmesinin ardından k-ortalama kümeleme yöntemi kullanılarak birbirine benzer yoğunluk grafiği gösteren kümeler ortaya konulmuştur. K-ortalama kümeleme analizine göre (Elbow yöntemi) toplu taşıma sistemi yolculuk yoğunlukları altı kümeye ayrılmaktadır. Durak yoğunluk indeksine göre büyükten küçüğe doğru sırasıyla 6 numaralı küme, 5 numaralı küme, 3 numaralı küme, 4 numaralı küme, 1 numaralı küme ve 2 numaralı küme gelmektedir.



Şekil 4.16. Toplu taşıma sistemi yolculuk kümelerinin hafta içi yoğunlukları

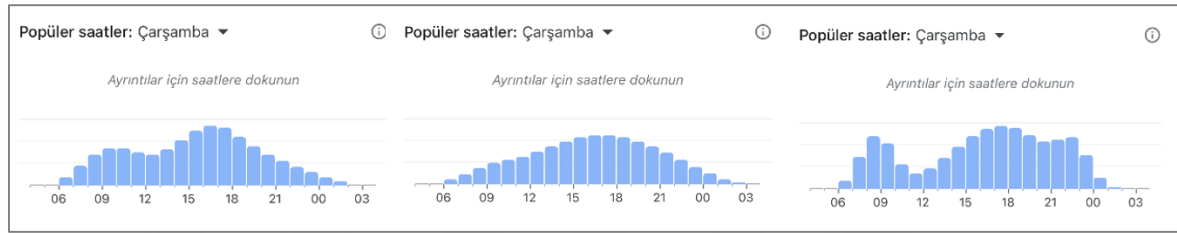


Şekil 4.17. Toplu taşıma sistemi yolculuk kümelerinin hafta sonu yoğunlukları

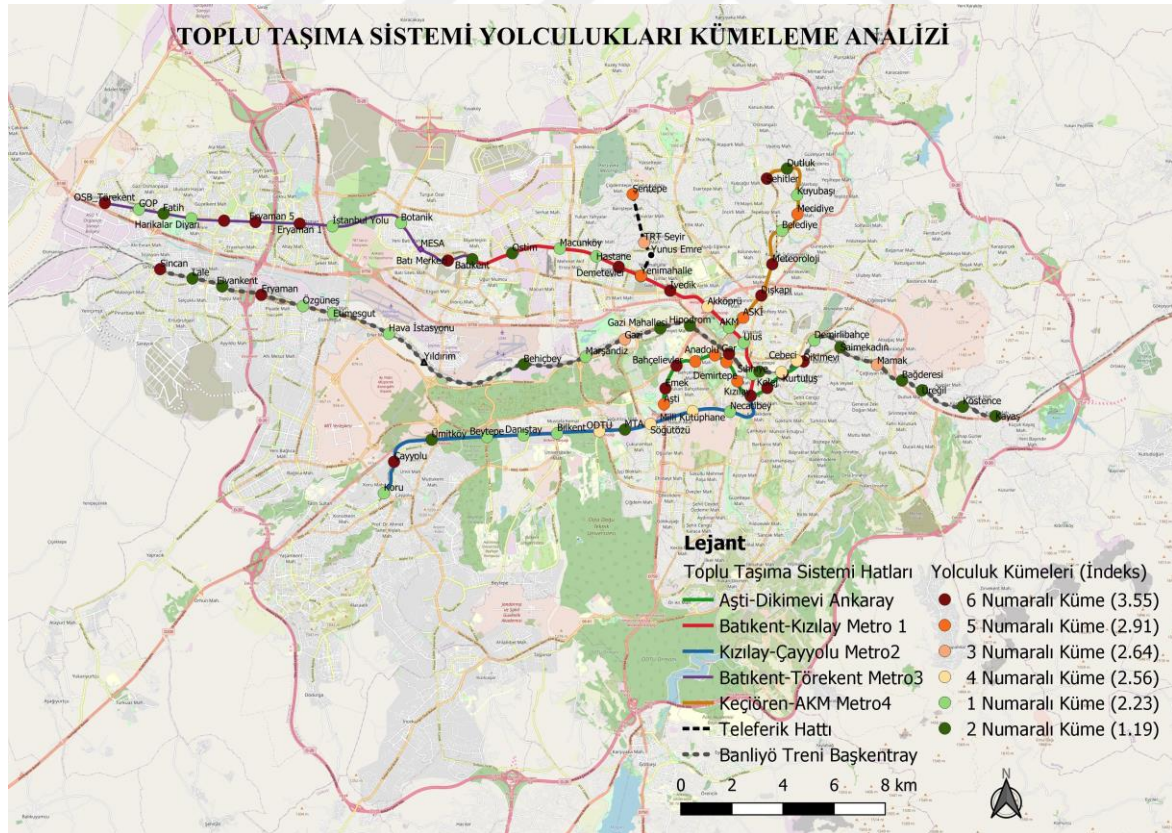
Kümelerin durak yoğunluk indeksine göre dağılımı incelendiğinde (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17), en yüksek indeks değerine sahip 6.küme çalışma ve okul saatlerinde yüksek yoğunluklara sahipken akşam (17:00) yoğunluklarının sabah (08:00) yoğunluklarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Durak yoğunluk indeksine göre ikinci sırada yer alan 5. küme ise farklı bir zamansal yoğunluk dağılımı göstererek ilk küme kadar belirgin çalışma saati yoğunlukları sergilememektedir. Aksine 16:00-17:00 saat aralığında yoğunluğun yüksek olduğu bu saat aralığına (peak saat) kadar sürekli artan ve tepe noktasına ulaştıktan sonra sürekli azalan bir yoğunluk grafiğine sahiptir. Durak yoğunluk indeksine göre üçüncü sırada yer alan 3 numaralı küme hafta içi hafta sonu yoğunluğuna göre düşük bir dağılım sergilemektedir. Hafta içi sabah 07:00 ile akşam 17:00-20:00 saatleri arasında grafik tepe noktalarına ulaşırken hafta sonu 12:00-23:00 saatleri arasında yüksek yoğunluk skoruna sahiptir. 3 numaralı kümenin hafta sonu yoğunluk skoruna göre altı numaralı kümeden sonra en yüksek skora sahip olduğu belirlenmiştir. 4 numaralı küme ise, hafta içi iş ve okul saatlerinde yüksek yoğunluklara sahiptir. Bu kümenin aynı zamanda gece kullanımının (20:00-24:00) da yüksek olduğu tespit edilmiştir. Hafta içi kullanım yoğunluğu hafta sonuna göre daha yüksek olsa da hafta içi ve hafta sonu zamansal yoğunluk dağılımları benzer bir yapı sergilemektedir. 1 numaralı kümenin hafta içi iş ve okul saatlerindeki yoğunluk dağılımı, ilk sırada yer alan 6 numaralı kümeye göre düşük olmasına karşın grafik yapısı benzer bir dağılım göstermektedir. Bu kümenin zamansal grafiğinde, sabah 08:00'da ve akşam 17:00'da tepe noktalarına ulaştığı, iş ve okul saatlerinden sonra azalan bir yoğunluğa sahip olduğu, gece kullanımının düşük olduğu belirlenmiştir. 2 numaralı kümede yer alan durakların ise hafta sonu kullanımlarının düşük olduğu, hafta içi yoğunluklarının ise sabah

07:00'de en yüksek skora ulaştığı görülmektedir. Benzer şekilde akşam iş ve okul çıkış saati olan 17:00-18:00 saatlerinde grafik tepe oluşturmaktadır.

Toplu taşıma sistemi yolculuk yoğunluk skoruna, periyodik kalıplarına ve bu kalıplardaki değişikliklere bağlı olarak farklı kümelerde yer alan durakların mekânsal olarak benzer bölgede bulunmalarına rağmen zamansal yoğunluk grafiklerinin değişimine bir örnek Şekil 4.18'de verilmiştir.

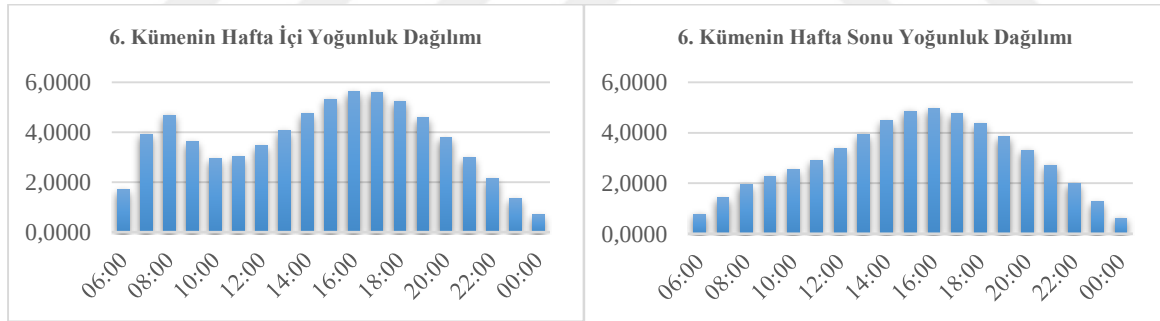


Şekil 4.18. Bahçelievler, Beşevler ve Milli Kütüphane duraklarının hafta içi (çarşamba günü) zamansal yoğunluk grafikleri



Harita 4.31. Toplu taşıma sistemi yolculuk kümelerinin mekânsal dağılımı

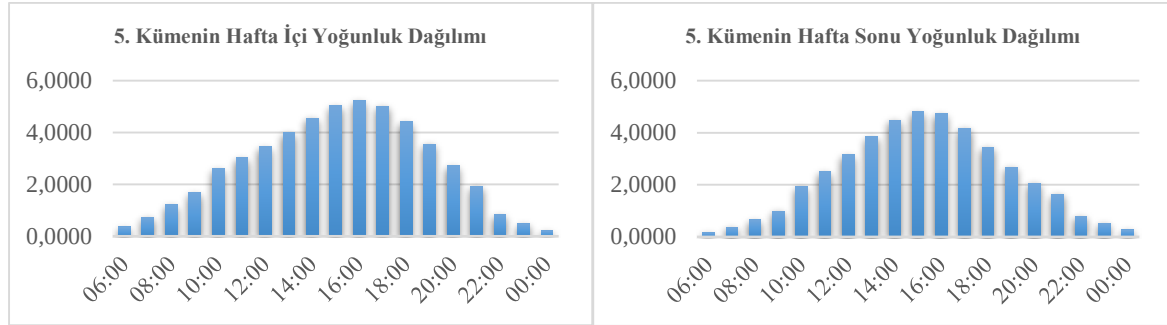
Toplu taşıma sistemi yolculuk kümelerinin mekânsal (Harita 4.31) – zamansal (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17) dağılımına göre en yüksek indeks değerine sahip 6 numaralı kümede, genellikle insan hareketlilik bölgelerine yakın olduğu ve yaşayan nüfus yoğunluğunun, üniversite alanları ve çalışma alanları yoğunluğunun birinin veya bir kaçının bir arada olduğu bölgelerde yer aldığı tespit edilmiştir. Bu kümenin yoğunlukları, hafta içi okul ve çalışma saatlerinde tepe noktaya ulaşırken hafta sonu akşam (16:00-17:00) saatlerine doğru yükselmektedir (Şekil 4.19). Kentin batısında bulunan İvedik, Sincan, Osb-törekent durakları, nüfusun ve sanayi alanlarının yoğun olduğu bölgelerde yer almaktadır. Benzer şekilde kentin batı aksında yer alan Eryaman ve Demetevler durakları ise insan hareketlilik bölgelerinin yoğun olduğu ve nüfusun yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Batı aksındaki Batı Merkezi ve güneybatı aksındaki Çayyolu durakları ise yoğun ticaret alanlarına ve yüksek insan hareketlilik indeksine sahip bölgelerdir. Kentin kuzey aksındaki Dışkapı, Meteoroloji ve Şehitler durakları üniversite alanlarının ve hareketlilik bölgelerinin yoğun olduğu duraklardır. Dikimevi, Kurtuluş, Kolej, Kızılay, Bahçelievler, Emek ve Gar durakları ise çalışma alanları, üniversiteler, nüfus ve hareketlilik bölgeleri açısından yoğun bölgelerde yer almaktadır.



Şekil 4.19. Toplu taşıma sistemine ait 6 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

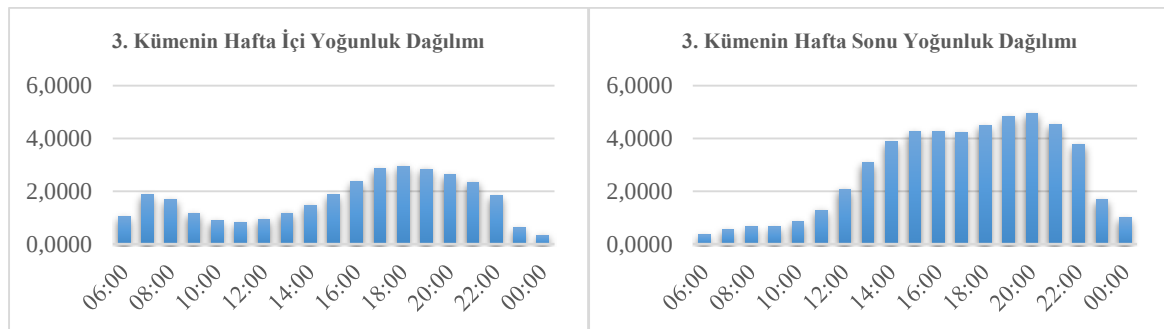
Durak yoğunluk indeksine göre ikinci sırada yer alan 5 numaralı kümenin hafta içi ve hafta sonu yoğunluklarının zamansal dağılımı benzer seyir gösterirken sabah (06:00-10:00) ve gece kullanımları (21:00-24:00) 6 numaralı kümeyle göre oldukça düşüktür (Şekil 4.20). Bu duraklar, genellikle Ankaray hattı üzerinde ve kentin kuzey bölgelerinde yer almaktadır. Ankaray hattındaki duraklar, morfolojik yapıya göre merkez özelliği gösteren Kızılay ve Bahçelievler semtleri arasında yer almaktadır. Beşevler, Maltepe, Demirtepe durakları genellikle üniversitelere ulaşım amaçlı kullanılan duraklardır. 6 numaralı kümede yer alan Anadolu ve AŞTİ durakları ise sırasıyla tren garına ve otobüs terminaline ulaşım sağlamaktadır. Kentin kuzeyinde teleferik hattının başlangıç ve bitiş noktaları olan

Yenimahalle ve Şentepe durakları da bu kümede yer almaktadır. Kentin kuzeyinde Keçiören ilçesinde bulunan Mecidiye durağı ise, hafta içi akşam ve hafta sonu trafik yoğunluğu en yüksek olan ızgara hücrede yer almaktadır. Bu bölgede eğitim, sağlık gibi temel hizmet sunumunun yanı sıra insan hareketlilik yoğunluğu da bulunmaktadır.



Şekil 4.20. Toplu taşıma sistemine ait 5 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

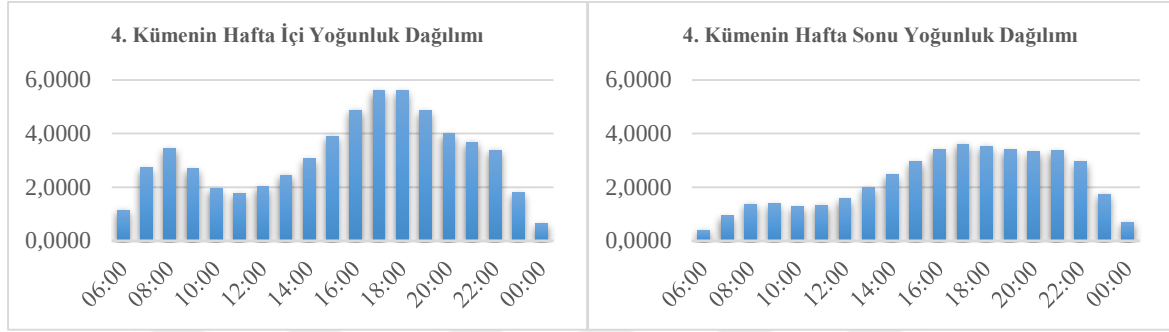
3 numaralı kümenin diğer kümelerden ayrılan özelliği hafta sonu yoğunluğunun hafta içi yoğunluklarından yüksek olmasıdır. Hafta içi genellikle okul ve iş saatlerinde grafik tepe noktalarına ulaşırken hafta sonu 14:00-22:00 saatleri arasında yoğun kullanıma sahiptir (Şekil 4.21). Bu kümenin mekânsal dağılımı incelendiğinde, Başkentray hattı üzerindeki Mamak ve Gazi durakları ile Teleferik hattı üzerindeki TRT Seyir durağı 3 numaralı kümede yer almaktadır. Teleferik hattın üzerindeki TRT Seyir durağının turistik amaçlı kullanıma da sahip olması sebebiyle hafta sonu yüksek yoğunluk gösterdiği söylenebilir. Mamak ve Gazi durakları ise sırasıyla 4. Kolordu Komutanlığı ve Gazi Orduevi olmak üzere askeri bölgelere ulaşım sağlaması sebebiyle hafta sonu kullanımı yüksek duraklardır.



Şekil 4.21. Toplu taşıma sistemine ait 3 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

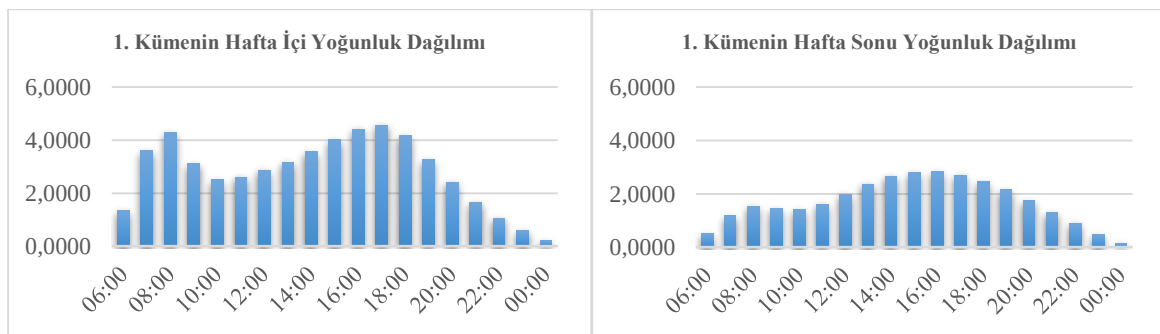
4 numaralı kümenin hafta içi yoğunluk grafiği iş ve okul saatlerinde tepe noktasına ulaşırken diğer kümelerden ayrılan özelliği hafta içi ve hafta sonu gece (20:00-24:00) kullanımının da

yüksek olmasıdır (Şekil 4.22). Bu kümeler mekânsal olarak üniversitelere ulaşımı sağlayan ODTÜ, Söğütözü, Kurtuluş, Cebeci duraklarında ve yine öğrenciler tarafından yoğun olarak kullanılan kent kütüphanesine ulaşım sağlayan Milli Kütüphane durağında bulunmaktadır. Bu durakların çevresinde aynı zamanda yoğun-orta yoğun insan hareketlilik bölgelerinin yer aldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.22. Toplu taşıma sistemine ait 4 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

1 numaralı küme, en fazla durağın yer aldığı (%28) yolculuk kümesidir. Bu kümenin zamansal yoğunluk dağılımı incelendiğinde hafta içi kullanımının hafta sonuna göre yüksek olduğu, gece kullanımının ise düşük yoğunlukta seyrettiği görülmektedir. Grafik, hafta içi iş ve okula gidiş-geliş saatlerinde tepe noktasına ulaşmaktadır (Şekil 4.23). Bu duraklar mekânsal olarak, çalışma alanlarının, üniversite alanlarının veya konut alanı yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde yer almaktadır.



Şekil 4.23. Toplu taşıma sistemine ait 1 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

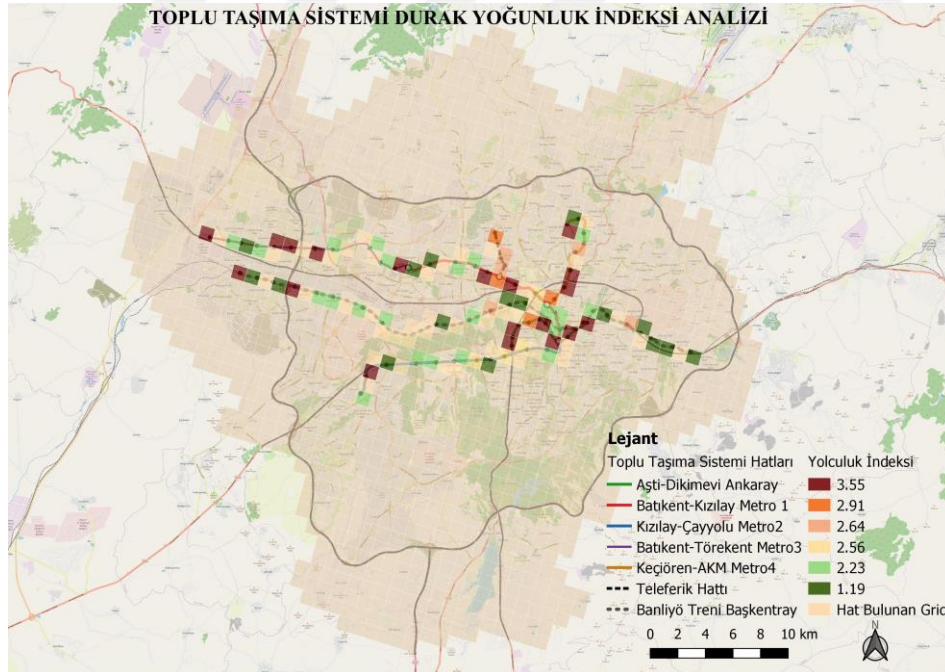
Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksine göre son sırada yer alan 2 numaralı kümenin zamansal olarak en yoğun olduğu aralık hafta içi sabah saatleridir (07:00-08:00). Bu kümenin zamansal yoğunluk grafiği diğer kümelere göre düşük yoğunluklar gösterirken, iş ve okul gidiş-geliş saatlerinde tepe noktaya ulaşmaktadır (Şekil 4.24). Hafta sonu kullanımı

ise oldukça düşük olan küme, genellikle konut yoğunluğu, trafik yoğunluğu ve insan hareketliliği daha düşük ızgara hücrelerde yer almaktadır.



Şekil 4.24. Toplu taşıma sistemine ait 2 numaralı kümenin zamansal yoğunluk dağılımı

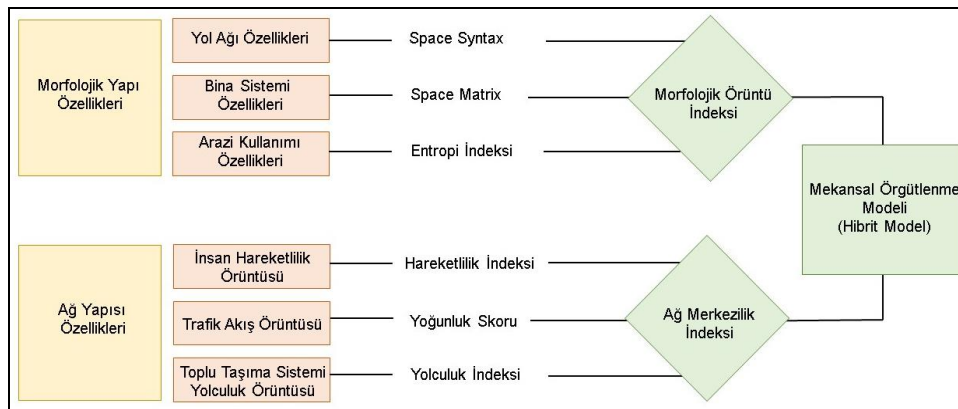
Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksine çalışma birimi olan ızgara hücrelere aktarılmasında, birden fazla durağın yer aldığı hücrelerin ortalama indeks değerleri hesaplanarak en yakın kümeye atanmıştır. Bu dağılıma göre Harita 4.32’de en koyu renkle ifade edilen yüksek indeks değerine sahip gridlerin Ankaray hattında yoğunlaştığı, en düşük indeks değerlerinin ise Başkentray hattında yer aldığı tespit edilmiştir.



Harita 4.32. Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksi analizi

### 4.3. Mekânsal Örgütlenme Üzerine Hibrit Bir Model Önerisi

Mekânsal örüntülerin belirlenmesi için ilk aşamada morfolojik yapının üç boyutu (sokak ağları, bina sistemi, arazi kullanımı) birleştirilerek morfolojik merkezilikler ortaya konulmuştur. Sonraki aşamada ağ yapısının oluşturduğu merkezilikler belirlenerek bu merkeziliğin morfolojik merkezilik ile arasındaki ilişki düzeyi ele alınmıştır. Son aşamada ise, çalışma alanında kentsel örüntüyü açıklayan ve bütünleşik merkezilik derecelerini ortaya koyan yeni bir merkezilik indeksi üretilmiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Hibrit model önerisi

#### 4.3.1. Morfolojik örüntü indeksi ve örüntülerin mekânsal dağılımı

Çalışmada coğrafi referanslı parametrelerin kentsel mekânda nasıl gruplandığını belirlemek ve morfolojik örüntü indeksi üretmek için PCA ve K-ortalama kümeleme analizi (Elbow) yöntemleri kullanılmıştır. Bu analizler yapılmadan önce bütün veriler min-max normalizasyon yöntemi kullanılarak normalize edilmiş ve analize uygun hale getirilmiştir.

Çalışmada, morfolojik yapının bağımsız değişkenleri arasındaki ilişkinin yönünün ve büyüklüğünün belirlenmesi için korelasyon analizine başvurulmuştur. Korelasyon analizi sonuçlarına göre (Ek-3) konut alanları ile eğitim alanları, açık-yeşil alanlar ve arazi kullanım çeşitlilik indeksi arasında doğrusal ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Ticaret kullanımlarını oluşturan alışveriş alanları ve yeme-içme alanları arasında da benzer ilişki tespit edilmiştir.

Bu morfolojik göstergelerin PCA’da aynı bileşenlere dâhil olması beklenmektedir.

Veri setinin PCA'ya uygunluğu KMO (Kaiser, 1974) ve Barlett Testine (Tobias ve Carlson 1969) göre belirlenmektedir (Durán ve Condorí, 2019; Ferguson ve Cox 1993; Maghnati vd., 2012). Bartlett küresellik testi, korelasyon matrisindeki tüm korelasyonların genel önemini gösteren istatistiksel bir testtir (Hair vd., 2006: 102). Değişkenler arasındaki korelasyonu birim matrise göre test etmektedir. Korelasyonun birim matristen farklı olması değişkenler arasındaki ilişkilerin önemli olduğu (sig. < 0.05) ve veri setinin çok değişkenli normal dağılım gösterdiği anlamına gelir.

KMO testi, gözlenen korelasyon katsayısının büyüklüklerini kısmi korelasyon katsayılarının büyüklükleriyle karşılaştırarak örneklem yeterliliğini ölçer (Malhotra vd., 2006). KMO değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. KMO testinde 0.50 değeri alt sınır olarak kabul edilmekte ve  $KMO \leq 0.50$  için veri kümesinin faktörlenemeyeceği belirtilmektedir (Field, 2000: 423, 471). Sıfıra yakın bir değer, kısmi korelasyonların toplamının gözlenen korelasyonların toplamına göre çok büyük olduğunu ve örneklemin PCA için uygun olmadığını gösterir. Değerin 1'e yakın olması durumunda örneklemin yeterliliği artmaktadır (Durán ve Condorí, 2019). Gerçekçi olarak PCA'nın sonuçlarının güvenilir olması için KMO değerinin 0.80'i geçmesi beklenir (Katz ve Koutroumpis, 2013).

KMO ve Barlett Testine göre veri setinin PCA için yeterli varyans sağladığı ( $KMO > 0.5$ ) ve çok değişkenli normal dağılım gösterdiği (sig. < 0.05) tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). KMO değerinin yüksek olması, bileşenlerin diğer değişkenler tarafından anlamlı olarak tahmin edilebileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.10. Morfolojik örüntü göstergelerinin KMO ve Barlett testi

|                                      |         |           |
|--------------------------------------|---------|-----------|
| KMO Örneklem Ölçüm Değer Yeterliliği |         | ,832      |
| Barlett Testi                        | Ki-Kare | 18789,684 |
|                                      | df      | 276       |
|                                      | Sig.    | ,000      |
| p<0.01)                              |         |           |

Topluluk (communalities) çizelgesi, değişkenlerdeki varyansın ne kadarının çıkarılan bileşenler tarafından açıklandığını göstermektedir (Nasution vd., 2023). PCA'da kullanılabilmesi için çıkarma değerlerinin 0.300'ten büyük olması beklenir. Çalışmada kullanılan morfolojik veri setinin PCA için uygun olduğu görülmektedir. Topluluk

çizelgesine göre, analizde elde edilen bileşenlerin konut tipolojisindeki varyansın %89.2'sini, yol ağının MAD500 indeksindeki varyansın %82'sini açıkladığı söylenebilir (Çizelge 4.11).

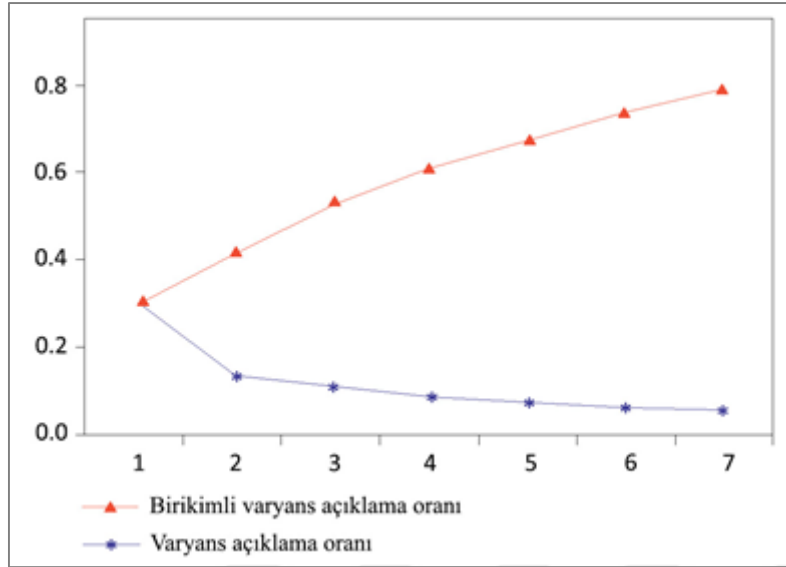
Çizelge 4.11. Morfolojik örüntü temel bileşen analizinin topluluk çizelgesi

|                                               | İlk Değer | Çıkarma Değeri |
|-----------------------------------------------|-----------|----------------|
| Küresel bütünleşme indeksi                    | 1,000     | ,789           |
| Bağlanabilirlik                               | 1,000     | ,729           |
| TPBtA5000                                     | 1,000     | ,670           |
| TPBtA800                                      | 1,000     | ,735           |
| MAD5000                                       | 1,000     | ,820           |
| MAD800                                        | 1,000     | ,871           |
| Konut oranı                                   | 1,000     | ,809           |
| Konut yapılı alan yoğunluğu                   | 1,000     | ,897           |
| Konut kat sayısı                              | 1,000     | ,805           |
| Konut tipolojisi                              | 1,000     | ,892           |
| Alışveriş yeri sayısı                         | 1,000     | ,372           |
| Yeme-içme yeri sayısı                         | 1,000     | ,728           |
| Eğitim tesisi sayısı                          | 1,000     | ,658           |
| 1. basamak sağlık tesisi sayısı               | 1,000     | ,651           |
| 2. basamak sağlık tesisi sayısı               | 1,000     | ,521           |
| 3. basamak sağlık tesisi sayısı               | 1,000     | ,774           |
| Kültür-eğlence sayısı                         | 1,000     | ,616           |
| Kamu kurumu sayısı                            | 1,000     | ,674           |
| Üniversite kampüs alanı                       | 1,000     | ,790           |
| Sanayi alanı                                  | 1,000     | ,713           |
| Yeşil alan                                    | 1,000     | ,504           |
| NDVI (normalized difference vegetation index) | 1,000     | ,709           |
| ABEI (automated built-up extraction index)    | 1,000     | ,625           |
| Arazi kullanımı çeşitliliği (Entropi)         | 1,000     | ,604           |
| Çıkarma Yöntemi: Temel bileşen analizi        |           |                |

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.26'dan görülebileceği gibi, yedi temel bileşen, değişken bilgilerinin çoğunu kapsamaktadır. Bu nedenle PCA'da bu yedi temel bileşen, orijinal 24 göstergenin yerini almıştır. PCA'da belirlenen yedi temel bileşenin değişken bilgilerinin %79,7'sini açıkladığı görülmektedir.

Çizelge 4.12. Morfolojik örüntünün temel bileşen analizi toplam varyans açıklama değerleri

|                                         | TB1   | TB2   | TB3   | TB4   | TB5   | TB6   | TB7   |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Özdeğerler                              | 6,737 | 2,524 | 2,260 | 1,807 | 1,421 | 1,148 | 1,060 |
| Toplam varyans açıklama oranı           | 0,301 | 0,126 | 0,104 | 0,085 | 0,069 | 0,058 | 0,054 |
| Birikimli toplam varyans açıklama oranı | 0,301 | 0,427 | 0,531 | 0,616 | 0,685 | 0,743 | 0,797 |



Şekil 4.26. Morfolojik örüntü temel bileşen analizinin birikimli varyans katkı oranının çizgi grafiği

Her bileşenin varyans açıklama oranı ile birikimli toplam varyans açıklama oranı esas alınarak Morfolojik Örüntü İndeksi formülü elde edilmiştir (Eş. 4.1).

Morfolojik Örüntü İndeksi =

$$TB1 \times 0.375 + TB2 \times 0.163 + TB3 \times 0.125 + TB4 \times 0.113 + TB5 \times 0.088 + TB6 \times 0.075 + TB7 \times 0.063 \quad (4.1)$$

Morfolojik örüntü indeksi formülüne göre, en fazla açıklama oranına sahip bileşen aynı zamanda en yüksek katsayıya sahiptir. PCA'ya göre her parametrenin ait olduğu bileşen Çizelge 4.13'te verilmiştir. Birinci bileşende, konut alanlarına ait göstergelerin toplandığı görülmektedir. Bu bileşende konut alanlarında sunulan temel hizmetler (ASM'leri kapsayan 1.basamak sağlık hizmetleri, ilköğretim, ortaokul ve lise alanları) ile açık ve yeşil alanlar da yer almaktadır. Genellikle, konut alanlarının arttığı yerlerde buna bağlı olarak temel hizmetlerde de artış beklenmektedir. Bu nedenle konut alanları ve temel hizmet alanlarının aynı bileşende yer alması anlamlı görülmektedir. Entropi değerinin ise konut, eğitim, sağlık

gibi çeşitli faaliyetlerin birarada sunulduğu bölgelerde artması beklenir. Bu durum entropinin de 1. bileşende yer almasını açıklamaktadır. Ulaşım sistemine ait göstergelerin 2. ve 5. bileşende toplandığı görülmektedir. Yol ağının topo-geometrik ve yakınlık indeksleri 2. bileşende toplanırken erişilebilirlik indeksleri 5. bileşende yer almaktadır. Bir yerin merkeziliğini olumlu yönde etkilemesi beklenen ticaret alanları, gelişmiş sağlık hizmeti alanları (özel hastaneleri de kapsayan 2. basamak sağlık hizmetleri) ve kamu kurumları aynı bileşende toplanmıştır. Üçüncü basamak sağlık hizmetleri ile kültür ve eğlence alanlarının ise 6. bileşende toplandığı görülmektedir. Son olarak, üniversite kampüsleri ile bitki yoğunluklarını gösteren Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi birlikte 7. Bileşeni oluşturmaktadır.

Çizelge 4.13. Morfolojik örüntü temel bileşenler yapı matrisi

|                                               | Bileşenler |      |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------------------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                               | 1          | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Küresel bütünleşme indeksi                    | ,281       | ,678 | ,179  | -,349 | ,549  | ,083  | ,080  |
| Bağlanabilirlik                               | ,490       | ,669 | ,088  | -,417 | ,210  | ,043  | ,039  |
| TPBtA5000                                     | -,108      | ,043 | ,027  | ,072  | ,796  | ,026  | ,038  |
| TPBtA800                                      | ,104       | ,066 | ,215  | -,148 | ,845  | ,121  | -,041 |
| MAD5000                                       | -,106      | ,818 | -,110 | ,186  | -,176 | -,070 | ,054  |
| MAD800                                        | ,134       | ,927 | ,068  | -,119 | ,178  | ,041  | ,055  |
| Konut oranı                                   | ,875       | ,206 | ,208  | -,032 | -,033 | ,095  | -,124 |
| Konut yapılı alan yoğunluğu                   | ,943       | ,092 | ,272  | -,152 | -,011 | ,179  | -,134 |
| Konut kat sayısı                              | ,886       | ,096 | ,230  | -,081 | ,009  | ,072  | -,127 |
| Konut tipolojisi                              | ,937       | ,101 | ,261  | -,108 | -,005 | ,107  | -,131 |
| Alışveriş yeri sayısı                         | ,107       | ,014 | ,560  | ,042  | ,239  | ,243  | -,114 |
| Yeme-içme yeri sayısı                         | ,377       | ,026 | ,809  | -,074 | ,115  | ,466  | -,079 |
| Eğitim tesisi sayısı                          | ,804       | ,065 | ,303  | -,192 | ,028  | ,219  | -,069 |
| 1.basamak sağlık tesisi sayısı                | ,656       | ,027 | ,478  | -,196 | -,008 | ,523  | -,058 |
| 2.basamak sağlık tesisi sayısı                | ,338       | ,010 | ,691  | -,125 | -,014 | ,208  | ,049  |
| 3. basamak sağlık tesisi sayısı               | ,113       | ,000 | ,128  | -,011 | ,115  | ,862  | -,065 |
| Kültür-eğlence yeri sayısı                    | ,167       | ,007 | ,378  | -,036 | ,016  | ,754  | ,142  |
| Kamu kurumu sayısı                            | ,161       | ,004 | ,807  | -,023 | ,102  | ,117  | ,029  |
| Üniversite kampüs alanı                       | -,101      | ,024 | -,006 | ,030  | -,036 | ,046  | ,882  |
| Sanayi alanı                                  | -,171      | ,049 | -,016 | -,777 | -,029 | -,031 | -,134 |
| Yeşil alan                                    | ,690       | ,061 | ,264  | -,135 | ,167  | ,226  | -,031 |
| NDVI (normalized difference vegetation index) | -,203      | ,071 | -,122 | ,492  | ,038  | -,101 | ,714  |
| ABEI (automated built-up extraction index)    | ,322       | ,064 | ,034  | -,758 | ,147  | ,059  | -,106 |
| Arazi kullanımı çeşitliliği (Entropi)         | ,745       | ,054 | ,247  | -,221 | ,069  | ,269  | ,090  |

PCA ile boyut azaltma yöntemi kullanılarak belirlenen yedi temel bileşenin birbiriyle arasındaki ilişki düzeyi incelendiğinde, bileşenler arasında korelasyonun bulunmadığı, morfolojik örüntü indeksi formülünün uygulanabilir olduğu doğrulanmaktadır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Morfolojik örüntü temel bileşenler korelasyon matrisi

| Bileşen | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1       | 1,000 | ,116  | ,283  | -,172 | ,047  | ,192  | -,071 |
| 2       | ,116  | 1,000 | ,006  | -,081 | ,106  | -,014 | ,062  |
| 3       | ,283  | ,006  | 1,000 | -,060 | ,125  | ,302  | -,020 |
| 4       | -,172 | -,081 | -,060 | 1,000 | -,084 | -,054 | ,107  |
| 5       | ,047  | ,106  | ,125  | -,084 | 1,000 | ,081  | ,005  |
| 6       | ,192  | -,014 | ,302  | -,054 | ,081  | 1,000 | ,010  |
| 7       | -,071 | ,062  | -,020 | ,107  | ,005  | ,010  | 1,000 |

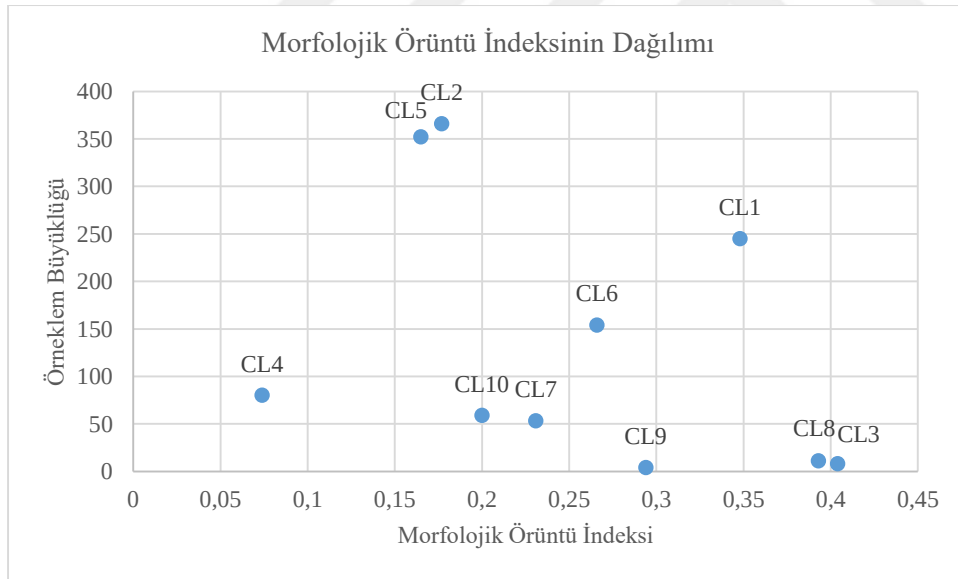
PCA ile morfolojik örüntü indeksinin belirlenmesinin ardından K-ortalama kümeleme yöntemi kullanılarak birbirine benzer morfolojik örüntü gösteren kümelerin mekânsal dağılımı ortaya konulmuştur. K-ortalama kümeleme analizinde Elbow yöntemi, analize dâhil edilen bütün değişkenlerden elde edilebilecek maksimum küme sayısının belirlenmesinde analitik bir araç sağlaması bakımından öne çıkmaktadır. Çalışma alanında Elbow yöntemine göre küme sayısı on adet olarak belirlenmiştir.

Morfolojik örüntü kümelerinin bileşenlere göre özellikleri Çizelge 4.15’te verilmiştir. Genel olarak kümelerin özellikleri incelendiğinde üç ve sekiz numaralı kümelerin morfolojik parametrelere göre yüksek değerler aldığı görülmektedir. Ancak diğer kümelere göre merkeziliklerinin belirlenebilmesi için kümenin morfolojik örüntü indeksi değerinin hesaplanması gerekir. Bu kapsamda, çalışmada bütün kümeler için morfolojik örüntü indeksi değeri hesaplanmış (Şekil 4.27) ve morfolojik örüntünün mekânsal dağılımı (Harita 4.33) ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.15. K-ortalama kümeleme yöntemine göre morfolojik örüntü kümelerinin bileşen değerleri

| Bileşenler                                        | Kümeler |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                                   | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| TB1_Konut oranı                                   | 0.8949  | 0.3607 | 0.9063 | 0.0406 | 0.0028 | 0.8166 | 0.3255 | 0.7955 | 0.4375 | 0.0678 |
| TB1_Konut yapılı alan yoğunluğu                   | 0.7633  | 0      | 0.75   | 0      | 0      | 0.4221 | 0      | 0.8409 | 0      | 0      |
| TB1_Konut kat sayısı                              | 0.511   | 0      | 0.45   | 0      | 0      | 0.3    | 0      | 0.4182 | 0      | 0      |
| TB1_Konut tipolojisi                              | 0.6653  | 0      | 0.6667 | 0      | 0      | 0.4351 | 0      | 0.6061 | 0      | 0      |
| TB1_ Eğitim tesisi sayısı                         | 0.349   | 0.0197 | 0.475  | 0      | 0.0031 | 0.0922 | 0.1547 | 0.3364 | 0.075  | 0.0051 |
| TB1_1.basamak sağlık tesisi sayısı                | 0.1394  | 0.0011 | 0.3942 | 0      | 0.0003 | 0.0135 | 0.0472 | 0.4126 | 0.1635 | 0.002  |
| TB1_Yeşil alan                                    | 0.2163  | 0.0219 | 0.2188 | 0.0063 | 0.0135 | 0.0795 | 0.2217 | 0.25   | 0.1875 | 0.0169 |
| TB1_Arazi kullanımı çeşitliliği (Entropi)         | 0.299   | 0.0071 | 0.2066 | 0      | 0.0034 | 0.0871 | 0.3976 | 0.3255 | 0.1865 | 0.0216 |
| TB2_Küresel bütünleşme indeksi                    | 0.6874  | 0.6168 | 0.7919 | 0.0131 | 0.6435 | 0.6302 | 0.7307 | 0.7228 | 0.8155 | 0.7039 |
| TB2_Bağlanabilirlik                               | 0.6684  | 0.5184 | 0.5938 | 0.0219 | 0.5036 | 0.5828 | 0.5708 | 0.6591 | 0.5    | 0.6186 |
| TB2_MAD5000                                       | 0.4435  | 0.5278 | 0.3884 | 0.13   | 0.5112 | 0.4991 | 0.4337 | 0.4049 | 0.3724 | 0.4474 |
| TB2_MAD800                                        | 0.5724  | 0.5687 | 0.5909 | 0.1342 | 0.5819 | 0.5645 | 0.5788 | 0.5911 | 0.585  | 0.5821 |
| TB3_Alışveriş yeri sayısı                         | 0.0253  | 0.0013 | 0.1547 | 0      | 0.0025 | 0.0054 | 0.0067 | 0.0104 | 0.6168 | 0.0106 |
| TB3_Yeme-içme yeri sayısı                         | 0.0501  | 0.003  | 0.5207 | 0      | 0.0015 | 0.0094 | 0.0236 | 0.2021 | 0.2345 | 0.0068 |
| TB3_2.basamak sağlık tesisi sayısı                | 0.0456  | 0.0009 | 0.4167 | 0      | 0.0009 | 0.0054 | 0.0409 | 0.1061 | 0.0417 | 0.0028 |
| TB3_Kamu kurumu sayısı                            | 0.0211  | 0.001  | 0.4539 | 0      | 0.004  | 0.0021 | 0.0397 | 0.0622 | 0.1316 | 0.0018 |
| TB4_Sanayi alanı                                  | 0.0085  | 0.0068 | 0      | 0      | 0.0148 | 0.0067 | 0.0426 | 0      | 0.01   | 0.5959 |
| TB4_ABEI (automated built-up extraction index)    | 0.898   | 0.8667 | 0.8869 | 0.8529 | 0.8735 | 0.8761 | 0.8813 | 0.9022 | 0.8748 | 0.9242 |
| TB5_TPBtA5000                                     | 0.0166  | 0.0239 | 0.0238 | 0.0003 | 0.0588 | 0.014  | 0.0531 | 0.0302 | 0.1558 | 0.0236 |
| TB5_TPBtA800                                      | 0.0607  | 0.0461 | 0.074  | 0.0024 | 0.0491 | 0.045  | 0.1245 | 0.0828 | 0.3432 | 0.0642 |
| TB6_3.basamak sağlık tesisi sayısı                | 0       | 0      | 0      | 0      | 0.0014 | 0      | 0.0189 | 0.5909 | 0.5    | 0      |
| TB6_Kültür-eğlence yeri sayısı                    | 0.0163  | 0.0007 | 0.1364 | 0      | 0.0013 | 0.0024 | 0.0377 | 0.2066 | 0.1364 | 0.0015 |
| TB7_Üniversite kampüs alanı                       | 0.0079  | 0.0148 | 0.0013 | 0      | 0.0961 | 0.004  | 0.1094 | 0.0191 | 0.105  | 0.0002 |
| TB7_NDVI (normalized difference vegetation index) | 0.3296  | 0.413  | 0.2942 | 0.3556 | 0.4164 | 0.4222 | 0.4415 | 0.3131 | 0.3755 | 0.233  |

Morfolojik örüntü indeksi değerlerine göre (Şekil 4.27) üçüncü küme en yüksek değere sahiptir, bu kümenin çalışma alanında en merkezi alan olduğu söylenebilir. Üçüncü kümenin çalışma alanında kapsadığı alan ise en az sayıda gridi içermektedir. İndeks değerleri en düşük olan dördüncü, beşinci ve ikinci küme en fazla gridi kapsayan kümelerdir. Bu kümeler morfolojik örüntü indeksine göre merkezi olmayan bölgeler olarak adlandırılmaktadır. Dördüncü küme genellikle konut kullanımının bulunmadığı, yapıli alan indeksi en düşük değere sahip ticaret alanı, sağlık alanı, çalışma alanı gibi kentsel işlevlerin bulunmadığı kümedir. Dördüncü kümeyi takiben beş ve iki numaralı küme ise kentsel işlevlerin çok düşük düzeyde yer aldığı kümelerdir. Üç ve sekiz numaralı kümeler, merkezi özellikteki gelişmiş kentsel işlevlerle ve yaşayan nüfusun temsili olarak konut alanlarının yoğunluğuyla tanımlanırken bir numaralı küme daha çok yoğun ve orta yoğun konut alanlarından oluşmaktadır. Altı numaralı küme ise düşük konut yoğunluğu ve yüksek bitki örtüsü yoğunluğunun bulunduğu gridlerden oluşmaktadır. Yedi numaralı küme genel olarak üniversite alanlarını temsil ederken on numaralı küme sanayi alanlarını göstermektedir.



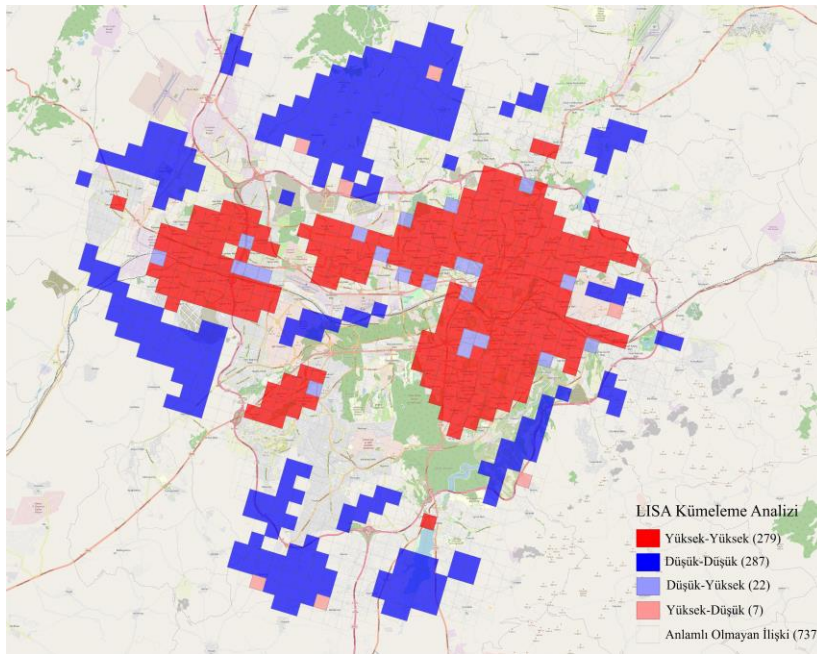
Şekil 4.27. Morfolojik örüntü kümelerinin dağılımı

Morfolojik örüntü kümelerinin mekânsal dağılımı incelendiğinde (Harita 4.33), merkezi alanları gösteren üç numaralı küme Çankaya ilçesindeki Atatürk Bulvarı boyunca Kızılay'dan Çankaya Köşkü'ne kadar yoğunluk oluşturmaktadır. Kızılay, Kavaklıdere, Ayrancı, Gaziosmanpaşa, Esat mahalleleri merkezi bölgeler olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra merkezi kümelerin Bahçelievler mahallesini de öne çıkardığı görülmektedir. Sekiz numaralı küme ise üç numaralı kümenin çevresinde Sıhhiye, Kurtuluş, Ulus ve Cebeci

mahallelerinde yer almaktadır. Üç numaralı kümenin aynı zamanda kent içerisinde üst basamak sağlık hizmeti olan eğitim ve araştırma hastaneleri ile üniversite hastanelerinin bulunduğu ızgara hücrelerde yer aldığı görülmektedir. Dokuz numaralı küme, erişilebilirlik indeksleri yüksek, kentin önemli kavşak noktalarının bulunduğu ve Ankamall, Armada, Next Level, Cepa AVM'lerinin yer aldığı sırasıyla Akköprü Kavşağı, Balgat-Söğütözü Kavşağı ve ODTÜ Kavşağı'nı tanımlamaktadır. Bu kümede aynı zamanda Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesinin bulunduğu Etlik-Gülhane Caddesi Kavşağı da yer almaktadır. Yoğun ve orta yoğun konut alanlarından oluşan bir numaralı küme ise kentin kuzeyinden güneyine bir yay çizerek üç ve sekiz numaralı kümelerin çevresini sarmaktadır. Kentin batı aksında özellikle sanayi alanlarının tanımladığı on numaralı kümenin ve yakın çevresinde konut alanlarının tanımladığı bir numaralı kümenin yer aldığı görülmektedir. Güneybatı aksında ise üniversite kampüs alanları ile yoğun bitki örtüsünün bulunduğu yedi ve beş numaralı kümeler yer almaktadır. Güneybatı aksındaki konut alanları incelendiğinde, Mutlukent, Çayyolu, Konutkent, Yaşamkent ve Alacaatlı (Türkkonut Bulvarı) mahallelerinde yoğun ve orta yoğun konutlardan oluşan bir numaralı kümenin, bölgedeki diğer mahallelerde az yoğun konutlardan oluşan altı numaralı kümenin yer aldığı görülmektedir. Güney aksında genel olarak, az yoğun konutların bulunduğu altı numaralı küme ile kıvrımlı yol ağlarının ve çok düşük konut yoğunluklarının bulunduğu iki numaralı küme yer almaktadır. Gölbaşı ilçesinin merkezini yoğun ve orta yoğun konut alanlarından oluşan bir numaralı küme tanımlarken, göllerin ve doğal alanların bulunduğu çeper bölgeleri ise 4 numaralı küme tanımlamaktadır.

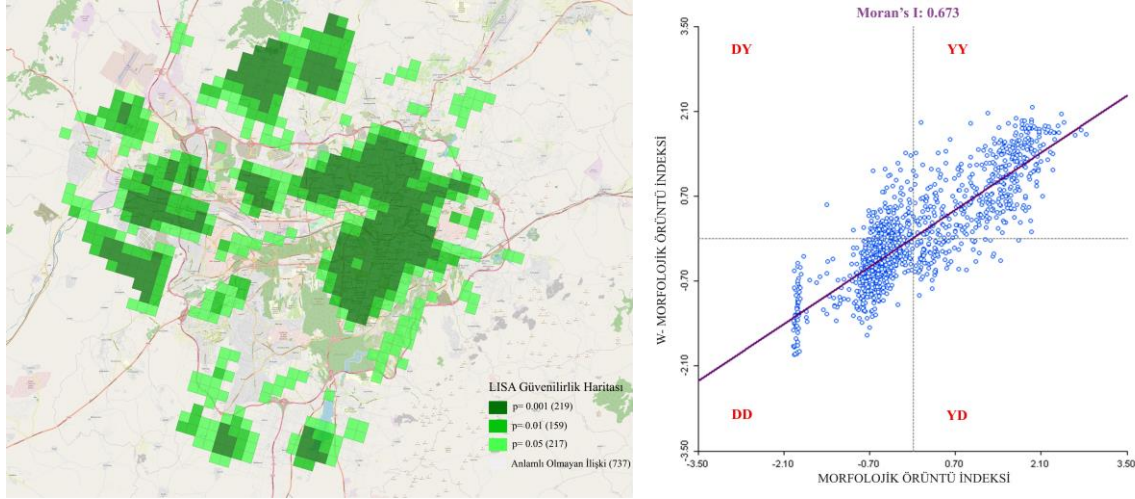


(Yüksek-Yüksek) kentin kuzeyinden güneyine Keçiören, Altındağ, Çankaya ilçelerinde ve batısına doğru Yenimahalle ile Sincan ilçelerinde kümelenme deseni oluşturduğu görülmektedir. Ek olarak, güneybatı aksında Mutlukent, Çayyolu, Konutkent, Yaşamkent mahalleleri de yüksek skorlu küme deseni göstermektedir. Buna karşın diğer mekânsal küme deseni olarak hem hücrenin kendisinin hem de çevresinin düşük skorlara sahip olduğu alanların (Düşük-Düşük) kentin çeper bölgelerinde yer aldığı görülmektedir. Bu bölgelerdeki mahalle merkezlerinin mekânsal uç değerler (Yüksek-Düşük) olarak Düşük-Düşük kümelerle iç içe olduğu tespit edilmiştir.



Harita 4.34. Morfolojik örüntü indeksi skorlarına ait LISA kümeleme analizi

Mekânsal otokorelasyon, Harita 4.35'te Moran saçılma grafiği ile gösterilmektedir. Moran saçılma grafiğindeki Moran's I değeri, regresyon çizgisinin eğimine karşılık gelmekte ve gözlemler ile onların komşuları arasındaki mekânsal ilişkiyi anlatmaktadır. Grafikte sağ üst bölge yüksek-yüksek ilişkiyi gösterirken, sol alt bölge düşük-düşük, sol üst bölge düşük-yüksek ve sağ alt bölge yüksek-düşük ilişkinin bulunduğu alanlara karşılık gelmektedir. Sağ üst ve sol alt bölge pozitif mekânsal ilişkiyi gösterirken sol üst bölge ve sağ alt bölge negatif mekânsal ilişkiyi ifade etmektedir. Morfolojik örüntü indeksine göre Moran saçılma grafiğindeki regresyon çizgisinin eğimi, 0.673 olarak ölçülmüş ve morfolojik örüntünün mekânsal otokorelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. LISA analizinin güvenilirlik testi sonuçlarına göre ( $p \leq 0.05$ ) mekânsal otokorelasyon analiz sonuçlarının yüksek güvenilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir.



Harita 4.35. Morfolojik örüntü indeksi LISA analizinin güvenilirlik testi ve Moran saçılma grafiği

Genel olarak, morfolojik örüntü desenine göre, çalışma alanının farklı bölgelerinde farklı mekânsal büyüklüklere ve merkezi özelliklere sahip yüksek skorlu kümelerin olduğu görülmüştür. Gölbaşı ve Pursaklar ilçelerinin merkezleri yüksek skorlu kümeler olarak bir veya iki ızgara hücrede kümelenirken, Çankaya, Mamak, Altındağ, Keçiören, Yenimahalle ilçe merkezleri yayılan bir küme deseni oluşturmuştur. Bu kümeye mekânsal olarak yakın konumda olan Sincan ilçesi de eklenmektedir. Kentin güneybatı aksının ise mekânsal olarak daha uzakta yer almasına karşın yüksek skorlu küme oluşturması dikkat çekicidir. Bu bölgenin, kent merkezinden çepere doğru yeni bir büyüme alanı, gelişme alanı oluşturduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, Ankara'nın morfolojik mekânsal örüntüsünün, merkezi yer kuramındaki kendi kendini kopyalayan hiyerarşik bir sistem düzeni göstermediği anlaşılmaktadır. Merkezilik Christaller'ın da tanımladığı gibi bir yerleşmeyi merkezi yere dönüştüren kentsel işlevlerle oluşurken; bu merkezi fonksiyonlar birbirini kopyalayan mikro şematik bir düzeni takip etmemiş, kentin farklı bölgelerinde farklı mekânsal büyüklüklere sahip bir yapı sergilemiştir.

#### 4.3.2. Ağ merkezilik indeksi ve ağların mekânsal dağılımı

Çalışmada ağ sistemini oluşturan insan hareketliliği, trafik akışı ve toplu taşıma sistemi yolculuğuna ait parametrelerin kentsel mekânda oluşturduğu ağ örüntüsünü belirlemek ve ağ merkezilik indeksi üretmek için PCA ve k-ortalama kümeleme analizi (Elbow yöntemi) yöntemleri kullanılmıştır. Morfolojik örüntü indeksi yöntemine benzer şekilde, önce bütün

veriler min-max normalizasyon yöntemi kullanılarak normalize edilmiş ve analize uygun hale getirilmiştir.

KMO ve Barlett Testine göre veri setinin PCA için yeterli varyans sağladığı ( $KMO > 0.5$ ) ve çok değişkenli normal dağılım gösterdiği ( $sig. < 0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.16)

Çizelge 4.16. Ağ sistemi göstergelerinin KMO ve Barlett testi

|                                      |         |           |
|--------------------------------------|---------|-----------|
| KMO Örneklem Ölçüm Değer Yeterliliği |         | .968      |
| Barlett Testi                        | Ki-Kare | 36650,339 |
|                                      | df      | 105       |
|                                      | Sig.    | .000      |
| p<0.01)                              |         |           |

Değişkenlerdeki varyansın ne kadarının boyut azaltma yöntemi kullanılarak çıkarılan bileşenler tarafından açıklandığını gösteren topluluk (cummunalities) çizelgesi sonuçlarına göre, ağ göstergelerinin açıklanabilir olduğu ( $>0.3$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Ağ sistemi temel bileşen analizinin topluluk çizelgesi

|                                             | İlk Değer | Çıkarma Değeri |
|---------------------------------------------|-----------|----------------|
| Kentiçi hareketlilik indeksi                | 1.000     | .774           |
| Kentiçi hareketlilik bölgesi (ha)           | 1.000     | .769           |
| Pazartesi 09:00 trafik yoğunluk skoru       | 1.000     | .773           |
| Salı 09:00 trafik yoğunluk skoru            | 1.000     | .922           |
| Çarşamba 09:00 trafik yoğunluk skoru        | 1.000     | .931           |
| Perşembe 09:00 trafik yoğunluk skoru        | 1.000     | .926           |
| Cuma 09:00 trafik yoğunluk skoru            | 1.000     | .925           |
| Pazartesi 18:30 trafik yoğunluk skoru       | 1.000     | .911           |
| Salı 18:30 trafik yoğunluk skoru            | 1.000     | .927           |
| Çarşamba 18:30 trafik yoğunluk skoru        | 1.000     | .943           |
| Perşembe 18:30 trafik yoğunluk skoru        | 1.000     | .934           |
| Cuma 18:30 trafik yoğunluk skoru            | 1.000     | .931           |
| Cumartesi 15:30 trafik yoğunluk skoru       | 1.000     | .913           |
| Pazar 15:30 trafik yoğunluk skoru           | 1.000     | .886           |
| Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksi | 1.000     | .385           |
| Çıkarma Yöntemi: Temel bileşen analizi      |           |                |

PCA yöntemiyle ağ yapısı parametrelerinden elde edilen iki temel bileşen değişken bilgilerinin %85,7'sini açıklamaktadır. Bu sayede iki temel bileşen, ağ yapısındaki 15 orjinal göstergenin yerini almıştır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Ağ sistemi temel bileşen analizinin toplam varyans açıklama değerleri

|                                         | TB1    | TB2   |
|-----------------------------------------|--------|-------|
| Özdeğerler                              | 11,383 | 1.468 |
| Toplam varyans açıklama oranı           | 0,759  | 0,098 |
| Birikimli toplam varyans açıklama oranı | 0,759  | 0,857 |

Her bileşenin varyans açıklama oranı birikimli toplam varyans açıklama oranına bölünerek Ağ Merkezilik İndeksi formülü elde edilmiştir (Eş. 4.2).

$$\text{Ağ Merkezilik İndeksi} = \text{TB1} \times 0.884 + \text{TB2} \times 0.116 \quad (4.2)$$

PCA'ya göre ağ yapısına ait parametrelerin ait olduğu bileşenler Çizelge 4.19'da verilmiştir. Trafik akış yoğunluğuna ait bileşenler ilk bileşende yer alırken insan hareketlilik yoğunluğuna ve toplu taşıma sistemi yolculuk yoğunluğuna ait bileşenler ikinci bileşende toplanmaktadır.

Çizelge 4.19. Ağ sistemi temel bileşenlerinin yapı matrisi

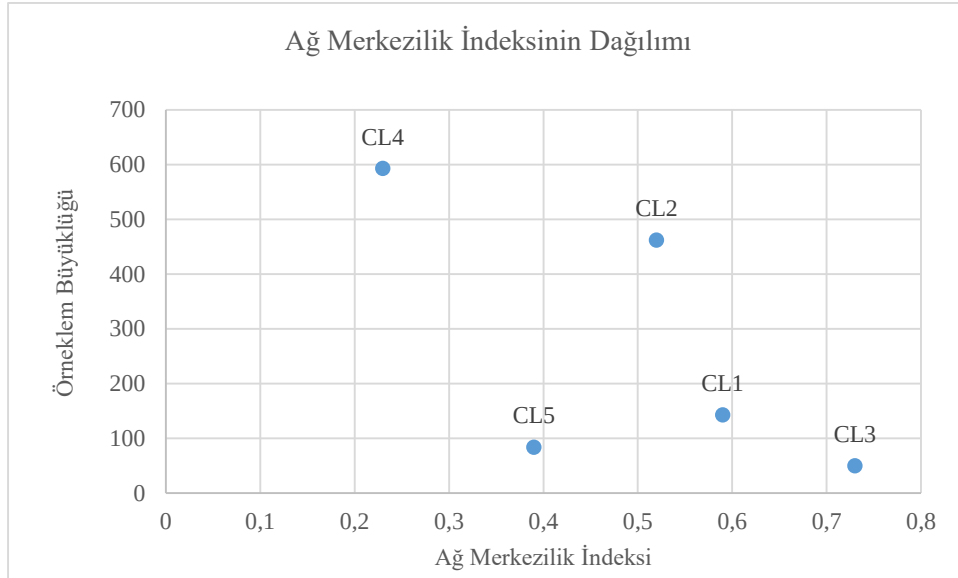
|                                             | Bileşenler |      |
|---------------------------------------------|------------|------|
|                                             | 1          | 2    |
| Kentiçi hareketlilik indeksi                | .451       | .878 |
| Kentiçi hareketlilik bölgesi (ha)           | .370       | .876 |
| Pazartesi 09:00 trafik yoğunluk skoru       | .876       | .337 |
| Salı 09:00 trafik yoğunluk skoru            | .960       | .420 |
| Çarşamba 09:00 trafik yoğunluk skoru        | .964       | .406 |
| Perşembe 09:00 trafik yoğunluk skoru        | .962       | .416 |
| Cuma 09:00 trafik yoğunluk skoru            | .961       | .420 |
| Pazartesi 18:30 trafik yoğunluk skoru       | .953       | .491 |
| Salı 18:30 trafik yoğunluk skoru            | .962       | .476 |
| Çarşamba 18:30 trafik yoğunluk skoru        | .971       | .473 |
| Perşembe 18:30 trafik yoğunluk skoru        | .966       | .450 |
| Cuma 18:30 trafik yoğunluk skoru            | .964       | .487 |
| Cumartesi 15:30 trafik yoğunluk skoru       | .955       | .473 |
| Pazar 15:30 trafik yoğunluk skoru           | .941       | .462 |
| Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksi | .266       | .620 |

PCA ile belirlenen 2 temel ağ bileşeninin birbiriyle arasında korelasyonun bulunmadığı (0,362) ağ merkezilik indeksinin uygulanabilir olduğu doğrulanmıştır. PCA'nın ardından Elbow yöntemi kullanılarak k-ortalama kümeleme analizi yapılmış, benzer ağ yapısı gösteren kümelerin mekânsal dağılımı belirlenmiştir. Elbow yöntemine göre çalışma alanında beş farklı ağ sistemi kümesi elde edilmiştir. Bu kümelerin bileşen değerlerine göre, 3 numaralı küme en yüksek insan hareketlilik, toplu taşıma sistemi yolculuğu ve trafik yoğunluğuna sahip küme iken ikinci sırada 1 numaralı küme yer almaktadır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. K-ortalama kümeleme yöntemine göre ağ sistemi kümelerinin bileşen değerleri

| Bileşenler                                  | Kümeler |        |        |        |        |
|---------------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
|                                             | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      |
| Kentiçi hareketlilik indeksi                | .83175  | .00081 | .88133 | .00902 | .01788 |
| Kentiçi hareketlilik bölgesi (ha)           | .12679  | .00006 | .25571 | .00060 | .00294 |
| Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksi | .01846  | .02856 | .60535 | .00057 | .01938 |
| Pazartesi 09:00 trafik yoğunluk skoru       | .60328  | .60019 | .70244 | .27245 | .36320 |
| Salı 09:00 trafik yoğunluk skoru            | .58586  | .57293 | .69111 | .25061 | .35417 |
| Çarşamba 09:00 trafik yoğunluk skoru        | .63997  | .62102 | .73818 | .27211 | .42965 |
| Perşembe 09:00 trafik yoğunluk skoru        | .59538  | .57726 | .69833 | .25061 | .36905 |
| Cuma 09:00 trafik yoğunluk skoru            | .62279  | .61071 | .75000 | .26436 | .39916 |
| Pazartesi 18:30 trafik yoğunluk skoru       | .59220  | .54819 | .76684 | .23698 | .41259 |
| Salı 18:30 trafik yoğunluk skoru            | .64180  | .59091 | .77222 | .25033 | .47751 |
| Çarşamba 18:30 trafik yoğunluk skoru        | .66454  | .60649 | .77600 | .25734 | .47313 |
| Perşembe 18:30 trafik yoğunluk skoru        | .64276  | .60210 | .76057 | .25777 | .47381 |
| Cuma 18:30 trafik yoğunluk skoru            | .64298  | .58573 | .78270 | .24479 | .47297 |
| Cumartesi 15:30 trafik yoğunluk skoru       | .67729  | .61287 | .79471 | .27329 | .53116 |
| Pazar 15:30 trafik yoğunluk skoru           | .58870  | .53480 | .67789 | .24070 | .44987 |

Ağ merkezilik indeksinin en yüksek olduğu kümeden en düşüğe doğru 3 numaralı küme, 1 numaralı küme, 2 numaralı küme, 5 numaralı küme ve 4 numaralı küme olarak sıralanmaktadır (Şekil 4.28). En yüksek ağ merkezilik indeksine sahip üçüncü kümenin, ağ yapısına göre çalışma alanındaki en merkezi bölge olduğu söylenebilir. Üçüncü kümenin çalışma alanında kapsadığı alan ise en az sayıda ızgara hücreyi içermektedir. Ağ yapısına göre en düşük indeks değerine sahip olan 4. küme ise çalışma alanındaki en fazla ızgara hücreyi kapsayan kümedir.



Şekil 4.28. Ağ merkezilik indeksinin dağılımı

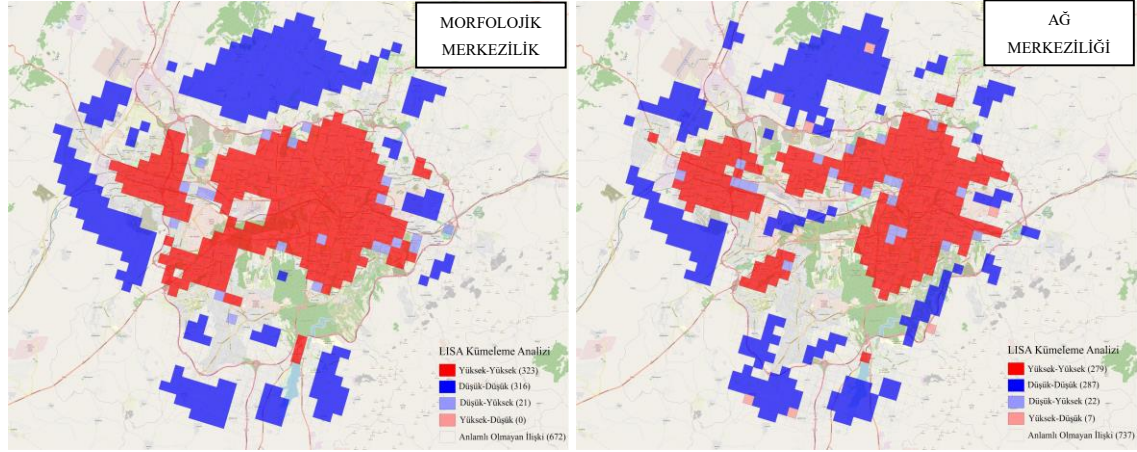
Ağ merkezilik indeksi en yüksek olan 3. küme, kuzeyden güneye Atatürk Bulvarı boyunca Sıhhiye, Kızılay, Kavaklıdere, Esat bölgesini, batıdan doğuya Talatpaşa Bulvarı ve Tıp Fakültesi Caddesi boyunca Ulus, Cebeci, Dikimevi, Abidinpaşa bölgesini, doğudan güneybatıya Ankaray hattı boyunca Demirtepe, Maltepe, Anadolu, Beşevler, Bahçelievler, Emek, Söğütözü, Çukurambar bölgesini içeren bir merkez bölgesi oluşturmaktadır. Aynı zamanda kentin kuzey, güney, kuzeybatı, güneybatı ve güneydoğu akslarında ağ merkezleri tespit edilmiştir. Güneybatı aksındaki ODTÜ ve Bilkent üniversite kavşaklarında, Çayyolu ve Koru bölgelerinde yer alan ağ merkezleri, kuzey ve kuzeybatı aksında genellikle toplu taşıma hattı üzerinde, Eryaman, Sincan, Etimesgut, Batıkent, Yenimahalle, Şentepe olmak üzere konut yoğunluğu, insan hareketliliği ve hafif raylı sistem yoğunluğu yüksek ızgara hücrelerde yer almaktadır. Kentin kuzeyinde Keçiören ilçe merkezinde, güneyinde Sokullu Mehmet Paşa ve Dikmen Caddesi boyunca ağ merkezilikleri görülmektedir. Aynı zamanda kentin güneydoğu aksı olan Nato Yolu üzerinde de yer yer ağ merkeziliği yüksek ızgara hücreler yer almaktadır. Ağ merkezilik indeksine göre ikinci sırada yer alan 1 numaralı kümenin genellikle, ağ merkeziliği yüksek olan üç numaralı kümelerin yakın çevresinde yer aldığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra Gölbaşı, Pursaklar ve Altındağ ilçelerinin insan hareketliliği yüksek olan bölgelerinde 1 numaralı kümenin yoğunluk oluşturduğu belirlenmiştir. 2 ve 5 numaralı kümeler ise daha çok taşıt yoğunluğunun olduğu, yaya hareketliliği ve toplu taşıma sistemi yolculuğunun düşük olduğu bölgelerdir. Ankara çevre yolu ve ana ulaşım aksları 2 numaralı kümede yer alırken trafik akış yoğunluğu düşük yol ağları 5 numaralı kümede bulunmaktadır. Ağ sistemine göre kentin çeperlerinde yer alan



boyunca bütünleşik bir küme deseni ortaya çıkmıştır. Bu bulguya göre, güneybatı aksının yol ağı, bina sistemi ve arazi kullanımı örüntüsüne göre merkezi bir bölge olmamasına karşın insan hareketliliği, trafik akışı ve toplu taşıma yolculuklarına göre yüksek hareketliliğe sahip ağ merkezi niteliği taşıdığı belirlenmiştir. Yine güneybatı aksında yer alan ve kentin son yıllarda gelişen bölgesi olan Bağlıca semtinin morfolojik göstergelere göre merkezi özellik taşımadığı; ancak ağ merkeziliğine göre yüksek skorlu küme özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer olarak, kentin güneydoğusunda morfolojik göstergelere göre kümelenme deseni oluşturmayan Natoyolu üzerindeki Nata Vega ve Anatolium Alışveriş Merkezlerinin yer aldığı bölge, hareketlilik göstergelerine göre ağ merkezi oluşturmaktadır.

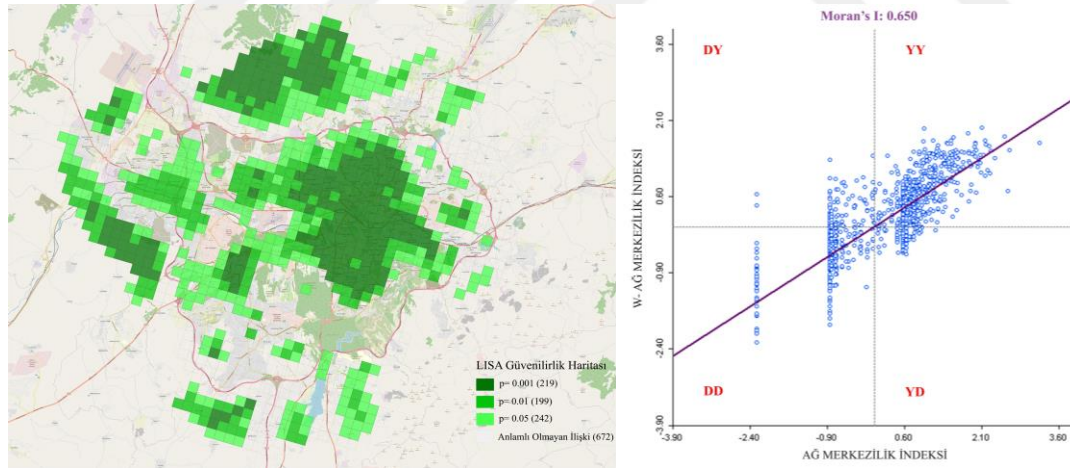
Kentin batısında Sincan ilçesinde ise tersi bir durum gözlenmektedir. Morfolojik örüntü indeksine göre ilçenin kuzeybatısında yer alan yerleşimler yüksek skorlu kümelere dâhil olurken; ağ merkezilik indeksine göre bu bölgede bir küme deseni oluşmamaktadır. Bu bölgenin morfolojik göstergelere göre merkezi bölgeye eklemlenen bir yapıya sahip olduğu; ancak kentsel mekânın hareketliliğini ölçen ağ göstergelerine göre işlevsel olarak zayıf kaldığı anlaşılmaktadır. Kentin kuzeydoğusunda yer alan Altındağ ilçesinin Karapürçek mahallesi ise, morfolojik yapıya göre diğer ilçelerle bütünleşik bir küme oluştururken ağ merkeziliğine göre kopuk bir küme niteliği taşımaktadır.

Kentin kuzeyinde yer alan Pursaklar ilçe merkezi, morfolojik örüntü indeksine göre yüksek skorlu küme özelliği gösterirken ağ indeksine göre istatistiksel olarak kümelenme veya aykırı değer yapısı göstermeyen bölge olarak tanımlanmaktadır. Buna karşın kentin güneyinde yer alan Gölbaşı ilçesinde morfolojik indekse göre belirlenen yüksek skorlu küme bölgesi bir ızgara hücreyle tanımlanırken ağ indeksine göre bu kümenin daha fazla ızgara hücreyi kapsadığı tespit edilmiştir. Kent çeperleri ise, iki merkezilik indeksine göre de düşük skorlara sahip kümelerle tanımlanmaktadır.



Harita 4.37. Ağ merkeziliği ve morfolojik merkezilik LISA analizi

Ağ merkezilik indeksine göre Moran saçılma grafiğindeki regresyon çizgisinin eğimi, 0.650 olarak ölçülmüş ve ağ sistemi örüntüsünün mekânsal otokorelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. LISA analizinin güvenilirlik testi sonuçlarına göre ( $p \leq 0.05$ ) mekânsal otokorelasyon analiz sonuçlarının yüksek güvenilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Harita 4.38).



Harita 4.38. Ağ merkezilik indeksi LISA analizinin güvenilirlik testi ve Moran saçılma grafiği

Genel olarak, kentsel mekânsal yapının morfolojik örüntü ve ağ sistemi özelliklerine göre farklı mekânsal kümelenme desenleri gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle kentin güneybatı aksı, bu iki indekse göre farklı mekânsal özelliklere sahip kümelerin görüldüğü önemli bir örnektir. Kentin farklı bölgelerinde morfolojik özelliklere göre merkezi özellik taşımayan alanların ağ özelliklerine göre merkezi olduğu veya tersi durumlar saptanmıştır. Bu tespitler, coğrafi mekânın yanında ağ akışlarının ürettiği mekânın da önemli olduğunu, mekânın

sadece sabit olan “yerler”le değil devingen olan “akışlar”la birlikte tanımlanmasının gerekliliğini doğrulamıştır. Morfolojik merkeziliğe ve ağ merkeziliğine göre de Ankara örneğindeki kentsel mekân, merkezi yer kuramındaki kendi kendini kopyalayan hiyerarşik bir sistem düzeni göstermemiştir. Ağ modelinin tanımladığı hiyerarşik olmayan işlevsel düğümler, büyük bir merkez ile farklı kentsel form ve hareketlilik özelliklere sahip daha küçük merkezler tespit edilmiştir. Kentsel form özelliklerine göre büyük merkezden kopuk görünen küçük merkezler, akış özelliklerine göre bütünleşik bir sistem özelliği gösterebilmektedir. Bu nedenle, kentsel alanların büyüklüğünü, dağılımını belirleyen morfolojik unsurlar ve kentsel alanlardaki akış ve hareketliliği gösteren ağ özelliklerinin kentsel mekânsal örgütlenmeyi tanımlamak için birlikte ele alınması önemlidir.

#### 4.3.3. Mekânsal örgütlenme modeli (hibrit model)

Örüntülerin ve akışların ürettiği mekânsal yapıların belirlenmesini sağlayan hibrit model önerisinden önce morfolojik örüntü indeksi ve ağ merkezilik indeksine göre iki merkezilik arasındaki korelasyon ilişkisi analiz edilmiştir (Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22).

Korelasyon analizi, morfolojik merkezilik ve ağ merkeziliği arasında doğrusal bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlara (korelasyon analizi ve LISA analizi) göre, morfolojik yapının hareketlilik ürettiği; ancak her zaman hareketliliğin morfolojik yapının bir sonucu olmadığı söylenebilir. Morfolojik yapı ve ağ yapısı arasında güçlü bir korelasyon ilişkisi bulunmasına karşın LISA analizinde tespit edilen kümelerle göre morfolojik olarak merkezi olmayan bölgelerin ağ yapısına göre merkezi özellik taşıdığı veya tersi durumlar tespit edilmiştir. Bu nedenle hibrit model önerisinde, morfolojik yapı ile ağ yapısı göstergelerinden birbiriyle ilişkili olanların belirlenmesi ve bu göstergelerin aynı bileşenler altında toplanarak bütünleşik merkezilik indeksi denkleminin üretilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.21. Tanımlayıcı istatistikler

|                           | Ortalama             | Standart Sapma       | Örneklem |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------|
| Morfolojik Örüntü İndeksi | ,214488460010<br>765 | ,081815860941<br>479 | 1332     |
| Ağ Merkezilik İndeksi     | ,397278876719<br>118 | ,175062065620<br>577 | 1332     |

Çizelge 4.22. Morfolojik örüntü indeksi ile ağ merkezilik indeksi korelasyon analizi

|                           |                     | Morfolojik<br>Örüntü İndeksi | Ağ Merkezilik<br>İndeksi |
|---------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------|
| Morfolojik Örüntü İndeksi | Pearson Correlation | 1                            | ,713**                   |
|                           | Sig. (2-tailed)     |                              | ,000                     |
|                           | N                   | 1332                         | 1332                     |
| Ağ Merkezilik İndeksi     | Pearson Correlation | ,713**                       | 1                        |
|                           | Sig. (2-tailed)     | ,000                         |                          |
|                           | N                   | 1332                         | 1332                     |

\*\*, Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Çalışmada 24 ayrı morfolojik yapı göstergesi ile 15 ayrı ağ yapısı göstergesi olmak üzere 39 orjinal gösterge, boyut azaltma tekniklerini kullanan PCA yöntemi ile farklı miktarda bilgi taşıyan 8 temel bileşene entegre edilmiştir. PCA'ya göre farklı morfolojik ve ağ sistemi göstergelerinden aralarından korelasyon ilişkisi bulunan göstergeler aynı bileşenler altında yer almaktadır.

KMO ve Barlett Testi, veri setinin PCA için yeterli varyans sağladığını ( $KMO > 0.5$ ) ve çok değişkenli normal dağılıma sahip olduğunu ( $sig. < 0.05$ ) göstermektedir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Hibrit model göstergelerinin KMO ve Barlett testi

|                                      |         |           |
|--------------------------------------|---------|-----------|
| KMO Örneklem Ölçüm Değer Yeterliliği |         | ,950      |
| Barlett Testi                        | Ki-Kare | 58693,769 |
|                                      | df      | 741       |
|                                      | Sig.    | ,000      |
| p<0.01)                              |         |           |

Morfolojik yapı ve ağ yapısı göstergelerindeki varyansın boyut azaltma yöntemi kullanılarak çıkarılan bileşenler tarafından ne kadarının açıklandığını gösteren topluluk (cummunalities) çizelgesi sonuçlarına göre, hibrit modelde bütün göstergelerin açıklanabilir olduğu ( $>0.3$ ) belirlenmiştir (Ek-4).

PCA'ya göre, morfolojik yapı ve ağ yapısı göstergelerinden benzer dağılım özelliklerine sahip olanların aynı bileşenlere entegre olduğu analiz sonuçları Çizelge 4.24'te

verilmiştir. Bu sonuçlara göre, trafik akış yoğunluğunun yüksek olduğu gün ve saatler aynı bileşende yer almaktadır. Bu bileşende, aynı zamanda yol ağındaki bir sokağın kentsel sistemdeki diğer tüm sokaklara erişilebilirlik derecesini tahmin eden bütünleşme indeksi ve sokakların bağlantı sayısını açıklayan bağlanabilirlik indeksi de bulunmaktadır. Bu sonuç, yol ağının topo-geometrik özellikleri ile trafik yoğunluğu arasındaki ilişkiyi göstermesi açısından önemlidir. Yol ağının topo-geometrik özelliklerine göre, küresel bütünleşme değerinin yüksek olması, bir sokağın kentsel akış içinde geçiş alanı olma özelliğini ve erişilebilirliğini gösterirken; bu indeksin trafik akış yoğunluğuyla aynı bileşende yer alması, bütünleşme indeksi yüksek ağların gerçekte de yoğun olarak kullanıldığını doğrulamaktadır.

Birinci bileşen, yol ağının morfolojik göstergesi olan bütünleşme indeksi ile trafik akış yoğunluğu göstergeleri arasındaki ilişkiyi yorumlamayı sağlarken; ikinci ve üçüncü bileşenler ise insan hareketliliği ile morfolojik yapı arasındaki ilişkinin yorumlanması için önemlidir. İnsan hareketlilik indeksi ve hareketlilik bölgesinin alansal büyüklüğü bu iki bileşen altında toplanmıştır. Bu bileşenler, insan hareketliliğine sahip kentsel alanlarda morfolojik yapı özelliklerinin belirlenmesine imkan tanır. Hareketlilik indeksi konut yoğunluk göstergeleri ve temel hizmet alanları olan eğitim alanları (ilkokul, ortaokul, lise), 1. basamak sağlık alanları (ASM, ecazane), açık yeşil alanlar ve çeşitlilik indeksiyle aynı bileşende yer almaktadır. Hareketlilik bölgelerinin alansal büyüklüğü ise, yeme-içme yeri sayısı, ikinci basamak sağlık alanları ve kamu kurumları yoğunluk göstergeleri ile bir bileşen oluşturmaktadır. Bu sonuçlara göre, kentsel alanların mekânsal-zamansal kullanım yoğunluğunu temsil eden hareketlilik indeksinin, yaşayan nüfusun, kentsel işlev çeşitliliğinin, eğitim, sağlık, açık-yeşil alan kullanımlarının dağılımıyla benzer özellik gösterdiği belirlenmiştir. Hareketlilik bölgelerinin büyüklüğü ise yeme-içme alanları, 2.basamak sağlık alanları (özel hastaneler, dal hastaneleri, devlet hastaneleri, semt poliklinikleri, tıp merkezleri) ve kamu kurumlarının yoğunluğuyla benzer dağılıma sahiptir. Alışveriş yeri sayısının da bu bileşenle doğrusal ilişki gösterdiği; ancak daha güçlü bir ilişkiye sahip olması nedeniyle 7.bileşende yer aldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, kent planlamada insan hareketliliğinin yüksek olduğu, gece-gündüz yaşayan mekânların tasarlanması için farklı arazi kullanım işlevlerinin dikkate alınması ve işlev çeşitliliğinin sağlanması önemlidir.

4. bileşen ise, yol ağının metrik özelliklerinden Ortalama Açısal Uzaklık (MAD) indekslerini kapsamaktadır. Yaya ve taşıt erişim mesafesine göre hesaplanan MAD indeksinin düşük olması daha düz yolları temsil ederken yüksek olduğu bağlantılarda daha çok kıvrımlı yol ağları bulunmaktadır.

Kültür-eğlence alanları ile 3. basamak sağlık hizmetleri (eğitim ve araştırma hastanesi, üniversite hastanesi) 5. Bileşende toplanmıştır. 3. Basamak sağlık hizmetlerinin üniversite hastanelerini içermesi ve kültür-eğlence alanlarının da üniversitelerde yoğunluk oluşturması nedeniyle bu arazi kullanım işlevlerinin aynı bileşende yer aldığı saptanmıştır. Üniversite kampüslerinin başka bir bileşende yer seçmesinin sebebi ise, orman alanlarına sahip büyük kampüslerin bulunmasıdır. Bu alanlar, bitki örtüsü yoğunluğunu gösteren NDVI indeksiyle birlikte 8. bileşeni oluşturmaktadır.

Sanayi alanları ile yapıları alan yoğunluk indeksi olan ABEI'nin aynı bileşende yer aldığı belirlenmiştir. Sanayi alanlarının yüksek yapılaşma yoğunluğu oluşturması nedeniyle bu iki göstergenin aynı bileşende yer aldığı anlaşılmaktadır.

Yol ağının metrik özelliklerinden olan aradalık indeksinin yaya yürüyüş ve araç sürüş mesafesine bağlı ölçümleri ile toplu taşıma sistemi durak yoğunluğu ve alışveriş yeri sayısı aynı bileşende yer almaktadır. Yol ağındaki bir bağlantının ağdaki diğer sokaklar arasında en kısa yolda görünme sayısını ifade eden ve bir yolculuk için kullanım sıklığını gösteren aradalık indeksinin, toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksiyle benzer dağılıma sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda, toplu taşıma sistemi duraklarının, aradalık indeksi yüksek bağlantılara sahip yol ağlarında yer aldığı ve durak kullanım yoğunluğunun bu indeksle ilişkili olduğu söylenebilir. Alışveriş yeri sayısının ise alışveriş merkezlerinde yüksek olması ve bu merkezlerin genellikle aradalık indeksi yüksek bağlantılara sahip yol ağlarında yer alması sebebiyle aynı bileşende bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24. Hibrit model temel bileşenler yapı matrisi

|                                             | Bileşenler |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                             | 1          | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| Kentiçi hareketlilik indeksi                | .432       | .654  | .604  | .033  | .598  | .315  | .242  | -.148 |
| Kentiçi hareketlilik bölgesi (ha)           | .353       | .533  | .743  | .026  | .674  | .274  | .186  | -.186 |
| Pazartesi 09:00 trafik yoğunluk skoru       | .880       | .426  | .252  | .345  | .238  | .239  | .387  | -.030 |
| Salı 09:00 trafik yoğunluk skoru            | .960       | .493  | .328  | .374  | .300  | .364  | .433  | .025  |
| Çarşamba 09:00 trafik yoğunluk skoru        | .964       | .490  | .309  | .379  | .283  | .364  | .425  | .039  |
| Perşembe 09:00 trafik yoğunluk skoru        | .962       | .506  | .326  | .372  | .295  | .377  | .411  | .010  |
| Cuma 09:00 trafik yoğunluk skoru            | .961       | .493  | .335  | .368  | .301  | .382  | .418  | .024  |
| Pazartesi 18:30 trafik yoğunluk skoru       | .947       | .561  | .399  | .344  | .360  | .408  | .465  | .003  |
| Salı 18:30 trafik yoğunluk skoru            | .957       | .568  | .375  | .360  | .343  | .415  | .451  | .020  |
| Çarşamba 18:30 trafik yoğunluk skoru        | .966       | .571  | .368  | .361  | .330  | .413  | .445  | .007  |
| Perşembe 18:30 trafik yoğunluk skoru        | .962       | .557  | .352  | .364  | .324  | .408  | .438  | .023  |
| Cuma 18:30 trafik yoğunluk skoru            | .958       | .566  | .390  | .352  | .344  | .427  | .472  | .011  |
| Cumartesi 15:30 trafik yoğunluk skoru       | .950       | .574  | .358  | .382  | .333  | .417  | .423  | -.006 |
| Pazar 15:30 trafik yoğunluk skoru           | .938       | .568  | .331  | .376  | .310  | .407  | .400  | -.012 |
| Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksi | .231       | .352  | .385  | .056  | .440  | .279  | .457  | .038  |
| Küresel bütünleşme indeksi                  | .672       | .291  | .158  | .656  | .093  | .456  | .561  | .107  |
| Bağlanabilirlik                             | .644       | .505  | .140  | .575  | .110  | .547  | .299  | .064  |
| TPBtA5000                                   | .267       | -.130 | -.061 | .018  | -.052 | -.081 | .635  | .028  |
| TPBtA800                                    | .438       | .109  | .138  | .055  | .111  | .206  | .786  | -.017 |
| MAD5000                                     | .095       | -.087 | -.124 | .815  | -.117 | -.102 | -.096 | .109  |
| MAD800                                      | .508       | .155  | .055  | .905  | .027  | .240  | .247  | .105  |
| Konut oranı                                 | .448       | .868  | .309  | .214  | .243  | .178  | .068  | -.122 |
| Konut yapıları alan yoğunluğu               | .461       | .941  | .406  | .099  | .357  | .290  | .086  | -.161 |
| Konut kat sayısı                            | .403       | .880  | .324  | .114  | .235  | .222  | .119  | -.124 |
| Konut tipolojisi                            | .439       | .932  | .374  | .114  | .284  | .250  | .101  | -.144 |
| Yeme-içme yeri sayısı                       | .329       | .441  | .846  | .045  | .626  | .207  | .278  | -.105 |
| Alışveriş yeri sayısı                       | .158       | .186  | .478  | .082  | .347  | .121  | .492  | -.014 |
| Eğitim tesisi sayısı                        | .455       | .801  | .427  | .057  | .376  | .298  | .087  | -.115 |
| 1.basamak sağlık tesisi sayısı              | .428       | .670  | .625  | -.001 | .645  | .275  | .025  | -.152 |
| 2.basamak sağlık tesisi sayısı              | .253       | .341  | .702  | -.024 | .295  | .134  | -.013 | -.042 |
| 3. basamak sağlık tesisi sayısı             | .164       | .146  | .208  | -.010 | .763  | .075  | .143  | -.070 |
| Kültür-eğlence yeri sayısı                  | .199       | .202  | .433  | -.005 | .718  | .098  | .081  | .121  |
| Kamu kurumu sayısı                          | .199       | .196  | .734  | .007  | .224  | .083  | .211  | .017  |
| Üniversite kampüs alanı                     | -.002      | -.110 | -.012 | .029  | .021  | -.054 | -.033 | .861  |
| Sanayi alanı                                | .083       | -.152 | -.007 | .038  | -.027 | .694  | -.039 | -.163 |
| Yeşil alan                                  | .476       | .682  | .343  | .036  | .336  | .230  | .195  | -.054 |
| NDVI                                        | -.122      | -.228 | -.195 | .080  | -.190 | -.487 | .019  | .754  |
| ABEI                                        | .272       | .341  | .096  | .093  | .124  | .786  | .211  | -.109 |
| Entropi                                     | .463       | .728  | .356  | .024  | .367  | .293  | .072  | .036  |

PCA yöntemiyle morfolojik yapı ve ağ yapısı parametrelerinden elde edilen sekiz temel bileşen, değişken bilgilerinin %80,2'sini açıklamaktadır (Çizelge 4.25). Hibrit modelin kentsel mekânsal yapıyı açıklama oranının yüksek olması modelin geçerliliğini doğrulamaktadır.

Çizelge 4.25. Hibrit model temel bileşen analizinin varyans açıklama oranları

|                                         | TB1    | TB2   | TB3   | TB4   | TB5   | TB6   | TB7   | TB8   |
|-----------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Özdeğerler                              | 15.770 | 4.312 | 2.533 | 1.817 | 1.595 | 1.187 | 1.072 | 1.054 |
| Toplam varyans açıklama oranı           | 0.404  | 0.110 | 0.075 | 0.057 | 0.051 | 0.040 | 0.038 | 0.027 |
| Birikimli toplam varyans açıklama oranı | 0.404  | 0.514 | 0.589 | 0.646 | 0.697 | 0.737 | 0.775 | 0.802 |

Temel bileşenlerin varyans açıklama oranlarına bağlı olarak bütünleşik merkezilik indeksi denklemi elde edilmiştir (Eş. 4.3).

Hibrit model indeksi (bütünleşik merkezilik indeksi)=

$$TB1 \times 0.504 + TB2 \times 0.137 + TB3 \times 0.094 + TB4 \times 0.071 + TB5 \times 0.064 + TB6 \times 0.050 +$$

$$TB7 \times 0.047 + TB8 \times 0.034 \quad (4.3)$$

PCA ile morfolojik örüntü ve ağ sistemi göstergelerinin birarada oluşturduğu bütünleşik merkezilik indeksinin belirlenmesinin ardından k-ortalama kümeleme yöntemi kullanılarak birbirine benzer özellikler gösteren 6 küme elde edilmiştir. Hem morfolojik örüntü hem de ağ sistemi parametrelerine göre benzer özelliklere sahip kümelerin bileşen değerleri Çizelge 4.26'da verilmiştir. Ardından bütünleşik merkezilik indeksi denklemi kullanılarak kümelerin indeks değerleri hesaplanmış, mekânsal dağılımlarını gösteren tematik haritalar üretilmiştir.

Bütünleşik merkezilik indeksine göre, 1 numaralı küme en yüksek indeks değerine sahip (Şekil 4.29) ve buna bağlı olarak en merkezi özellik gösteren kümedir. 1 numaralı kümenin bileşen değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.26), trafik akışı, insan hareketliliği ve toplu taşıma yolculuğunun mekânsal-zamansal kullanım yoğunluğunun en yüksek olduğu, yol ağının metrik özelliklerinden en yüksek yaya arasındalık indeksine sahip, alışveriş yeri, yeme-içme yeri, sağlık hizmetleri (1. 2. ve 3. Basamak), kamu kurumları, kültür-eğlence alanlarının en fazla bulunduğu, çeşitlilik indeksi yüksek alanlardır. Bu alanlarda, aynı zamanda konut yoğunluğunun olduğu ve üniversite alanlarının da bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.26. K-ortalama kümeleme yöntemine göre hibrit model kümelerinin bileşen değerleri

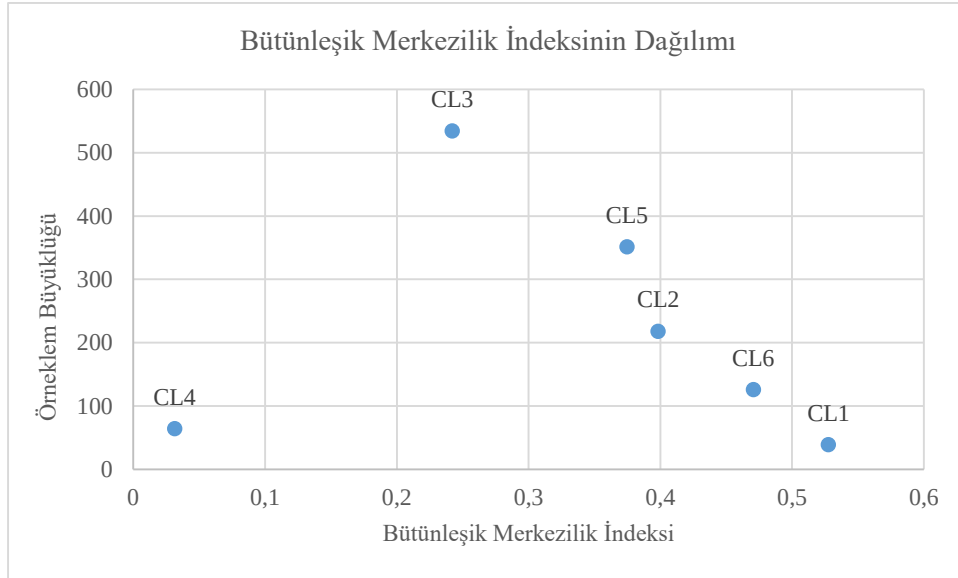
| Bileşenler                                       | Kümeler |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                  | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| TB1_ Küresel bütünleşme indeksi                  | .7761   | .6582 | .5653 | .0384 | .7174 | .6883 |
| TB1_ Bağlanabilirlik                             | .6346   | .6319 | .4916 | .0430 | .5434 | .6706 |
| TB1_ Pazartesi 09:00 trafik yoğunluk skoru       | .6598   | .5380 | .3065 | .0000 | .5871 | .6190 |
| TB1_ Salı 09:00 trafik yoğunluk skoru            | .6724   | .5113 | .2851 | .0000 | .5613 | .5910 |
| TB1_ Çarşamba 09:00 trafik yoğunluk skoru        | .7102   | .5595 | .3127 | .0000 | .6118 | .6460 |
| TB1_ Perşembe 09:00 trafik yoğunluk skoru        | .6745   | .5232 | .2871 | .0000 | .5606 | .6023 |
| TB1_ Cuma 09:00 trafik yoğunluk skoru            | .7240   | .5475 | .3040 | .0000 | .5973 | .6303 |
| TB1_ Pazartesi 18:30 trafik yoğunluk skoru       | .7470   | .5138 | .2686 | .0000 | .5429 | .6061 |
| TB1_ Salı 18:30 trafik yoğunluk skoru            | .7642   | .5570 | .2898 | .0000 | .5824 | .6470 |
| TB1_ Çarşamba 18:30 trafik yoğunluk skoru        | .7568   | .5680 | .2959 | .0000 | .5972 | .6778 |
| TB1_ Perşembe 18:30 trafik yoğunluk skoru        | .7443   | .5684 | .2948 | .0000 | .5943 | .6492 |
| TB1_ Cuma 18:30 trafik yoğunluk skoru            | .7665   | .5476 | .2843 | .0000 | .5792 | .6523 |
| TB1_ Cumartesi 15:30 trafik yoğunluk skoru       | .7715   | .5846 | .3157 | .0000 | .6068 | .6930 |
| TB1_ Pazar 15:30 trafik yoğunluk skoru           | .6505   | .5072 | .2765 | .0000 | .5283 | .6084 |
| TB2_ Konut oranı                                 | .7692   | .8567 | .2219 | .0195 | .1987 | .9048 |
| TB2_ Konut yapılı alan yoğunluğu                 | .6603   | .6044 | .0253 | .0000 | .0000 | .7639 |
| TB2_ Konut kat sayısı                            | .3795   | .4468 | .0161 | .0000 | .0000 | .4667 |
| TB2_ Konut tipolojisi                            | .5299   | .5703 | .0268 | .0000 | .0000 | .6561 |
| TB2_ Eğitim tesisi sayısı                        | .3333   | .2183 | .0118 | .0000 | .0339 | .3611 |
| TB2_ 1.basamak sağlık tesisi sayısı              | .2535   | .0614 | .0012 | .0000 | .0081 | .1664 |
| TB2_ Yeşil alan                                  | .2179   | .1537 | .0089 | .0000 | .0598 | .2282 |
| TB2_ Entropi                                     | .2627   | .2022 | .0104 | .0000 | .0590 | .3035 |
| TB2_ Kentiçi hareketlilik indeksi                | .8734   | .0218 | .0000 | .0000 | .0654 | .8609 |
| TB3_ Yeme-içme yeri sayısı                       | .1782   | .0191 | .0010 | .0000 | .0071 | .0808 |
| TB3_ 2.basamak sağlık tesisi sayısı              | .1197   | .0183 | .0012 | .0000 | .0052 | .0675 |
| TB3_ Kamu kurumu sayısı                          | .1107   | .0123 | .0004 | .0000 | .0102 | .0280 |
| TB3_ Kentiçi hareketlilik bölgesi (ha)           | .2309   | .0012 | .0000 | .0000 | .0073 | .1563 |
| TB4_ MAD5000                                     | .3904   | .4663 | .5525 | .0000 | .4549 | .4437 |
| TB4_ MAD800                                      | .5859   | .5729 | .5752 | .0000 | .5782 | .5686 |
| TB5_ 3. basamak sağlık tesisi sayısı             | .1282   | .0023 | .0000 | .0000 | .0071 | .0159 |
| TB5_ Kültür-eğlence sayısı                       | .1259   | .0033 | .0017 | .0000 | .0054 | .0209 |
| TB6_ Sanayi alanı                                | .0018   | .0082 | .0311 | .0000 | .0811 | .0106 |
| TB6_ ABEI                                        | .8968   | .8887 | .8679 | .8597 | .8824 | .8945 |
| TB7_ TPBtA5000                                   | .0505   | .0138 | .0091 | .0000 | .0826 | .0174 |
| TB7_ TPBtA800                                    | .1369   | .0495 | .0222 | .0000 | .0958 | .0617 |
| TB7_ Alışveriş yeri sayısı                       | .1305   | .0047 | .0001 | .0000 | .0055 | .0404 |
| TB7_ Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksi | .7686   | .0427 | .0006 | .0000 | .0194 | .0130 |
| TB8_ Üniversite kampüs alanı                     | .0436   | .0018 | .0484 | .0000 | .0552 | .0067 |
| TB8_ NDVI                                        | .3150   | .3813 | .4070 | .3652 | .3972 | .3247 |

Bütünleşik merkezilik indeksine göre ikinci sırada yer alan 6 numaralı kümenin 1 numaralı kümeden ayrılan en önemli özelliği konut yoğunluğudur. 1 numaralı kümeye göre daha yüksek konut yoğunluklarına sahip olmasına rağmen, hareketlilik indeks değerleri daha düşüktür. Bu kümenin özellikle toplu taşıma sistemi durak yoğunluklarına göre 1 numaralı kümeden ayrıldığı saptanmıştır. Yapılı alan yoğunluğu 1 numaralı kümeye göre daha düşük iken; açık ve yeşil alan oranı daha yüksektir.

Üçüncü sırada yer alan iki numaralı küme, konut yoğunluğunun bulunduğu, buna bağlı olarak temel hizmetlerin (eğitim, sağlık, açık ve yeşil alan) yer aldığı, mekânsal olarak genellikle 6 numaralı kümeyi çevreleyen bölgelerdir.

5 numaralı küme ise, ilk iki kümeye göre daha düşük trafik akış yoğunluğuna sahip olmasına karşın konut alanlarının ve kentsel işlevlerin oldukça düşük olduğu kümedir. Onu takiben yine düşük kentsel işlevlere sahip olan 3 numaralı küme gelmektedir. Bu küme, genellikle düşük merkezilik özelliklerine sahip büyük alan kullanımı gerektiren kentsel işlevleri içermektedir. Sanayi alanlarını, askeri alanları, üniversite kampüs alanlarını, kent çeperlerindeki düşük yoğunluklu konut alanlarını, engebeli ve kıvrımlı yol ağlarını (MAD5000) kapsamaktadır. En düşük indeks değerine sahip 4. küme ise, genel olarak yol ağları, kentsel işlevler vb. kullanımların bulunmadığı doğal nitelikli alanları temsil etmektedir.

Doğal nitelikli alanları kapsayan 4 numaralı küme hariç, bütünleşik merkezilik indeksi ile kümelerin mekânsal büyüklüğü arasında ters yönlü bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bütünleşik merkezilik indeksinin yüksek olduğu ızgara hücreler daha az sayıda iken, indeks değeri küçüldükçe kümenin kentsel mekânda kapladığı alan artmaktadır (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Bütünleşik merkezilik indeksinin dağılımı

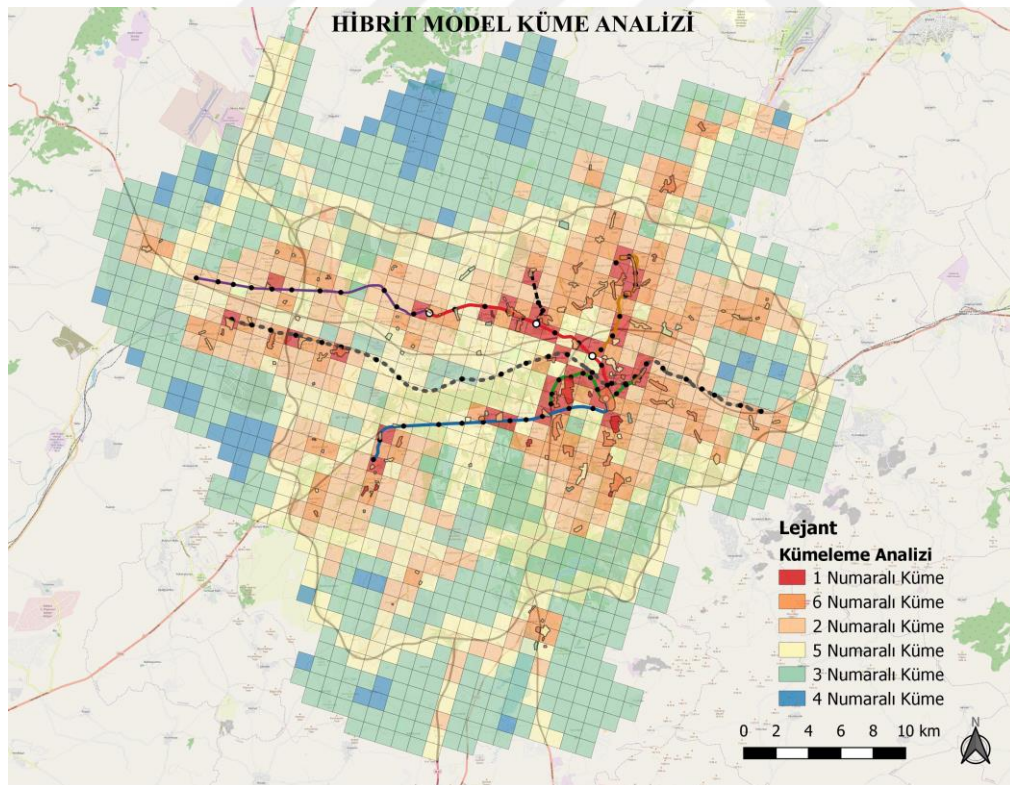
Bütünleşik merkezilik indeksi en yüksek olan ve kentsel alandaki merkezi bölgeleri temsil eden 1 numaralı küme, Atatürk Bulvarı boyunca Sıhhiye, Kızılay, Kavaklıdere, Esat bölgesini, aynı bölgenin çevresinde Ankaray hattı boyunca Dikimevi, Cebeci, Kurtuluş, Kolej, Maltepe, Anadolu, Beşevler, Bahçelievler, Emek, Aşti ve Söğütözü bölgelerini kapsamaktadır. Bu kümenin, hareketlilik ve morfolojik özelliklere göre en yüksek indeks değerlerine sahip olması nedeniyle genellikle toplu taşıma hatları üzerinde görüldüğü tespit edilmiştir. Kentin kuzeyine doğru Ankara Üniversitesi Dışkapı yerleşkesinin de yer aldığı ızgara hücrelerde, Keçiören ilçe merkezinde, kentin kuzeybatısına doğru genellikle toplu taşıma sistemi aktarma istasyonları çevresinde (AKM, Yenimahalle, Batıkent) yoğunluk oluşturduğu saptanmıştır. Kentin batı aksında konut yoğunluğu, insan hareketliliği ve hafif raylı sistem yoğunluğu yüksek olan Etimesgut, Eryaman ve Sincan bölgelerinde bulunmaktadır. Güneybatı aksında ise üniversite alanlarının bağlantı sağlayan ODTÜ ve Bilkent Kavşakları ile Çayyolu ve Koru bölgesinde yer almaktadır (Harita 4.39).

6 numaralı küme, 1 numaralı kümenin Kızılay semti ve çevresinde oluşturduğu yoğunluk bölgelerini kuzey ve güney hatları boyunca çevrelerken güneydoğu ve güneybatı aksları boyunca ışınsal bir yapı sergilemektedir. Ek olarak, kentin kuzeyinde Pursaklar ilçe merkezini, güneyinde Gölbaşı ilçe merkezini, güneybatısında Yaşamkent ve Bağlıca mahallelerini tanımlayan yeni yoğunluk bölgeleri oluşturmaktadır.

Genellikle 6 numaralı kümenin yakın çevresinde yer alan 2 numaralı küme ise, insan hareketliliği, trafik akış yoğunluğu ve toplu taşıma sistemi yolculuk yoğunluğu daha düşük olduğu, konut yoğunluğu bulunan, buna bağlı olarak temel hizmetlerin (eğitim, sağlık, açık ve yeşil alan) yer aldığı ızgara hücreleri kapsamaktadır.

Ankara çevre yolunun ve kent içi trafik akış yoğunluğu bulunan geniş bulvarların yer aldığı 5 numaralı küme, konut alanlarının ve kentsel işlevlerin oldukça düşük olduğu ızgara hücrelerde görülmektedir.

3 numaralı küme, kent çeperlerindeki düşük yoğunluğa, kıvrımlı ve engebeli yol ağlarına sahip kırsal nitelikli konut alanlarında, kentin batı aksında yer alan askeri alanlarda ve sanayi bölgelerinde, kentin güneybatı aksında yer alan üniversite kampüs alanlarında görülmektedir. En düşük indeks değerine sahip 4. küme ise, kent çeperlerinde ulaşım bağlantısı bulunmayan, kentsel kullanımların yer almadığı doğal nitelikli bölgelerde yer almaktadır.



Harita 4.39. Hibrit model küme analizi

Hibrit modele göre, morfolojik ve ağ merkeziliğinin birlikte ele alınarak üretildiği bütünleşik merkezilik derecelerinin mekânsal otokorelasyonunu tespit etmek amacıyla Mekânsal İlişkilerin Yerel Göstergeleri kümeleme analizi yapılmıştır. Moran dağılım grafiğinin merkez noktası olan ortalamaya kıyasla ızgara hücrelerin kendisinin ve komşularının mekânsal dağılımı Harita 4.40'ta verilmiştir. Bütünleşik merkeziliğin LISA analizinde, Yüksek-Yüksek değerine sahip mekânsal kümeler morfolojik ve ağ merkeziliğine göre daha geniş alanı kaplamaktadır. Bu üç merkeziliğin mekânsal dağılımına göre farklılığın belirlendiği bölgeler, özellikle kentin güneybatı aksında Yenimahalle ilçesi, batı bölgesinde Sincan ilçesi, kuzeydoğusunda Altındağ ilçesidir. Bütünleşik merkezilik dağılımına göre Yüksek-Yüksek değere sahip kümelerin kapsadığı ızgara hücre sayısının artmasına rağmen güneybatı aksında ağ merkeziliğine göre doğu bağlantısıyla birlikte işleyen bölge, bütünleşik merkeziliğe göre ayrı bir küme deseni göstermiştir.

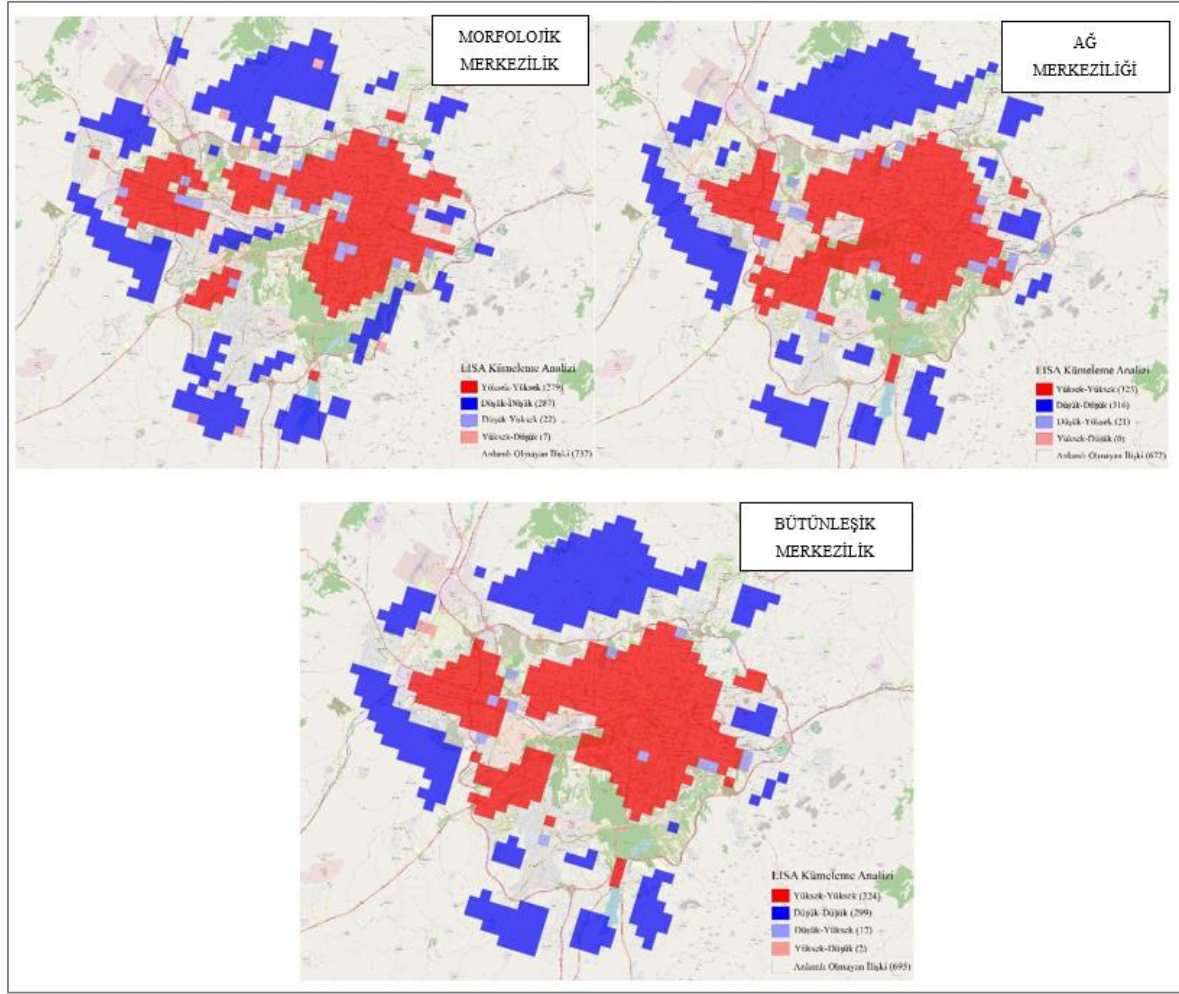
Kentin kuzeydoğu aksı ise, benzer olarak morfolojik merkeziliğe göre batı bölgesiyle birlikte bir küme örüntüsü sergilerken bütünleşik merkeziliğe göre batı bağlantısından kopuk ve alansal olarak da daha küçük bir küme oluşturmuştur. Bu bölgenin özellikle konut yoğunluğunun yüksek olmasına rağmen; hareketliliğinin düşük olduğu belirlenmiştir. Kısaca, morfolojik olarak yüksek indekslere sahipken işlevsel olarak zayıf kaldığı tespit edilmiştir.

Kentin batısında yer alan Sincan ilçesi ise, morfolojik merkeziliğe göre geniş bir alana yayılan küme desenine sahipken bütünleşik derece merkeziliğine göre, kuzeybatı ve güneybatı bölgeleri Yüksek-Yüksek skorlu kümede yer almamaktadır. Bu bölgeler, morfolojik olarak merkezi özellikler sergilese de ağ özelliklerine göre işlevselliği düşük bölgelerdir. Kentin güneybatı aksında yeni gelişme alanı olan Bağlıca bölgesi ise, Sincan'da tespit edilen durumun tersi bir kümeleme deseni sergilemektedir. Morfolojik merkeziliğe göre bu bölgede Dumlupınar Bulvarının sadece güneyinde bulunan yerleşimler Yüksek-Yüksek skorlu küme oluştururken; bütünleşik merkeziliğe göre bulvarın kuzeyindeki yerleşimler de kümeye dâhil olmuştur. Bu bulguya göre, Bağlıca bölgesinin morfolojik olarak merkezi özellik sergilememesine rağmen işlevsel olarak merkezi niteliğe sahip olduğu saptanmıştır.

Kentin batı aksında yer alan Batıkent yerleşimi, morfolojik yapı özelliklerine göre doğu bölgesiyle zayıf bir bağlantıya sahip Yüksek-Yüksek skorlu küme oluşturmaktadır. Ancak

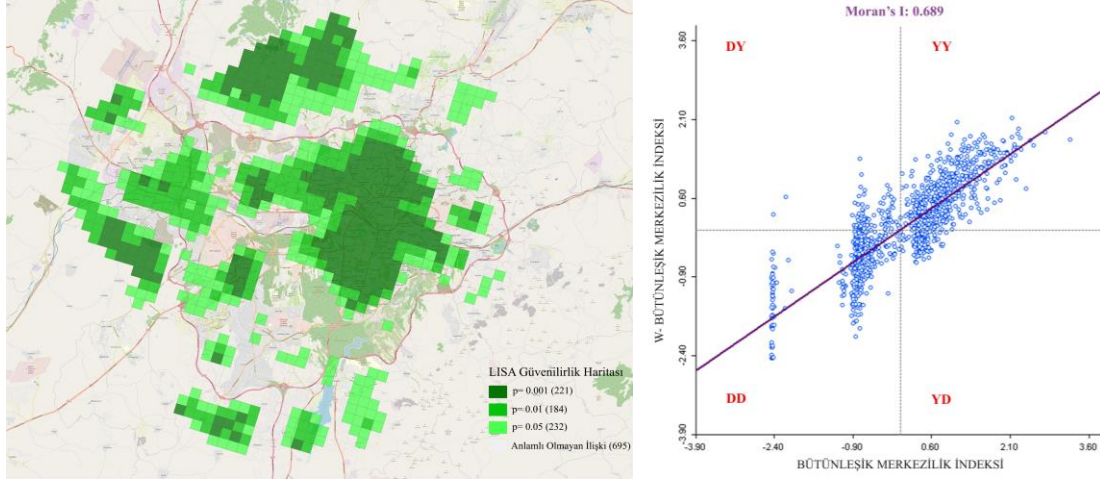
ağ yapısı özelliklerine ve bütünleşik merkezilik indeksine göre bu bölge doğusundaki yerleşimle birlikte kümelenmektedir. Morfolojik merkeziliğe göre OSTİM OSB'nin iki yerleşimi koparan büyük alan kullanımı olarak belirlenmesine karşın ağ merkeziliğine göre kentsel hareketliliği sağlayan, birleştirici bir bölge niteliğindedir. Batıkent yerleşimi morfolojik yapı özelliklerine göre OSTİM OSB sebebiyle doğusundan ayrılırken ağ merkeziliğine göre, bu işlev sayesinde doğusuyla bütünleşmektedir.

Morfolojik merkeziliğe göre küme oluşturmayan güneybatı aksındaki ODTÜ ve Bilkent üniversite bağlantıları ile kamu kurumu alanları, ağ merkeziliğine ve bütünleşik merkeziliğe göre Yüksek-Yüksek skorlu küme deseni sergilemektedir. Morfolojik yapı göstergelerine göre merkezi olmayan bir bölgenin yüksek kent içi hareketliliğe sahip olması, hibrit modele göre merkezi bölge olarak tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu tespitler, kentsel mekânsal örüntülerin sadece morfolojik yapı göstergelerine göre belirlendiğinde gerçekliği yansıtmadığını göstermiştir. Etkin planlama, ulaşım vb. mekânsal kararların alınmasında örüntülerin ve akışların birlikte değerlendirildiği hibrit modelin önemi bir kez daha anlaşılmıştır.



Harita 4.40. Morfolojik merkezilik, ağ merkeziliği ve bütünleşik merkeziliğin karşılaştırmalı LISA analiz sonuçları

Bütünleşik merkezilik indeksine göre Moran saçılma grafiğindeki regresyon çizgisinin eğimi, 0.689 olarak ölçülmüş ve hibrit model örüntüsünün mekânsal otokorelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. LISA analizinin güvenilirlik testi sonuçlarına göre ( $p \leq 0.05$ ) mekânsal otokorelasyon analiz sonuçlarının yüksek güvenilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Harita 4.41).



Harita 4.41. Bütünleşik merkezilik indeksi LISA analizinin güvenilirlik testi ve Moran saçılma grafiği

#### 4.4. Bölüm Değerlendirmesi ve Model Üzerine Çıkarımlar

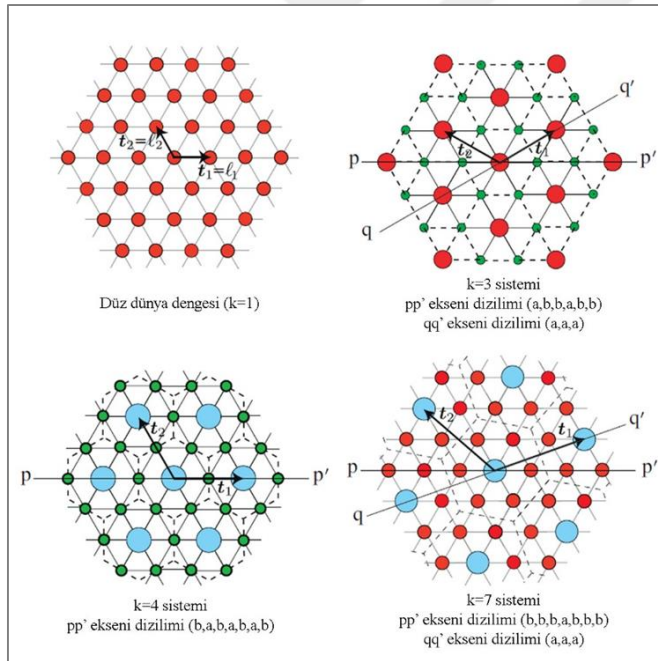
Bu tez çalışmasında önerilen hibrit model kentsel örüntünün morfolojik göstergeler ve kent içi hareketlilik göstergeleri kullanılarak kademelenmesini sağlamıştır. Modele göre çalışma alanı içerisinde 6 farklı kademe belirlenmiştir. En düşük kademe, kentsel eşikler olarak da tanımlanan orman alanları, göl alanları, çorak araziler gibi kentsel kullanımların yer almadığı doğal nitelikli alanlardır. Diğer kademelerde ise bütünleşik merkezilik indeksinin artması ile o kademelerin kapladığı alan büyüklüğünün azaldığı tespit edilmiştir. Bu mekânsal örgütlenmeye göre üst kademe merkezler, kent içerisinde en az alansal büyüklüğe sahip yerlerdir. Birinci kademedeki merkezler konut yoğunluğu, yol ağı erişilebilirliği, arazi kullanım yoğunluğu ve çeşitliliği, insan hareketliliği, trafik akış yoğunluğu ve toplu taşıma kullanım yoğunluğu en yüksek olan alanlardır. Kentsel eşiklerden sonra ikinci en düşük indekse sahip alanlar ise konut kullanımının oldukça düşük olduğu, kentsel işlevlerin sınırlı olarak sunulduğu çeper alanlar olarak belirlenmiştir.

Bu kademelerin kent içerisindeki mekânsal örgütlenmesi kentin farklı bölgelerine göre değişmekte, farklı dizilimler göstermektedir. Değişen kademelerin oluşturduğu mekânsal örüntülerin geometrik düzene sahip olup olmadığı ve Christaller modelindeki pazar, ulaşım ve yönetim ilkelerine uyan bir kafes sisteminin ortaya çıkıp çıkmadığı araştırılmıştır. Bunun için her gridin bütünleşik merkezilik indeksi gridin merkezine atılan noktayla temsil edilmiştir. Yürüyerek erişilebilecek maksimum mesafe olarak 1 km uzunluğunda eşkenar üçgenlerin alt birim olarak belirlendiği altıgen kafes (hexagonal lattice) sistemi

oluşturulmuş, bütünleşik merkezilik indeksleri kendisine en yakın eşkenar üçgenin köşesine atanmıştır.

Şekil 4.30'da Christaller'ın  $k = 3, 4$  ve  $7$  sistemine ilişkin mekânsal dizilimler gösterilmiştir. Christaller'ın  $k = 3$  sistemine göre  $a$  ilk seviye merkezleri,  $b$  ikinci seviye merkezleri temsil etmekte ve merkezler  $(a, b, b ; b, b, a ; b, a, b)$  dizilimini oluşturmaktadır. Bu dizilimin mekânsal olarak tekrarlanması  $k=3$  sisteminin örüntüsünü oluşturmaktadır. Benzer olarak  $k= 4$  sistemi ve  $k=7$  sistemine ait mekânsal dizilimler Eş. 4.4'te gösterilmiştir (Ikeda ve Murato, 2014).

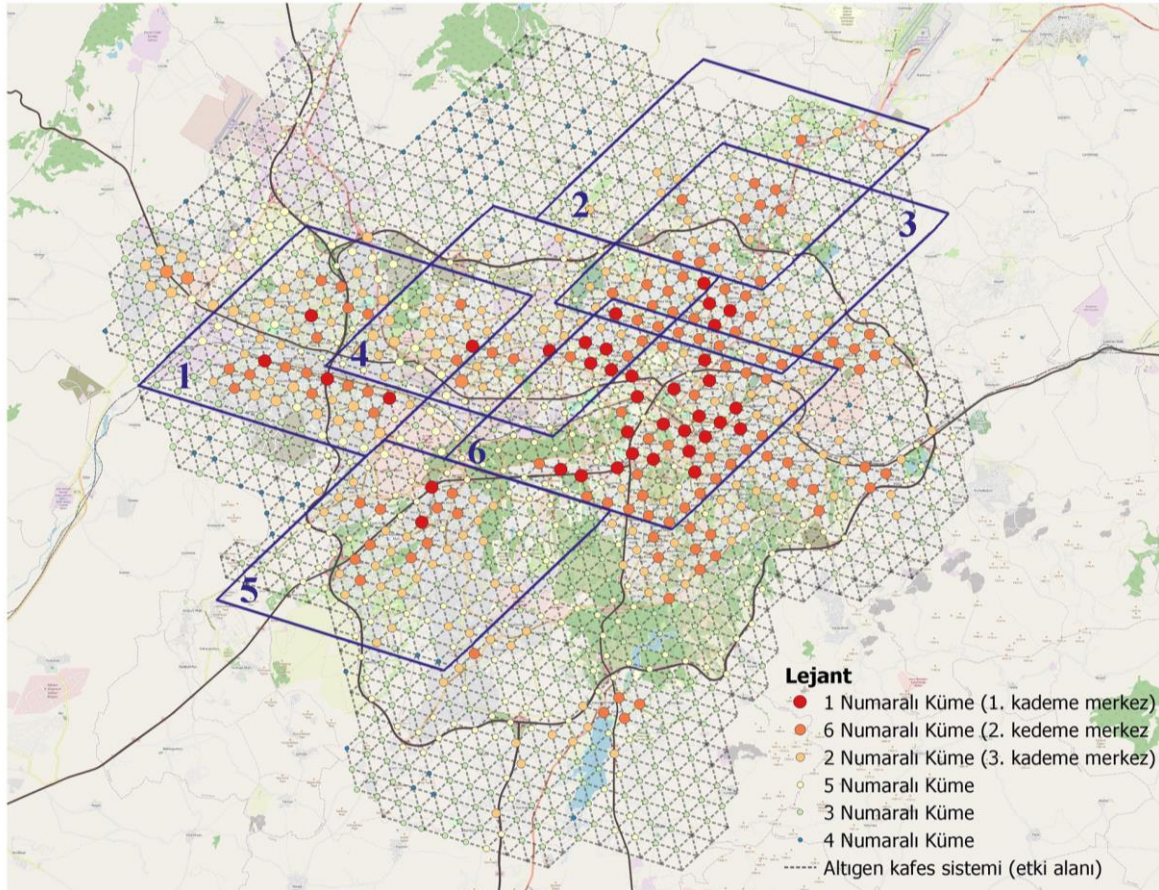
$$h = \begin{cases} (a, b, b; b, b, a; b, a, b)^T, & \text{for } k = 3 \text{ system } (n = 3), \\ (a, b; b, b)^T, & \text{for } k = 4 \text{ system } (n = 2), \\ (a, b, b, b, b, b, b; b, b, b, a, b, b; b, b, b, b, b, a; b, b, a, b, b, b, \\ b; b, b, b, b, b, a; b, b, a, b, b, b, b; b, b, b, b, a, b, b)^T, & \text{for } k = 7 \text{ system } (n = 7), \end{cases} \quad (4.4)$$



Şekil 4.30. Altıgen (hexagonal) dağılım (Ikeda ve Murato, 2014)

Çalışma alanındaki altı farklı bölgede bütünleşik merkezilik indekslerinin mekânsal dağılımı Christaller dizilimine göre test edilmiştir (Harita 4.42). Bu bölgeler birinci ve ikinci kademe merkezlerin bulunduğu ilçeleri kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Bölge 1 Sincan ve Etimesgut ilçelerini, Bölge 2 Pursaklar ilçesini, Bölge 3 Keçiören ilçesini, Bölge 4 Yenimahalle ilçesini, Bölge 5 Çankaya ilçesini, Bölge 6 Altındağ, Mamak ve Çankaya

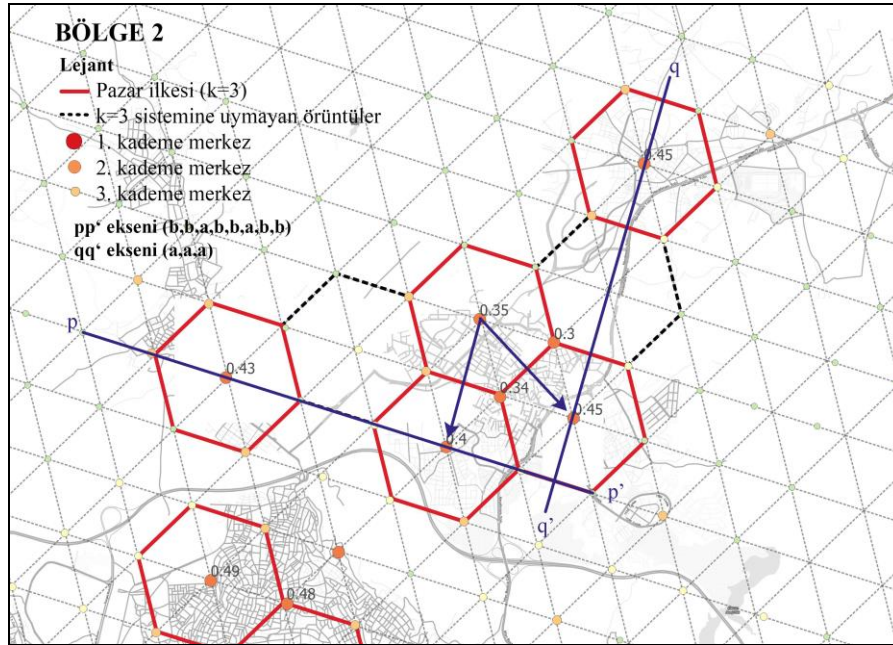
ilçelerini içermektedir. Christaller diziliminin test edilmesinde merkezi yer teorisinin temel varsayımı olan alt kademe bir merkezin kendisine en yakın üst kademe merkezden hizmet aldığı varsayımı kabul edilerek merkezler ve etki alanları belirlenmiştir.

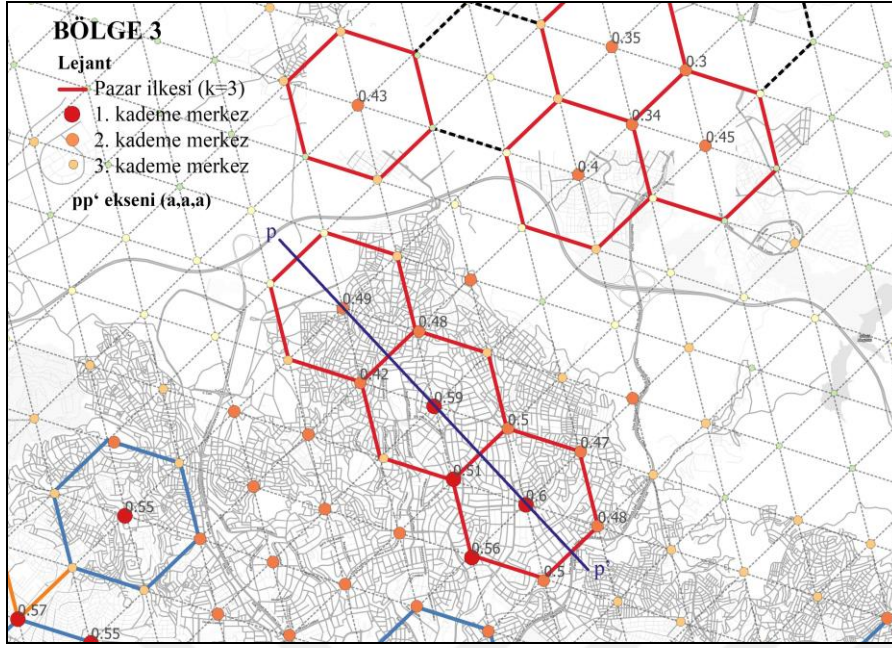


Harita 4.42. Çalışma alanındaki bütünleşik merkezilik indekslerinin hexagonal dağılımı

Çalışma sonucunda kentin batısında yer alan ve sanayi yatırımları ile kentsel gelişimin ön plana çıktığı, morfolojik özelliklerin kentsel hareketlilik örüntülerine göre daha yüksek düzeyde seyrettiği Sincan yerleşiminde (Bölge 1), mekânsal örüntü  $k=3$  sisteminin özelliklerini göstermiştir. Şekil 4.31’de kırmızı noktalar ilk kademe merkezleri, turuncu noktalar ikinci kademe ve sarı noktalar üçüncü kademe merkezleri temsil etmektedir. Benzer kademede yer alan merkezlerden bütünleşik merkezilik indeksi en yüksek olan nokta merkezi yerleşim olarak kabul edilmiştir. Eksenleri tanımlayan kırmızı altıgenler  $k=3$  ilkesine ait mekânsal örüntüyü gösterirken, kesikli çizgiler bu ilkeye uymayan yerleşimleri gösterir. Bölge 1’de qq’ ekseninde yer alan ilk kademe merkezler sırasıyla Sincan, Eryaman ve Etimesgut semtleridir. Bu yerleşimlerde yaşayan nüfus, etki alanı olarak tanımlanan diğer yerleşimlerden daha yüksek (TÜİK, 2023) olmakla birlikte, merkezi yerleşimler kentsel





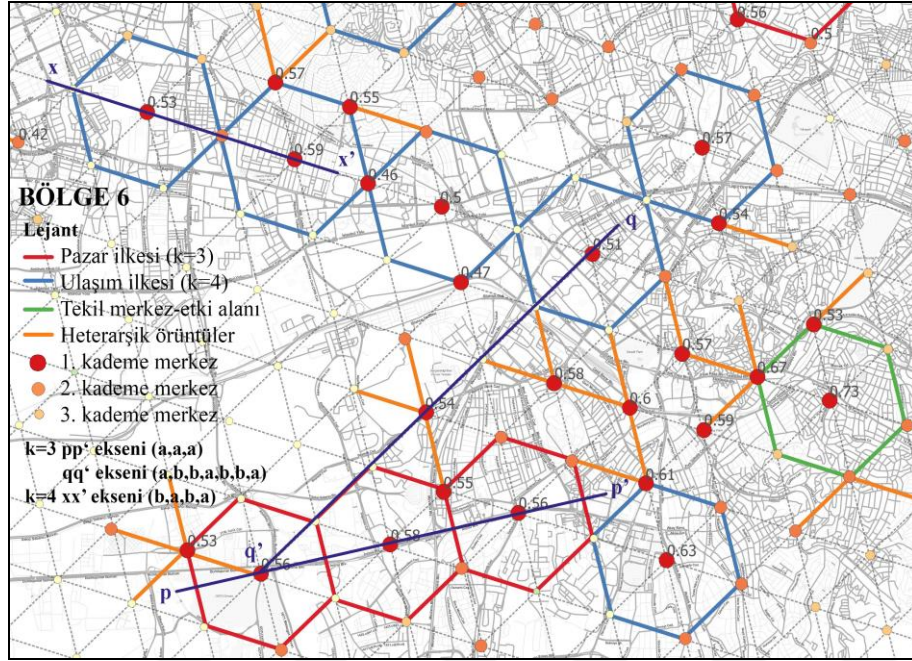


Şekil 4.33. Bölge 3'ün mekânsal örüntüsü (k=3 ilkesi)

Bölge 4 hem morfolojik hem de ağ göstergelerine göre yüksek yoğunluklara sahip Yenimahalle ilçesini göstermektedir. Bölge yüksek konut ve hizmet yoğunluğuna-çeşitliliğine, kent içi insan hareketliliğine, trafik akış yoğunluğuna ve toplu taşıma durak yoğunluğuna sahiptir. Bölgede üst kademe merkezler özellikle hafif raylı sistem durakları üzerinde yer seçmiştir. Bu durakların kullanım yoğunluğu yüksek olmakla birlikte durakların çevresinde yüksek yoğunluklu insan hareketlilik bölgeleri yer almaktadır. Merkezlerin oluşmasında kent içi hareketlilik göstergelerinin etkili olduğu belirlenmiş ve özellikle toplu taşıma hattı üzerinde yer seçen merkez-çevre ilişkisinin ulaşım ilkesi dizilimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.34'te mavi çizgiler ulaşım ilkesinin oluşturduğu mekânsal ilişkileri gösterirken, ortada yer alan kırmızı noktalar bütünleşik merkezilik indeksi yüksek olan üst kademe merkezleri ve çevresindeki noktalar etki alanını oluşturan alt kademe merkezleri göstermektedir. Bölgenin doğusu ve batısı arasındaki pp' ekseninde yer alan turuncu çizgiler, yatayda kurulan ilişkileri temsil etmektedir. Merkezi yer kuramına göre üst kademe merkezin etki alanındaki diğer merkezlerden daha yüksek kademede yer alması (daha yüksek indeks değerine sahip olması) beklenmektedir. Ancak bu bölgede hexagonların köşelerinde yer alan bazı merkezler çevresindeki diğer yerleşimlerden daha yüksek indeks değerine sahiptir. Bu nedenle düzenli hexagon diziliminde çatallanmalar (bifurcations) ortaya çıkmıştır. Pp' eksenindeki çatallanmanın olduğu alanda, morfolojik göstergelere göre bölgenin doğu ve batısını birbirinden ayırıcı özellikte olan; ancak günlük kent içi hareketlilik üreten işyerlerinin bulunması nedeniyle ağ ilişkilerine göre iki bölgeyi bütünleştiren sanayi







Şekil 4.36. Bölge 6'nın mekânsal örüntüsü (heterarşik sistem)

Çalışma alanındaki farklı bölgelere ait mekânsal dizilimlere göre, nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu ve mekânsal kademelerin belirlenmesinde kentsel hizmet yoğunluğu ile hizmet çeşitliliğinin etkili olduğu çeper yerleşimlerde ve/veya sanayi ekonomisine dayalı konut-işyeri ilişkisinin hâkim olduğu yerlerde mekânsal örüntülerin merkezi yer kuramının pazar ilkesi dizilimi gösterdiği sonucuna varılmıştır. Mekânsal kademelenmenin belirlenmesinde morfolojik göstergelerin aksine kent içi hareketlilik göstergelerinin etkili olduğu ve üst kademe merkezlerin genellikle toplu taşıma hattının durakları üzerinde yer seçtiği yerleşimlerde mekânsal örüntülerin ulaşım ilkesi dizilimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Morfolojik ve ağ göstergeleri arasında önemli farklılıklar bulunan (morfolojik göstergelere göre merkezi olmayan ancak ağ göstergelerine göre üst kademe merkez özelliği taşıyan) veya iki göstergenin de yüksek yoğunlukta olduğu karmaşık ilişkilerden oluşan yerleşimlerin mekânsal örüntülerinde, doğrudan merkezi yer kuramının dizilimlerine rastlanmamış, bu yerleşimlerde yatay mekânsal ilişkiler veya çatallanmalar tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kentsel sistemler, deterministik anlayışın yerini kaotik bir yapıya sahip karmaşık sistem anlayışına bıraktığı sosyal bilimlerin epistemolojisi doğrultusunda kendi kendini organize eden dinamik sistemler olarak tanımlanmaktadır. Karmaşık ilişkilerden oluşan dinamik kentsel sistemleri açıklamada Newtoncu paradigmanın yetersiz kaldığı, yerleşim sistemi örüntülerinin ideal formlardan uzaklaşarak Öklid geometrisine indirgenemediği ve mekânın devingen olan akışlarla birlikte tanımlandığı yeni bir kent coğrafyası gelişmeye başlamıştır. Özellikle büyük şehirlerde çok sayıda etkileşimin olduğu, dinamik, doğrusal olmayan, zamana ve etkileşime bağlı olarak değişen kaotik bir yapıya sahip yerleşim örüntülerinin nasıl temsil edileceği önemli bir araştırma konusu olmuştur.

Günümüzde kentsel mekânsal örgütlenme çeşitli modeller kullanılarak farklı boyutlarıyla araştırılmaktadır. Kentsel sistem örüntülerini belirlemek için kentsel form göstergelerinin farklı boyutlarına (nüfus büyüklüğü, faaliyet yoğunluğu ve çeşitliliği, perakende sektörünün mekânsal dağılımı, yol ağının erişilebilirliği ve yürünebilirliği, bina sisteminin tipomorfolojik yapısı gibi) ve çeşitli ilişkisel ağlara (kent içi yolculukların mekânsal dağılımı, kentsel alanın mekânsal ve zamansal kullanımı gibi) yönelik farklı ele alış biçimlerinin geliştirildiği çalışmalar yer alsa da bu çalışmalar günümüz kentsel mekânsal örüntüsünün çok boyutlu yapısını temsil etmekte tekil ve yetersiz kalmaktadır. Yerleşim sistemi örüntülerine yönelik tekil göstergeler, mekânsal örgütlenmenin yalnızca belirli bir yönünü açıklayabilmektedir. Tez çalışmasında önerilen hibrit model, mevcut parçacı yaklaşımları bir araya getirerek mekân bilimcilerinin açık kentsel sistem anlayışı geliştirmelerine katkı sunmaya çalışmaktadır. Hibrit modeli diğer tekil modellerden ayıran en önemli özelliği, mekânın farklı morfolojik ve işlevsel boyutlarını sürece dâhil ederek kapsamlı bir ele alış biçimi ortaya koymasındır. Böylece, fiziksel yapıya bağlı tek boyutlu coğrafi mekân anlayışı, morfolojik ve işlevsel boyutun birlikte tanımlandığı çok boyutlu mekân anlayışına genişletilerek, kentsel sistemi oluşturan farklı boyutların ortaya çıkardığı birbirinden farklı örüntüler tanımlanabilmektedir. Bu metodoloji, başkent olması sebebiyle çok çeşitli sektörleri ve ilişkileri bünyesinde barındıran Ankara ilinin merkez ilçeleri olarak da tanımlanan ve kentsel nüfusun önemli bir kesimini içeren (%89.7) çalışma alanında test edilmiştir.

Bu kapsamda üç temel analiz adımı yürütülmüş, farklı morfolojik örüntüler ile kent içi hareketlilik akışlarının nasıl mekânsal yapılar ürettiğini gösteren hibrit yerleşim sistemi metodolojisi çerçevesi oluşturulmuştur. İlk olarak, kentsel formu açıklamada kentsel morfolojik geleneğin (Conzenci) üç biçim bileşeni (sokak sistemi, bina sistemi, arazi kullanım örüntüsü) ele alınarak çok değişkenli morfolojik örüntü endeksi üretilmiştir. Morfolojik örüntünün kümelenmesi o bölgeye ait morfolojik özelliklerin yoğunluğunu ve morfolojik açıdan baskın karakterini ortaya koymaktadır. İkinci aşamada, morfolojik örüntü endeksi sonuçlarına göre yüksek veya düşük yoğunluğa sahip bölgelerin kent içi hareketlilik verilerinden yapılan ağ analizleri ile ağ merkezilikleri belirlenmiştir. Ağ analizi sonuçları bir taraftan kent içi hareketlilik yoğunluğu üzerinde mekânın morfolojik özelliklerinin etkisini gösterirken diğer yandan morfolojik örüntü ile ağ örüntüsü arasındaki farklılıkları ortaya çıkarmıştır. Üçüncü aşamada hibrit bir model kurgulanarak morfolojik göstergeleri ve ağ özelliklerini birlikte temsil eden bütünsel merkezilik endeksi üretilmiştir. Bu analizin sonuçları, morfolojik yapı ve ağ yapısının ürettiği farklı mekânsal örüntülerin işleyişinin anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlamıştır.

Kentsel mekânsal örüntüleri çok boyutlu olarak analiz ederek mekânın örgütlenme boyutuna ilişkin açılımlar getiren bu çalışmanın, kuramsal ve uygulama boyutunda akademik yazına yaptığı katkılar üç aşamada özetlenebilir. Bunlardan ilki kentsel mekânsal örgütlenmenin değerlendirilmesine yönelik olarak getirilen açılımlardır. Mekânsal örüntünün tanımı sadece sabit olan “yerler”le değil devingen olan “akışlar”la birlikte yeniden yapılmış, morfolojik ve kent içi hareketlilik verileri ile hibrit bütünsel merkezilik endeksi elde edilmiştir. Bu endeksin elde edilmesinde kullanılan CBS teknolojisi kentsel örüntüler ve işlevsel ilişkilere ilişkin araştırmalarda önemli bir uygulama aktarımıdır. Bütünsel merkezilik endeksinin çok boyutlu olarak 39 değişken ile üretilmesi karmaşık kentsel sistemleri anlamaya yönelik kapsamlı bir bakış açısı geliştirmektedir. Akademik yazında kuramsal çerçeveye yapılan katkının yanında üretilen bu model, hem kent planlamaya hem de tasarım uygulamalarına çeşitli katkılar sunmaktadır.

Hibrit model ilk olarak, kentsel formu ve kent içi hareketliliği açıklamada bilimsel temelli analiz yöntemlerini birleştirerek nicel bir yöntem sunmayı ve GeoTasarım yaklaşımını planlama süreçlerine dâhil etmeyi sağlamaktadır. Önerilen plan kararlarının kentte merkezilik üzerine etkisinin test edilmesine ve daha iyi uygulamaları sağlayan analiz ve değerlendirme süreçlerinin yürütülmesine katkı sunmaktadır.

Önerilen model, idari sınırlar yerine gridlere dayalı bir yöntemin uygulanması ile doğrudan mekânın analiz edilmesini sağlamaktadır. Planlama çalışmalarının ilk aşaması olan analiz aşamasında, mevcut kentsel formun merkezilik derecelerinin belirlenmesi için üç temel morfolojik ögeyi ve kentsel hareketlilik göstergelerini birleştirir. Morfolojik öğelerin ve kentsel hareketliliğin yüksek veya düşük değerlerine sahip kentsel mekânların karşılaştırılmasına, potansiyel alanların ve sorun alanlarının tespit edilmesine imkân sağlar. Eşik alanlarının, merkezi alanların ve morfolojik olarak yüksek merkezilik özelliği gösteren ancak hareketlilik üretmeyen sorun alanlarının tespit edilmesini sağlar. Bu alanların mekânsal örgütlenmelerine ilişkin planlama müdahalelerinin ve uygun stratejilerin belirlenmesine katkı sunmaktadır.

Model, planlamanın fikir değerlendirme sürecinde bir alanın önceki ve sonraki durumunu karşılaştırmaya, plan kararlarının etkinliğini değerlendirmeye yardımcı olan analitik araçlar sağlar. Önerilen yöntem, yol ağında yapılacak yeni bir ulaşım önerisinin kent bütününde erişilebilirliği ve yol sistemi merkeziliğini nasıl etkileyeceğinin tespit edilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda yol ağı erişilebilirliğinin bağlantılı olduğu kentsel işlevlerin yer seçiminde rasyonel bir araçtır. Yaratıcılığı ve rasyonelliği bir çerçevede birleştiren bilimsel temelli analiz yöntemi, tasarım ve planlama sürecinde sezgisel kararların rasyonel sonuçlarının belirlenmesini sağlayacaktır.

Çalışmanın ikinci katkısı, morfolojik göstergelerden ve ağ yaklaşımından elde edilen ampirik bulguların karmaşık sistemlerin dinamiklerini yorumlamaya ve mekânsal planlama kararlarının geliştirilmesine yol gösterecek nitelikte sonuçlar sunmasıdır.

- Önerilen model, yol ağına yönelik niceliksel bir yöntem sağlarken, planlama ve tasarım çalışmaları için yol ağının arazi kullanım ile ilişkisinin yorumlanmasına katkı sunmuştur. Trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerin, yol ağının küresel bütünleşme ( $R_n$ ) ve bağlanabilirlik değerleri yüksek akslarda olduğu belirlenmiştir. Trafik akışını iyileştirmek için yapılacak müdahalelerde yol ağının bütünleşme ve bağlanabilirlik indekslerindeki değişim göz önünde bulundurularak kararların verilmesi önemlidir. Bununla birlikte toplu taşıma duraklarının kullanım yoğunluklarının yaya (TPBtA800) ve taşıt erişilebilirlik indeksi (TPBtA5000) yüksek olan yol akslarında olduğu belirlenmiştir. Bu alanlar aynı zamanda alışveriş yerlerinin yoğunlaştığı bölgelerdir. Önerilen model, ilişkilerin karmaşıklaştığı mekânsal örüntüleri okumamızı sağlamıştır. Bu alanların, tekil olarak

ticaret biriminin bulunduğu veya toplu taşıma durağının yer aldığı alanlardan farklı mekânsal gereksinimleri bulunur. Bu nedenle daha kapsamlı olarak ele alınması gerekmektedir. Belirtilen alanlar, tasarım sürecinde öncelikli alanlar olarak belirlenebilir ve toplu taşıma durakları ile ticaret alanlarının beraberinde getirdiği yoğunluklardan kaynaklı kentsel sorunlar en aza indirgenebilir. Yol ağı analizleri için önerilen Space Syntax ve sDNA yöntemi Ankara gibi büyük ve karmaşık şehirlerin planlanmasında, işlevsel ilişkilerin anlaşılmasını sağlamaktadır. Model sayesinde plancılar, trafik akışını iyileştirmek, toplu taşıma duraklarının yer seçimini yapmak, kentsel alanları daha iyi kullanılabilecek hale getirmek için düzenlemeler yapabilir.

- Önerilen modelde bina sistemi analizleri kentsel örüntünün üç boyutlu biçimleniminin izlenmesini ve yerleşim alanlarının mekânsal dağılımının belirlenmesini sağlamıştır. Çalışmada yapıli alan yoğunluğu, kent içerisinde dengeli bir dağılım göstermemiş, özellikle büyük alan kullanımı gerektiren (osb, havaalanı, hipodrom, askeri alan vb.) arazi kullanımlarında yüksek yoğunluklara ulaşmıştır. Bu arazi kullanımları merkezi yer kuramının öngördüğü bir hiyerarşik düzende yer seçmek yerine genellikle kentin batı aksı boyunca yoğunluk oluşturmuştur. Bu akstaki yüksek yapıli alan yoğunluğuna karşın güneybatı aksında oldukça düşük bir yoğunluk bulunmakta ve bu durum kent içerisinde yapıli alan yoğunluğu açısından büyük oranda dengesizlikler oluşturmaktadır. Yapılı alan yoğunluğu oluşturan işlev dağılımına yönelik politikaların kent bütünü için kurgulanması ihtiyacı doğmaktadır. Yüksek yapıli alan yoğunluklarının belirli bölgelerde yığılması ve bu ivmenin devam etmesi özellikle arazi kayıplarının artmasıyla sonuçlanarak küresel açıdan ciddi sorunları tetiklemektedir. Bu kapsamda mevcut büyümenin ivme kazanımını sınırlamaya ve yüksek yapılaşma yoğunluğunu hafifletmeye yönelik stratejiler geliştirilebilir.
- Model, nüfus dağılımını temsil eden konut alanları ile kentsel işlevlerin yer seçimi arasındaki ilişkinin sorgulanmasını sağlamıştır. Çalışma sonucunda, eğitim alanlarının, 1.kademe sağlık alanlarının (sağlık ocağı, ASM) ve aktif açık-yeşil alanların konut alanlarına yakın yer seçtiği belirlenmiştir. Bu işlevlere bağlı olarak konut yoğunluğu yüksek yerleşimlerdeki arazi kullanım çeşitliliği de (entropi) yüksektir. Konut alanlarının yoğunluğu ilçe merkezlerinde artarken, çeperlere doğru azalan bir yapı sergilemiştir. Nüfusun yoğun olduğu alanlarda temel hizmetlerdeki yoğunlaşmanın aksine özelleşmiş hizmetler nüfusla birlikte hareket etmemiştir. Bu hizmetlerden sağlık alanları için ikinci

basamak sağlık hizmetleri (özel hastaneler, dal hastaneleri vb. sağlık tesisleri) nüfusun yoğun olduğu Keçiören ilçesinin aksine Çankaya ilçesinde yer seçmiştir. Benzer olarak daha uzmanlaşmış sağlık hizmetlerinin sunulduğu üçüncü basamak sağlık tesisleri kent içerisinde nüfus yoğunluğundan bağımsız bir dağılım göstermiştir. Bu bağlamda, merkezi yer kuramının öngördüğü her ilçenin kendi büyüklüğüne göre belirlenen sayıda uzman hizmet veren kendi hastanesi olduğu kabulünü destekleyecek bir bulguya rastlanmamıştır. Aksine nüfusun düşük olduğu bölgelerde üçüncü basamak sağlık hizmetleri yer seçebilmekte veya farklı uzmanlaşmış hizmet sağlayan tesisler (dal hastaneleri) farklı ilçelerde dağılım gösterebilmektedir. Ağ modelinin önemli bir özelliği, kentsel işlevlerin hiyerarşik bir dağılım yerine yatayda birbirini tamamlayacak şekilde yayılmasıdır. Özellikle farklı alanlarda uzmanlaşmış hizmet sağlayan dal hastanelerinin tek bir odakta kümelenmek yerine kentin farklı bölgelerine yayılması sağlık tesislerinin mekânsal örgütlenmenin merkezi yer kuramı yerine ağ modelini desteklediğini göstermiştir. Çalışmada önerilen hibrit model ise sağlık tesislerinin kentteki hangi işlevlerle birlikte yer seçtiğinin belirlenmesini sağlamıştır. Modelin sonuçlarına göre, ikinci basamak sağlık tesisleri kentsel hareketlilik bölgelerine yakın yer seçme eğilimindedir. Bu bölgelerde aynı zamanda yeme-içme alanlarının ve çalışma alanlarının (kamu kurumları) da yoğun olduğu belirlenmiştir. Bu işlevler, kentte nüfusun dağılımından bağımsız hareket eden; ancak kentsel ilişkilerin artmasında önemli rol oynayan arazi kullanımlarıdır. Özellikle kentin güneybatı aksındaki düşük morfolojik yoğunluklara rağmen yüksek kent içi hareketlilik üreten işlevlerin yer alması bölgenin hibrit modele göre daha bütünleşik yapı sergilemesini sağlamıştır. Bu nedenle planlama çalışmalarında kentsel hareketlilik oluşturan işlevlerin yer seçim kararlarında hibrit model kullanımının bütünleşik bir ele alış sağlayarak etkin stratejilerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynaması öngörülmektedir. Ayrıca özel sektör yatırımlarının ağırlıkta olduğu ticaret alanlarının ve özel hastaneleri kapsayan ikinci basamak sağlık hizmetlerinin yer seçim aşamalarında teknik bir yönlendirici olarak plancının yer alması ve iletişimsel planlama kapsamında süreçlerin yönetilmesi, bu işlevlerin mekânsal örgütlenme süreçlerinin işleyişine ve kent içi hareketliliğin yönetilmesine katkı sağlayabilir.

- Model, farklı mekânsal kademelerdeki eğitim alanı örüntülerinin belirlenmesini sağlamıştır. Çalışma alanındaki en düşük mekânsal kademe olan mahalleler incelendiğinde, ilköğretim ve ortaöğretim alanları mahallenin nüfusu ve mekânsal büyüklüğüyle benzer bir dağılım göstermiştir. Özel okul kampüsleri ise diğerlerinden

farklı bir mekânsal örüntüye sahiptir. Kamusal eğitim tesislerinin mahallelerdeki dengeli dağılımının aksine özel okul kampüsleri belirli mahalle ve ilçelerde yoğunlaşma eğilimindedir. Özellikle Çankaya ve Yenimahalle ilçesi özel okul kampüslerinin yoğun olarak yer seçtiği ilçelerdir. Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde eğitim tesisi alanları, sağlık tesisi alanları, yeşil alanlar gibi sosyal ve teknik altyapı alanlarına ilişkin farklı nüfus büyüklüğüne göre kişi başına düşmesi gereken standartlar ve asgari alan büyüklükleri belirlenmiştir. Ancak kamu yatırımlarıyla asgari şartlar sağlandıktan sonra özel yatırımlarla sunulan hizmetler belirli bölgelerde yığılma eğilimi göstermektedir; bu yatırımların dengeli yönetilmesine ilişkin kapsamlı politikaların geliştirilmesine gereksinim vardır.

- Modelde morfolojik özelliklere göre yoğunluk oluşturmayan bölgelerin ağ özellikleriyle birarada değerlendirilmesi, kent içi hareketlilik üreten işlevsel bölgelerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Kent içerisinde büyük alan kullanımı gerektiren sanayi alanları ve üniversite alanları, işlevsel çeşitlilik sunmamaları ve geniş alan kaplamaları sebebiyle morfolojik yapı göstergelerine göre merkezi özellik göstermemelerine karşın bu kullanımların yüksek kent içi hareketlilik oluşturdıkları belirlenmiştir. Bu alanlar, morfolojik değerlendirmelere göre ayırıcı nitelikte olmasına rağmen ağ değerlendirmelerine göre bağlayıcı ve hareketlilik üreten bölgeler olarak işlev göstermektedir. Örneğin kentin batısında yer alan OSTİM OSB morfolojik merkeziliğe göre iki yerleşimi ayıran bir nitelikteyken, ağ merkeziliğine göre kent içi hareketlilik sağlayan birleştirici bir bölgedir. Benzer şekilde, kentin güneybatı aksında yer alan ODTÜ ve Bilkent üniversite alanları da yüksek kent içi hareketlilik oluşturan ve ağ merkeziliğine göre birleştirici bölgelerdir. Planlama çalışmalarında morfolojik ve ağ göstergelerini kapsayıcı şekilde değerlendiren hibrit modelin kullanımının, bu alanlardaki kent içi hareketliliğin getirdiği mekânsal gereksinimlerin, ulaşım ilişkilerinin ve toplu taşıma bağlantılarının belirlenmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesinde önemli bir araç olacağı öngörülmektedir.
- Önerilen model, farklı arazi kullanımlarının morfolojik ve ağ oluşturma özelliklerinin yanı sıra kentsel alanın mekânsal-zamansal kullanımına yönelik niceliksel sonuçlar ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, kentsel alanın farklı alt bölgelerinin farklı faaliyet türleriyle ilişkili olarak günün farklı saatlerinde nasıl kullanıldığı konusunda plancılara önemli çıkarımlar sağlamıştır. Çalışma alanındaki sonuçlar, gece ve gündüz kullanımı yüksek bölgelerde konut, işyeri ve ticaret alanlarının birarada yer aldığını göstermiştir.

Sadece işyeri alanlarının bulunması mekânın gündüz kullanımını artırırken hafta sonu ve gece hareketliliğinin düşmesine sebep olmuştur. Genellikle ticaret alanlarının yoğun olarak bulunduğu alışveriş merkezi gibi kullanımların ise gündüz hareketliliği daha düşük iken iş çıkış saatlerinde ve hafta sonu hareketlilik yoğunluğu artmıştır. Bu sonuçlar, farklı işlevlerin ve morfolojik bölgelerin ürettiği kentsel hareketliliğin belirlenmesi ve mekânsal müdahalelerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra mekânsal olarak benzer bölgede bulunan ve morfolojik örüntü indeksine göre aynı kümede yer almasına rağmen zamansal kullanım yoğunluklarında farklılıklar bulunan bölgeler belirlenmiştir. Ankara'nın önemli iki merkezi niteliğinde olan Kızılay ve Bahçelievler semtleri buna örnektir. Kızılay semti iş çıkış saatlerinde transit geçişler için yoğun kullanılan merkez özelliği gösterirken Bahçelievler semti gündüz ve gece kullanımı yüksek olan bir merkez özelliği sergilemiştir. Merkezlerin zamansal kullanımlarının değişmesinde yaşayan nüfusun varlığı ve farklı arazi kullanım (ticaret, işyeri, sosyo-kültürel alan) yoğunlukları etkili olmuştur. Morfolojik olarak yoğunluk oluşturan ancak kentsel hareketlilik üretmeyen bu alanların işlevsel hale getirilmesi için daha kapsamlı ele alınmasına olanak tanıyan hibrit modelin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

- Modelde kent içi hareketlilik göstergesi olarak belirlenen trafik akış örüntüsü, günün farklı saatlerinde akışın yönünün ve yoğunluğunun belirlenmesini sağlayarak kent içi bağlantıları ortaya çıkartmıştır. Yoğun akış bulunan akslarda akışın zamansal dağılımı ve yönünün arazi kullanım özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi yolculuk amacının (işyeri, eğitim, alışveriş) tahmin edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu da yoğun yolculuk akışı oluşturan alanlarda tıkanık aksların belirlenmesi ve planlama müdahalelerinin geliştirilmesi için önemli bir araç sağlamaktadır. Çalışma alanındaki sonuçlar, Ulus-Kurtuluş-Dikimevi bağlantısını sağlayan Talatpaşa bulvarında haftaiçi eğitim amaçlı yolculukların, Yenimahalle ve Keçiören ilçesinde kuzey-güney bağlantıyı sağlayan ana akslarda iş amaçlı yolculukların, kentin güneydoğusunda Natavega ve Anatolium AVM'lere bağlantıyı sağlayan Natoyolu'nda hafta sonu alışveriş amaçlı yolculukların yüksek yoğunluklu akış oluşturduğunu göstermiştir. Aynı zamanda günün yoğun saatlerinde bu akslar üzerindeki tıkanık bölgeler belirlenmiştir. Yüksek konut yoğunluğu bulunan bölgelerden yüksek arazi kullanım yoğunluğu olan bölgelere bağlantıyı sağlayan akslarda trafik akışında tıkanıklıkların yaşandığı tespit edilmiştir. Trafik akış yoğunluğunun hafifletilmesine yönelik müdahalelerin geliştirilmesinde bu bulgular göz önünde bulundurulabilir.

- Modelde kent içi hareketlilik göstergesi olarak analiz edilen toplu taşıma sistemi yolculukları, farklı morfolojik yapı özelliklerinin ürettiği yolculuk yoğunluklarının belirlenmesini sağlamıştır. Durak yoğunluklarının özellikle taşıt sürüş mesafesine ve yaya yürüyüş mesafesine göre erişilebilirliği yüksek olan ulaşım bağlantılarında arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, toplu taşıma kullanıcısının duraktan indikten sonra farklı ulaşım modlarına ve farklı kentsel işlevlere en kolay erişebileceği durakları yoğun kullandığı söylenebilmektedir. Aynı zamanda toplu taşıma durağından yaya yürüyüş mesafesi içerisinde erişilen kentsel işlevler incelendiğinde birden çok işlevin bulunduğu durakların zamansal kullanım yoğunluğunun da arttığı belirlenmiştir. Özellikle mekânsal olarak aynı bölgede bulunan ve benzer morfolojik yoğunluğa sahip olan alanlarda, arazi kullanım özelliklerindeki farklılıklar durakların zamansal kullanım yoğunluğunu etkilemiştir. Sonuçlar, yoğun ticaret alanlarına ve yüksek insan hareketlilik indeksine sahip bölgelerde durakların gece ve gündüz kullanımının yüksek olduğunu göstermiştir. Benzer olarak işyerlerine ve üniversitelere bağlantı sağlayan duraklarda yaşayan nüfus yoğunluğu ve insan hareketlilik indeksi yüksek ise durakların kullanım yoğunluğu yüksektir. Ancak bu işlevlerden sadece birini veya birkaçını içeren bölgelerde durak kullanım yoğunlukları işleve bağlı olarak belirli saatlerde (iş ve okul saatleri gibi) yüksek iken özellikle gece saatlerinde yoğunlukları düşmüştür. Askeri bölgelere ulaşımı sağlayan hafif raylı sistem duraklarında ise hafta içi kullanım yoğunluğu oldukça düşük olmakla birlikte hafta sonu yoğunlukları artış göstermiştir. Bu çalışma, toplu taşıma sistemi duraklarının zamansal mekânsal kullanım yoğunluğunun değişiminde durakların çevresinde sunulan işlevlerin ve morfolojik indekslerin (yol ağı erişilebilirlik indeksleri) etkili olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, özellikle durak yer seçiminde ve çevre ilişkilerinin tasarımında dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda hibrit model sonuçları, toplu taşıma sistemine yönelik yatırımın yapılabileceği öncelikli alanların tespit edilmesini sağlamıştır. Önerilen model sonucunda hem yüksek morfolojik yoğunluk hem de yüksek kent içi hareketliliğin olduğu birinci ve ikinci kademe merkezler toplu taşıma sistemi için öncelikli yatırım alanları olarak belirlenebilir.

Çalışmanın üçüncü katkısı ise, Christaller'in altıgen dağılımlarını oluşturabilen mekânsal örüntülerin varlığı düzenli bir üçgen kafes üzerinde farklı fiziksel ve işlevsel özelliklere sahip merkez-çevre modelleri için kanıtlanmıştır. Aynı zamanda düzenli altıgen sistemdeki çatalanmalar ve ağ kuramındaki heterarşik ilişkilerin oluşturduğu mekânsal örgütlenmelerin belirlenmesini sağlamıştır. Kentsel mekânsal örüntüleri anlamaya yönelik geliştirilen hibrit

model, karmaşık sistemleri basitleştirerek sistemin işleyişini anlama imkânı sunmaktadır. Gerçekte kentsel mekânsal örgütlenme daha karmaşık bir yapı sergilese de kuramların geçerli olduğu mekânsal örgütlenmelerin belirlenmesi karmaşık sistemlerin okunması açısından önemlidir. Merkezi yer kuramının pazar ( $k=3$ ) ilkesi dizilimini gösteren alanlar, genellikle kentsel hizmet yoğunluğu ve çeşitliliği yüksek olan ve/veya endüstriyel ekonomiye dayalı konut-işyeri ilişkileriyle tanımlanan çeper yerleşimlerdir. Mekânsal kademelenmenin belirlenmesinde morfolojik göstergelerin aksine kent içi hareketlilik göstergelerinin öne çıktığı hafif raylı sistem bağlantıları bulunan yerleşimlerde mekânsal örüntülerin ulaşım ilkesi dizilimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Morfolojik ve ağ göstergelerinin ikisine göre de yüksek yoğunluklu örüntülere sahip karmaşık ilişkilerden oluşan yerleşimlerin mekânsal örgütlenmelerinde ise doğrudan merkezi yer kuramının dizilimlerine rastlanmamış, bu yerleşimlerde ağ kuramının tanımladığı heterarşik ilişkiler veya çatallanmalar tespit edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, yerleşim sistemlerinin merkezi yer kuramının tanımladığı hiyerarşik yapıların ve ağ sistemlerinin tanımladığı heterarşik yapıların bir araya gelmelerinin sonucu geliştiğini ortaya koymuştur.

Çalışmanın en temel özgünlüğü, yerleşim sistemlerinin mekânsal örgütlenmesinin morfolojik ve işlevsel açıdan farklı boyutlarıyla ölçülmesi ve merkezi yer ile ağ kuramlarını bir arada kullanan hibrit bir model önerisi geliştirilmesidir. Araştırma, kent planlamanın analiz ve değerlendirme süreçlerinin yürütülmesine ve kentlerde farklı işlevlerin yer seçim sürecine yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sunmaktadır. Tek boyutlu coğrafi mekân yerine kentsel sistemin mekânsal-zamansal boyutunu sürece dâhil etmesi bu çalışmayı mevcut tekil modellerden ayırmaktadır. Sonuç olarak, karmaşık kentsel sistemlerin çok boyutlu yapısını izleyebilmemizi sağlayan ve farklı kentlere uygulanabilir bir yöntemin üretilmesi araştırmanın en güçlü sonucudur.

Gelecek çalışmalarda, önerilen model kentsel mekânın farklı boyutlarıyla geliştirilebilir. Çalışmaya sosyo-ekonomik verilerin dâhil edilmesiyle yerleşim sistemlerinin alt bölgelerindeki mekânsal örgütlenmenin farklılaşması yorumlanabilir. Çalışma alanının sosyo-ekonomik portresini belirlemek için mekânsal veri oldukça sınırlıdır. Veriye erişim bu çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır. Çalışmanın bir diğer sınırlılığı kent içi yolculukların başlangıç ve bitiş noktalarının bilinmemesi, yolculuğun hangi amaçla ve ne kadar süreyle yapıldığına dair kapsamlı bir veri setinin bulunmamasıdır. Bu sınırın büyük ölçekli anket çalışmaları yürütülerek aşılabileceği gelecek çalışmalarda, günlük kent içi

yolculukların akış mekânına dayalı analizleri yapılabilir. Bu çalışmalar, karmaşık kentsel sistemlerin anlaşılmasında yeni açılımlar sağlayacaktır.

Kentsel mekânsal örüntüyü oluşturan farklı arazi kullanım türlerinin dağılım modelleri kapsamlı olarak araştırılabilir ve aralarındaki farklı dizilim özellikleri sorgulanabilir. Bu dizilimlerim farklı ülkelerden farklı kentlerde karşılaştırmalı sonuçları incelenebilir.

Çalışmanın analitik birimi olarak veri setine ait açıklayıcı veri analizlerinin (quadrat count, Kernel density ve average nearest neighbor) yapılması sonucu belirlenen 1 km<sup>2</sup> ızgara büyüklüğünün, ilerleyen araştırmalarda özellikle tasarım çalışmaları için daha küçük ızgara büyüklükleriyle değiştirildiği mikro ölçekli analizler yapılarak araştırma ilerletilebilir. Aynı zamanda farklı arazi kullanımları eklenerek model geliştirilebilir.

Çalışma, mekânsal örgütlenmenin morfolojik ve işlevsel yapısına odaklandığı için geçmişe dair arazi kullanım değişimleri, kent çeperlerindeki büyüme, kentsel formun ve ilişkisel ağların sosyo-ekonomik yapısı vb. unsurlar çalışma kapsamına dâhil edilmemiştir. İlerleyen çalışmalarda bu boyutların dâhil edildiği modellerin geliştirilmesi karmaşık kentsel sistemlerin yorumlanmasına ve kent planlama stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abbasi, A., and Hossein Rashidi, T. (2021). Human urban mobility, personal or global? *Transportation Letters*, 13(2), 77-82.
- Al Sayed, K., Turner, A., Hillier, B., Iida, S., and Penn, A. (2014). *Space Syntax Methodology: Bartlett School of Architecture* (Dördüncü Baskı). Londra: University of London, 73-89.
- Anas, A., Arnott, R., and Small, K. A. (1998). Urban spatial structure. *Journal of Economic Literature*, 36(3), 1426-1464.
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115.
- Arcaute, E., Hatna, E., Ferguson, P., Youn, H., Johansson, A., and Batty, M. (2015). Constructing cities, deconstructing scaling laws. *Journal of the Royal Society Interface*, 12(102), 1-8.
- Arshad, S., Hu, S., and Ashraf, B. N. (2018). Zipf's law and city size distribution: A survey of the literature and future research agenda. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 492, 75-92.
- As-Syakur, A. R., Adnyana, I. W. S., Arthana, I. W., and Nuarsa, I. W. (2012). Enhanced built-up and bareness index (EBBI) for mapping built-up and bare land in an urban area. *Remote Sensing*, 4(10), 2957-2970.
- Auerbach, F. (1913). Das gesetz der bevölkerungskonzentration. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 59, 74-76.
- Aydın, M. B. S., ve Kahraman, E. D. (2019). Kompakt kent ölçütlerinden biri olan yoğunluk tespiti ve değerlendirmesi: Türkiye kentleri (İl merkezleri) örneği. *Planlama*, 29(2), 171-193.
- Bajardi, P., Poletto, C., Ramasco, J. J., Tizzoni, M., Colizza, V., and Vespignani, A. (2011). Human mobility networks, travel restrictions, and the global spread of 2009 H1N1 pandemic. *PloS one*, 6(1), 1-8.
- Bajracharya, P., and Sultana, S. (2020). Rank-size distribution of cities and municipalities in Bangladesh. *Sustainability*, 12(11), 4643.
- Bassani, F., Garbero, V., Poggi, D., Ridolfi, L., von Hardenberg, J., and Milelli, M. (2022). An innovative approach to select urban-rural sites for Urban Heat Island analysis: The case of Turin (Italy). *Urban Climate*, 42, 101099.
- Batten, D. F. (1995). Network cities: creative urban agglomerations for the 21st century. *Urban studies*, 32(2), 313-327.
- Batty, M. (1995). New ways of looking at cities. *Nature*, 377(6550), 574-574.

- Batty, M. (2006). Hierarchy in cities and city systems. *Hierarchy in Natural and Social Sciences*, 143-168.
- Batty, M. (2016). Complexity in city systems: understanding, evolution, and design. In G. De Roo and E.A. Silva (Eds). *A planner's encounter with complexity*. Abingdon: Routledge, 99-122.
- Baynes, T. M. (2009). Complexity in urban development and management: Historical overview and opportunities. *Journal of Industrial Ecology*, 13(2), 214-227.
- Baytekin, E., ve Özöduru, B. H. (2022). Kent formunu anlamak: mekânsal tasarım ağ analizi (Sdna) yöntemi ile İstanbul ve Ankara merkezi iş alanlarında yol ağı ve yürünebilirlik incelemesi. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı*, 529-552.
- Beames, A., Broekx, S., Schneidewind, U., Landuyt, D., van der Meulen, M., Heijungs, R., and Seuntjens, P. (2018). Amenity proximity analysis for sustainable brownfield redevelopment planning. *Landscape and Urban Planning*, 171, 68-79.
- Beckmann, M. J. (1958). City hierarchies and the distribution of city size. *Economic Development and Cultural Change*, 6(3), 243-248.
- Benkert, M., Gudmundsson, J., Hübner, F., and Wolle, T. (2008). Reporting flock patterns. *Computational Geometry*, 41(3), 111-125.
- Berry, B. J., and Okulicz-Kozaryn, A. (2012). The city size distribution debate: Resolution for US urban regions and megalopolitan areas. *Cities*, 29, 17-23.
- Bhatta, B., and Bhatta, B. (2010). Causes and consequences of urban growth and sprawl. *Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data*, 17-36.
- Bhatti, S. S., and Tripathi, N. K. (2014). Built-up area extraction using Landsat 8 OLI imagery. *GIScience & Remote Sensing*, 51(4), 445-467.
- Bouhennache, R., Bouden, T., Taleb, A. A., and Chaddad, A. (2015). Extraction of urban land features from TM Landsat image using the land features index and Tasseled cap transformation. *Recent Advances on Electrosence and Computers*, 142-147.
- Bouzekri, S., Lasbet, A. A., and Lachehab, A. (2015). A new spectral index for extraction of built-up area using Landsat-8 data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43, 867-873.
- Brenner, N. (2014). *Implosions / Explosions: Towards a Study of Planetary Urbanization*. Berlin: Jovis Publisher, 14-164.
- Burger, M. J., Meijers, E. J., and Van Oort, F. G. (2014b). Regional spatial structure and retail amenities in the Netherlands. *Regional Studies*, 48(12), 1972-1992.
- Burger, M. J., Van Der Knaap, B., and Wall, R. S. (2014a). Polycentricity and the multiplexity of urban networks. *European Planning Studies*, 22(4), 816-840.
- Burger, M., and Meijers, E. (2012). Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity. *Urban Studies*, 49(5), 1127-1149.

- Burton, I. (1963). A restatement of the dispersed city hypothesis. *Annals of the Association of American Geographers*, 53(3), 285-289.
- Camagni, R. P., and Salone, C. (1993). Network urban structures in northern Italy: elements for a theoretical framework. *Urban Studies*, 30(6), 1053-1064.
- Castells, M. (1999). Grassrooting the space of flows. *Urban Geography*, 20(4), 294-302.
- Cervero, R., and Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. Transportation research part D: *Transport and Environment*, 2(3), 199-219.
- Champion, A. G. (2001). A changing demographic regime and evolving poly centric urban regions: Consequences for the size, composition and distribution of city populations. *Urban Studies*, 38(4), 657-677.
- Chen, C., Ma, J., Susilo, Y., Liu, Y., and Wang, M. (2016). The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 68, 285-299.
- Chen, D., Yan, X., Liu, F., Liu, X., Wang, L., and Zhang, J. (2019). Evaluating and diagnosing road intersection operation performance using floating car data. *Sensors*, 19(10), 2256.
- Christaller, W. (1966). *Central Places in Southern Germany*. NJ: Englewood Cliffs, 70.
- Chu, Q. W., Zhang, H. Q., Wu, Y. W., Feng, Z. K., and Chen, B. (2013). Application research of Landsat-8. *Remote Sensing Information*, 28(4), 110-114.
- Çiftçi, M. (2018). Türkiye’de bölgelerarası sektörel verimliliğin analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 551-580.
- Cleve, C., Kelly, M., Kearns, F. R., and Moritz, M. (2008). Classification of the wildland–urban interface: A comparison of pixel-and object-based classifications using high-resolution aerial photography. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(4), 317-326.
- Coffey, W. J. (1998). Urban systems research: an overview. *Canadian Journal of Regional Science*, 21(3), 327-364.
- Cohen, B. (2006). Urbanization in developing countries: Current trends, future projections, and key challenges for sustainability. *Technology in Society*, 28(1-2), 63-80.
- Colombo, G. B., Chorley, M. J., Williams, M. J., Allen, S. M., and Whitaker, R. M. (2012, March). *You are Where You Eat: Foursquare Checkins as Indicators of Human Mobility and Behaviour*. 2012 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, Switzerland, 217-222.
- Conzen, M. P. (2010). The elusive common denominator in understanding urban form MP Conzen. *Urban Morphology*, 14(1), 55-58.
- Conzen, M. R. (1969). *Alnwick, Northumberland*. UK: Institute of British Geographers, 3-16.

- Davies, W. K. (1967). Centrality and the central place hierarchy. *Urban Studies*, 4(1), 61-79.
- Davoudi, S. (2003). European briefing: Polycentricity in European spatial planning: From an analytical tool to a normative agenda. *European Planning Studies*, 11(8), 979-999.
- Deng, Y., Chen, C., Xia, K., Yang, K., Sun, C., and Zheng, X. (2018). Investigation on the characteristics of overlying strata caving in the Chengchao Iron Mine, China. *Environmental Earth Sciences*, 77, 1-25.
- Dessementet, P., Kaufmann, V., and Jemelin, C. (2010). Switzerland as a single metropolitan area? A study of its commuting network. *Urban Studies*, 47(13), 2785-2802.
- Ding, C., and He, X. (2004, July). *K-Means Clustering via Principal Component Analysis*. Twenty-First International Conference on Machine Learning, Canada, 29.
- Durán, R. J., and Condorí, M. Á. (2019). Deprivation index for small areas based on census data in Argentina. *Social Indicators Research*, 141, 331-363.
- Eagle, N., and Pentland, A. S. (2009). Eigenbehaviors: Identifying structure in routine. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63, 1057-1066.
- Ehmke, J. F., Meisel, S., and Mattfeld, D. C. (2012). Floating car based travel times for city logistics. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 21(1), 338-352.
- Ersoy, M. (2009). *Kentsel Planlamada Arazi Kullanım Standartları*. Ankara: BRC Basım Matbaacılık, 118.
- ESPON, 2005. *Potentials for Polycentric Development in Europe Project Report*. Sweden: Nordregio, 45-48.
- ESPON, 2013. *Town Small and Medium Sized Towns in Their Functional Territorial Context*. Luxembourg: ESPON & KU Leuven, 3-45.
- Ferguson, E., and Cox, T. (1993). Exploratory factor analysis: A users' guide. *International Journal of Selection and Assessment*, 1(2), 84-94.
- Field, A. (2000). *Discovering Statistics Using SPSS for Windows*. London: Thousand Oaks, Sage Publications, 423-471.
- Firozjaei, M. K., Sedighi, A., Kiavarz, M., Qureshi, S., Haase, D., and Alavipanah, S. K. (2019). Automated built-up extraction index: A new technique for mapping surface built-up areas using LANDSAT 8 OLI imagery. *Remote Sensing*, 11(17), 1966.
- Foote, R. (2007). Mathematics and complex systems. *Science*, 318(5849), 410-412.
- Fu, B., Yu, D., and Zhang, Y. (2019). The livable urban landscape: GIS and remote sensing extracted land use assessment for urban livability in Changchun Proper, China. *Land Use Policy*, 87, 104048.
- Fujita, M., Krugman, P., and Mori, T. (1999). On the evolution of hierarchical urban systems. *European Economic Review*, 43(2), 209-251.

- Gabaix, X. (1999). Zipf's law for cities: an explanation. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(3), 739-767.
- Gan, L., Li, D., and Song, S. (2006). Is the Zipf law spurious in explaining city-size distributions? *Economics Letters*, 92(2), 256-262.
- Gao, S. (2015). Spatio-temporal analytics for exploring human mobility patterns and urban dynamics in the mobile age. *Spatial Cognition and Computation*, 15(2), 86-114.
- Gao, Y., Cheng, J., Meng, H., and Liu, Y. (2019). Measuring spatio-temporal autocorrelation in time series data of collective human mobility. *Geo-spatial Information Science*, 22(3), 166-173.
- Getis, A., and Getis, J. (1966). Christaller's central place theory. *Journal of Geography*, 65(5), 220-226.
- Giannotti, F., Nanni, M., Pinelli, F., and Pedreschi, D. (2007, August). *Trajectory Pattern Mining*. 13th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, USA, 330-339.
- Giesen, K., and Südekum, J. (2011). Zipf's law for cities in the regions and the country. *Journal of Economic Geography*, 11(4), 667-686.
- Gonzalez, M. C., Hidalgo, C. A., and Barabasi, A. L. (2008). Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, 453(7196), 779-782.
- Gottmann, J. (1961). *Megalopolis: The Urbanized Northeastern Seaboard of the United States* (Sekizinci Baskı). New York: Twentieth Century Fund, 189-200.
- Gouda, A. A., and Masoumi, H. E. (2018). Compactness, connectivity, and walking accessibility on the neighborhood level according to sustainability certifications: improvement or downgrade? A case study of Cairo, Egypt. *Journal of Geographical Systems*, 20(4), 413-449.
- Goulet-Langlois, G., Koutsopoulos, H. N., Zhao, Z., and Zhao, J. (2017). Measuring regularity of individual travel patterns. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(5), 1583-1592.
- Green, N. (2007). Functional polycentricity: A formal definition in terms of social network analysis. *Urban Studies*, 44(11), 2077-2103.
- Griffith, D. A. (2009). Spatial autocorrelation in spatial interaction: complexity-to-simplicity in journey-to-work flows. In A. Reggiani and P. Nijkamp (Eds). *Complexity and spatial networks: in search of simplicity*. Berlin: Springer, 221-237.
- Guindon, B., Zhang, Y., and Dillabaugh, C. (2004). Landsat urban mapping based on a combined spectral-spatial methodology. *Remote Sensing of Environment*, 92(2), 218-232.
- Günay, M. B., and Kubat, A. S. (2022). Bir Cumhuriyet başkentinin değişen morfolojik yapısı: Ankara örneği. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı*, 457-489.

- Haggett, P. (1965). *Locational Analysis in Human Geography*. London: Edward Arnold, 114-153.
- Haggett, P., and Chorley, R. J. (1969). *Network Analysis in Geography*. New York: St. Martin's, 3-6.
- Hague, C., and Kirk, K. (2003). *Polycentricity Scoping Study*. London: Office of the Deputy Prime Minister, 4-33.
- Hair, J. F. Jr., Bush, R. P., and Ortinau, D. J. (2006). *Marketing Research: Within a Changing Information Environment* (Üçüncü Baskı.). New York: McGraw-Hill, 114.
- Harris, C. D., and Ullman, E. L. (1945). The nature of cities. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 242(1), 7-17.
- Hasan, S., Schneider, C. M., Ukkusuri, S. V., and González, M. C. (2013). Spatiotemporal patterns of urban human mobility. *Journal of Statistical Physics*, 151, 304-318.
- Hasan, S., Zhan, X., and Ukkusuri, S. V. (2013, August). *Understanding Urban Human Activity and Mobility Patterns Using Large-Scale Location-Based Data from Online Social Media*. 2nd ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing, Chicago, 1-8.
- He, C., Shi, P., Xie, D., and Zhao, Y. (2010). Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. *Remote Sensing Letters*, 1(4), 213-221.
- Hillier, B. (2007). Space is the machine: A configurational theory of architecture. *Journal of Urban Design*, (3), 333-335.
- Hillier, B., and Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge, 82-142.
- Hillier, B., and Iida, S. (2005, September). *Network and Psychological Effects in Urban Movement*. International Conference on Spatial Information Theory, Berlin Heidelberg, 475-490.
- Hillier, B., and Vaughan, L. (2007). The city as one thing. *Progress in Planning*, 67(3), 205-230.
- Hillier, B., Turner, A., Yang, T., and Park, H. T. (2009). Metric and topo-geometric properties of urban street networks: some convergences, divergences and new results. *Journal of Space Syntax Studies*, 1-21.
- Horanont, T., Witayangkurn, A., Sekimoto, Y., and Shibasaki, R. (2013). Large-scale auto-GPS analysis for discerning behavior change during crisis. *IEEE Intelligent Systems*, 28(4), 26-34.
- Hoyt, H. (1939). *The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities*. Washington DC: Federal Housing Administration, 178.

- Hsu, W. T., Holmes, T. J., and Morgan, F. (2014). Optimal city hierarchy: A dynamic programming approach to central place theory. *Journal of Economic Theory*, 154, 245-273.
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., and Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 1-6.
- Huang, T., Shi, Q. S., Shi, Q. D., and Anayeti, A. (2013). Validate classification precision of low spatial resolution remote sensing data by using high spatial resolution data. *Journal of Xinjiang University*, 30(2), 238-242.
- Huang, Z., Ling, X., Wang, P., Zhang, F., Mao, Y., Lin, T., and Wang, F. Y. (2018). Modeling real-time human mobility based on mobile phone and transportation data fusion. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 96, 251-269.
- Ikeda, K., Murota, K., and Akamatsu, T. (2012). Self-organization of Lösch's hexagons in economic agglomeration for core-periphery models. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 22(08), 1230026.
- Isard, W. (1956). *Location and Space-Economy*. London: The Technology Press of Massachusetts Institute of Technology, 261-283.
- İnternet: Ankara Büyükşehir Belediyesinin Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı. URL: <https://www.ankara.bel.tr/cevrekorumavekontrol/peyzaj-uygulama/ilce-parklari>, Son Erişim Tarihi: 22.12.2022.
- İnternet: Cooper, C. (2018) Spatial Design Network Analysis (sDNA) version 3.4 Manual. Cardiff University. URL: <http://www.cardiff.ac.uk/sdna/software/documentation>, Son Erişim Tarihi: 22.09.2022.
- İnternet: Devlet Tiyatroları Genel Müdürlüğü. URL: <https://www.devtiyatrolari.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 22.12.2022.
- İnternet: Google Maps. URL: <https://support.google.com/maps/answer/11323117?hl=en> , Son Erişim Tarihi: 24.06.2023.
- İnternet: Kültür ve Turizm Bakanlığı. URL: <https://ankara.ktb.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 22.12.2022.
- İnternet: Milli Eğitim Bakanlığı. URL: <https://mebbis.meb.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 22.12.2022.
- İnternet: Sağlık Bakanlığı. URL: Ankara İl Sağlık Müdürlüğü. <https://ankaraism.saglik.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 15.11.2022.
- İnternet: USGS. URL: <http://glovis.usgs.gov/>, Son Erişim Tarihi: 27.10.2022.
- İnternet: TÜİK. URL: <https://cip.tuik.gov.tr/>, Son Erişim Tarihi: 25.07.2023.
- Jiang, B., Yin, J., and Liu, Q. (2015). Zipf's law for all the natural cities around the world. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(3), 498-522.

- Jiang, S., Ferreira Jr, J., and Gonzalez, M. C. (2012, August). *Discovering Urban Spatial-Temporal Structure from Human Activity Patterns*. 18th ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing, China, 95-102.
- Jittrapirom, P., Caiati, V., Feneri, A. M., Ebrahimigharehbaghi, S., Alonso-González, M. J., and Narayan, J. (2017). Mobility as a service: A critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges. *Urban Planning*, 2(2), 13-25.
- Jolliffe, I. T., and Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202.
- Joosten, V., and Van Nes, A. (2005, June). *How Block Types Influences the Natural Movement Economic Process: Micro-Spatial Conditions on the Dispersal of Shops and Café in Berlin*. 5th International Space Syntax Symposium, Delft, 13-17.
- Kaimaris, D., and Patias, P. (2016). Identification and area measurement of the built-up area with the Built-up Index (BUI). *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 5(1), 1844-1858.
- Kaiser, M. O. (1974). Kaiser-Meyer-Olkin measure for identity correlation matrix. *Journal of the Royal Statistical Society*, 52(1), 296-298.
- Katz, R. L., and Koutroumpis, P. (2013). Measuring digitization: A growth and welfare multiplier. *Technovation*, 33(10-11), 314-319.
- Kawamura, M. (1996). *Relation Between Social and Environmental Conditions in Colombo Sri Lanka and the Urban Index Estimated by Satellite Remote Sensing Data*. 51st Annual Conference of the Japan Society of Civil Engineers, Vienna, 190-191.
- Kılınçaslan, İ. (2018). *Kent ekonomisi (İkinci Baskı)*. Türkiye: Nivona Yayınları, 312-318.
- King, L. J. (2020). *Central place theory*. Morgantown: Regional Research Institute, West Virginia University, 20-60.
- Klarqvist, B. (1993). *A space syntax glossary*. Norway: Nordisk Arkitekturforskning, 11-12.
- Kloosterman, R. C., and Musterd, S. (2001). The polycentric urban region: towards a research agenda. *Urban Studies*, 38(4), 623-633.
- Knapp, W., and Schmitt, P. (2003). Re-structuring competitive metropolitan regions in north-west europe: on territory and governance. *European Journal of Spatial Development*, 1(6), 1-42.
- Koohsari, M. J., Oka, K., Owen, N., and Sugiyama, T. (2019). Natural movement: A space syntax theory linking urban form and function with walking for transport. *Health & Place*, 58, 102072.
- Kostakos, V. (2010). Space syntax and pervasive systems. *Geospatial Analysis and Modelling of Urban Structure and Dynamics*, 31-52.

- Krugman, P. (1996). Confronting the mystery of urban hierarchy. *Journal of the Japanese and International Economies*, 10(4), 399-418.
- Kshetri, T. (2018). Ndvi, ndbi & ndwi calculation using landsat 7, 8. *GeoWorld*, 2, 32-34.
- Kumar, A., Pandey, A. C., and Jeyaseelan, A. T. (2012). Built-up and vegetation extraction and density mapping using WorldView-II. *Geocarto International*, 27(7), 557-568.
- Kun, Z., Yankun, C., Wende, C., and Peihao, P. (2022). Source identification and spatial distribution of heavy metals in soil of central urban area of Chongqing, China. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 1-18.
- Ladyman, J., Lambert, J., and Wiesner, K. (2013). What is a complex system? *European Journal for Philosophy of Science*, 3, 33-67.
- Larkham, P. J., and Jones, A. N. (1991). *A Glossary of Urban Form*. Historical Geography Research Series. Birmingham: Urban Morphology Research Group, University of Birmingham, 98.
- Lerman, Y., Rofè, Y., and Omer, I. (2014). Using space syntax to model pedestrian movement in urban transportation planning. *Geographical Analysis*, 46(4), 392-410.
- Li, J., Qian, J., and Liu, Y. (2017). A novel analysis method of geographical centrality based on space of flows. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(5), 153.
- Li, M. Y. (2012). Research on early warning system of financial risk in China-based on K-means clustering algorithm and BP neural network. *Journal of Central University of Finance and Economics*, 10.
- Li, S., Xu, L., Jing, Y., Yin, H., Li, X., and Guan, X. (2021). High-quality vegetation index product generation: A review of NDVI time series reconstruction techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 105, 102640.
- Li, W., and Yang, Y. (2002). Zipf's law in importance of genes for cancer classification using microarray data. *Journal of Theoretical Biology*, 219(4), 539-551.
- Li, X., Lv, Z., Zheng, Z., Zhong, C., Hijazi, I. H., and Cheng, S. (2017). Assessment of lively street network based on geographic information system and space syntax. *Multimedia Tools and Applications*, 76, 17801-17819.
- Li, Y., Xiao, L., Ye, Y., Xu, W., and Law, A. (2016). Understanding tourist space at a historic site through space syntax analysis: The case of Gulangyu, China. *Tourism Management*, 52, 30-43.
- Liu, X., and Ban, Y. (2013). Uncovering spatio-temporal cluster patterns using massive floating car data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2(2), 371-384.
- Long, J. A., and Nelson, T. A. (2013). A review of quantitative methods for movement data. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(2), 292-318.

- Lösch, A., Woglom, W. H., and Stolper, W. F. (1954). *The Economics of Location*. London: Yale University Press, 520.
- Lu, X., Bengtsson, L., and Holme, P. (2012). Predictability of population displacement after the 2010 Haiti earthquake. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(29), 11576-11581.
- Maghnati, F., Ling, K. C., and Nasermodeli, A. (2012). Exploring the relationship between experiential marketing and experiential value in the smartphone industry. *International Business Research*, 5(11), 169.
- Malhotra, N., Hall, J., Shaw, M., and Oppenheim, P. (2006). *Marketing Research: An Applied Orientation*. Australia: Deakin University, 912.
- Marcus, L. (2010). Spatial capital. *Journal of Space Syntax*, 1(1), 30-40.
- Meijers, E. (2007). From central place to network model: theory and evidence of a paradigm change. *Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie*, 98(2), 245-259.
- Meijers, E. (2008). Measuring polycentricity and its promises. *European Planning Studies*, 16(9), 1313-1323.
- Mitchell Hess, P., Vernez Moudon, A., and Logsdon, M. G. (2001). Measuring land use patterns for transportation research. *Transportation Research Record*, 1780(1), 17-24.
- Moghaddam, M. H. R., Sedighi, A., Fasihi, S., and Firozjaei, M. K. (2018). Effect of environmental policies in combating aeolian desertification over Sejzy Plain of Iran. *Aeolian Research*, 35, 19-28.
- Moudon, A. V. (1997). Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. *Urban Morphology*, 1(1), 3-10.
- Mulligan, G. F., Partridge, M. D., and Carruthers, J. I. (2012). Central place theory and its reemergence in regional science. *The Annals of Regional Science*, 48, 405-431.
- Mwakapuja, F., Liwa, E., and Kashaigili, J. (2013). Usage of indices for extraction of built-up areas and vegetation features from landsat TM image: a case of Dar es Salaam and Kisarawe peri-urban areas, Tanzania. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 3(7), 273-283.
- Nakoinz, O. (2012). Models of centrality. *Journal of Ancient Studies*, 3, 217-223.
- Nasution, S. T. A., Putri, D. A., and Hasibuan, T. F. H. (2023). An Analysis Factor Through Kaiser-Meyer-Olkin: Disclosing Audit Tenure In Banking Companies Listed On Indonesia Stock Exchange 2019–2022. *Jurnal Ekonomi*, 12(01), 1694-1700.
- Newman, P. W. (1999). Sustainability and cities: extending the metabolism model. *Landscape and Urban Planning*, 44(4), 219-226.
- Nota, F., and Song, S. (2012). Further analysis of the Zipf's law: Does the rank-size rule really exist?. *Journal of Urban Management*, 1(2), 19-31.

- Özkök, M. K., ve Yenen, Z. (2022). Kentsel mekânın değişim sürecini" hareket" kavramı çerçevesinde incelemeye yönelik bir yöntem önerisi. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı*, 909-932.
- Pafka, E., Dovey, K., and Aschwanden, G. D. (2020). Limits of space syntax for urban design: Axiality, scale and sinuosity. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(3), 508-522.
- Palma, A. T., Bogorny, V., Kuijpers, B., and Alvares, L. O. (2008, March). *A Clustering-Based Approach for Discovering Interesting Places in Trajectories*. ACM Symposium on Applied Computing, Brazil, 863-868.
- Parr, J. (2004). The polycentric urban region: A closer inspection. *Regional Studies*, 38(3), 231-240.
- Parr, J. B. (2014). The regional economy, spatial structure and regional urban systems. *Regional Studies*, 48(12), 1926-1938.
- Parr, J. B. (2017). Central Place Theory: An Evaluation. *Review of Urban & Regional Development Studies*, 29, 3.
- Park, R. E., and Burgess, E. W. (1925). Chicago. *Condor*, 102, 848-854.
- Patuelli, R., Reggiani, A., Nijkamp, P., and Bade, F. J. (2009). Spatial and commuting networks: a unifying perspective. In A. Reggiani and P. Nijkamp (Eds), *Complexity and spatial networks: In search of simplicity*. Berlin: Springer, 257-271.
- Peng, C., Jin, X., Wong, K. C., Shi, M., and Liò, P. (2012). Collective human mobility pattern from taxi trips in urban area. *PloS One*, 7(4), e34487.
- Pereira, R. H. M., Nadalin, V., Monasterio, L., and Albuquerque, P. H. (2013). Urban centrality: a simple index. *Geographical Analysis*, 45(1), 77-89.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., and Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503-510.
- Porta, S., and Renne, J. L. (2005). Linking urban design to sustainability: formal indicators of social urban sustainability field research in Perth, Western Australia. *Urban Design International*, 10, 51-64.
- Portugali, J., Meyer, H., Stolk, E., and Tan, E. (Eds). (2012). *Complexity theories of cities have come of age: An overview with implications to urban planning and design*, London: Springer, 207-220.
- Pred, A. (2017). *City-Systems in Advanced Economies: Past Growth, Present Processes and Future Development Options*. UK: Routledge, 98-173.
- Pumain, D. (1992). Urban networks versus urban hierarchies? *Environment and Planning A*, (10), 1377-1380.

- Purnama, I. B. I., Bergmann, N., Jurdak, R., and Zhao, K. (2015, August). *Characterising and Predicting Urban Mobility Dynamics by Mining Bike Sharing System Data*. 2015 IEEE 12th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing, China, 159-167.
- Rashidi, T. H., Abbasi, A., Maghrebi, M., Hasan, S., and Waller, T. S. (2017). Exploring the capacity of social media data for modelling travel behaviour: Opportunities and challenges. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 75, 197-211.
- Rastvortseva, S., and Manaeva, I. (2016). Zipf's law appearance in the Russian cities. *Regional Science Inquiry*, 8(1), 51-59.
- Reid, R. J., Yu, D., and Garcia-Reid, P. (2014). Preventing substance abuse and HIV/AIDS among urban minority youth: Evidence from a university-community partnership. *Journal of Addiction Research & Therapy*, 5(3), 1-5.
- Reilly, W. J. (1931). *The law of retail gravitation*. New York: Pillsbury Publishers, 75.
- Rind, D. (1999). Complexity and climate. *Science*, 284(5411), 105-107.
- Roy, S., and Barua, S. Assessment of vehicle emission inventories at urban roads using principal component analysis. *Journal of Recent Activities in Infrastructure*, 5(2), 12-19.
- Saey, P. (2008). The study of cities: Historical and structural approaches. *GaWC Research Bulletin*, 276.
- Satılmış, E. Ş., Büyükcivelek, İ. A., & Varol, C. (2021). Kent sağlığı ve covid-19 kapsamında sağlık hizmetleri mekânsal yer seçiminin değerlendirilmesi: Ankara Çankaya ilçesi örneği. *İdealkent*, 12(32), 268-297.
- Seamon, D. (1994). The life of the place: A phenomenological reading of Bill Hillier's space syntax. Nordisk arkitekturforskning. *Nordic Journal of Architectural Research*, 7, 35-48.
- Sekertekin, A., Abdikan, S., and Marangoz, A. M. (2018). The acquisition of impervious surface area from LANDSAT 8 satellite sensor data using urban indices: a comparative analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 1-13.
- Seto, K. C., Güneralp, B., and Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083-16088.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Sharma, R., and Joshi, P. K. (2016). Mapping environmental impacts of rapid urbanization in the National Capital Region of India using remote sensing inputs. *Urban Climate*, 15, 70-82.

- Shi, L., Wurm, M., Huang, X., Zhong, T., and Taubenböck, H. (2020). Measuring the spatial hierarchical urban system in China in reference to the Central Place Theory. *Habitat International*, 105, 102264.
- Shiode, N., and Batty, M. (2000). *Power law distributions in real and virtual worlds*. London: University College, 1-19.
- Singh, O. P. (1971). Towards Determining Hierarchy of Service Centres: A Methodology for Central Place Studies. *National Geographical Journal of India*, 17(4), 165-77.
- Sinha, P., Verma, N. K., and Ayele, E. (2016). Urban built-up area extraction and change detection of Adama municipal area using time-series Landsat images. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 5(8), 1886-1895.
- Sinha, V.N.P. (1976). *Chota nagpur plateau: A study in settlement geography*. New Delhi: K.B. Publications, 175.
- Soo, K. T. (2005). Zipf's Law for cities: a cross-country investigation. *Regional Science and Urban Economics*, 35(3), 239-263.
- Stanilov, K. (2010). Bridging the gap between urban morphology and urban modelling K. Stanilov. *Urban Morphology*, 14(2), 123-124.
- Sudhira, H. S., Ramachandra, T. V., and Jagadish, K. S. (2004). Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(1), 29-39.
- Sukristiyanti, R. (2007). Suharyadi; jatmiko, rh evaluasi indeks urban pada citra landsat multitemporal dalam ekstraksi kepadatan bangunan. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 17, 1-10.
- Sun, D., Leurent, F., and Xie, X. (2021). Discovering vehicle usage patterns on the basis of daily mobility profiles derived from floating car data. *Transportation Letters*, 13(3), 163-171.
- Sun, Y., Fan, H., Li, M., and Zipf, A. (2016). Identifying the city center using human travel flows generated from location-based social networking data. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43(3), 480-498.
- Syakur, M. A., Khotimah, B. K., Rochman, E. M. S., and Satoto, B. D. (2018, April). *Integration K-Means Clustering Method and Elbow Method for Identification of the Best Customer Profile Cluster*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Indonesia, 012017.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2017). *İllerin ve bölgelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması raporu (SEGE-2017)*. Ankara: Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü Yayını, 35.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022). *ilçelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması raporu (SEGE-2022)*. Ankara: Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü Yayını, 89.

- Tachimori, Y., and Tahara, T. (2002). Clinical diagnoses following ZIPF's law. *Fractals*, 10(03), 341-351.
- Taubenböck, H., Standfuß, I., Wurm, M., Krehl, A., and Siedentop, S. (2017). Measuring morphological polycentricity-A comparative analysis of urban mass concentrations using remote sensing data. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64, 42-56.
- Tekeli, İ. (2010). *Mekânsal Ve Toplumsal Olanın Bilgibilimi Yazıları* (Birinci Baskı). Türkiye: Tarih Vakfı Yurt Yayınları, 19-47.
- Tian, G., Wu, J., and Yang, Z. (2010). Spatial pattern of urban functions in the Beijing metropolitan region. *Habitat International*, 34(2), 249-255.
- Tobias, S., and Carlson, J. E. (1969). Brief report: Bartlett's test of sphericity and chance findings in factor analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 4(3), 375-377.
- Tuholske, C., Caylor, K., Evans, T., and Avery, R. (2019). Variability in urban population distributions across Africa. *Environmental Research Letters*, 14(8), 085009.
- Turner, A. (2007). From axial to road-centre lines: a new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34(3), 539-555.
- Ünlü, T. (2018). Mekânın biçimlendirilmesi ve kentsel morfoloji. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı*, 59-70.
- Van der Knaap, G.A. (2002). *Stedelijke Beweging-sruimte, over Veranderingen in Stad en Land*. TheHague: Sdu Uitgevers, 168- 204.
- Van Meeteren, M., and Poorthuis, A. (2018). Christaller and “big data”: recalibrating central place theory via the geoweb. *Urban Geography*, 39(1), 122-148.
- Vaughan, L. (2007). The spatial syntax of urban segregation. *Progress in Planning*, 67(3), 199-294.
- Veloso, M., Phithakkitnukoon, S., and Bento, C. (2011, September). *Urban Mobility Study Using Taxi Traces*. International Workshop on Trajectory Data Mining and Analysis, China, 23-30.
- Von Thünen, J. H. (1826). *The isolated state*. Hamburg: Petes, 143.
- Wang, J., Rich, P. M., and Price, K. P. (2003). Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 24(11), 2345-2364.
- Waqar, M. M., Mirza, J. F., Mumtaz, R., and Hussain, E. (2012). Development of new indices for extraction of built-up area & bare soil from landsat data. *Open Access Scientific Reports*, 1(1), 4.
- Weber, A. (1909). *The Theory of the Location of Industries*. Chicago: The University of Chicago Press, 17-256.

- Wesolowski, A., Eagle, N., Tatem, A. J., Smith, D. L., Noor, A. M., Snow, R. W., and Buckee, C. O. (2012). Quantifying the impact of human mobility on malaria. *Science*, 338(6104), 267-270.
- Wirth, L. (1938). Urbanism as a way of life. *American Journal of Sociology*, 44(1), 1-24.
- Wolfram, S. (1988). *Complex systems theory emerging syntheses in science*. USA: CRC Press, 252.
- Wu, H., Yang, S., Huang, Z., He, J., and Wang, X. (2018). Type 2 diabetes mellitus prediction model based on data mining. *Informatics in Medicine Unlocked*, 10, 100-107.
- Wu, L., 1997. Habitat II and habitat environmental science. *Urban Planning*, 3, 4–8.
- Wu, X., Kumar, V., Ross Quinlan, J., Ghosh, J., Yang, Q., Motoda, H., McLachlan, G., Ng, A., Liu, B., Yu, P., Zhou, Z.-H., Steinbach, M., Hand, D. and Steinberg, D. (2008). Top 10 algorithms in data mining. *Knowledge and Information Systems*, 14, 1, 1-37.
- Xia, C., Zhang, A., Wang, H., and Yeh, A. G. (2019). Predicting the expansion of urban boundary using space syntax and multivariate regression model. *Habitat International*, 86, 126-134.
- Xie, Q., Dong, X. Y., Yu, K., Zhang, L. Y., and Xu, Y. H. (2021). Comprehensive evaluation of urban economic development in Yangtze river delta based on cluster-principal component analysis. *Complexity*, 2021, 1-10.
- Xu, H. (2007). Extraction of urban built-up land features from Landsat imagery using a thematic-oriented index combination technique. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(12), 1381-1391.
- Xu, H. (2008). A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 29(14), 4269-4276.
- Yamu, C., Van Nes, A., and Garau, C. (2021). Bill Hillier's legacy: Space syntax—A synopsis of basic concepts, measures, and empirical application. *Sustainability*, 13(6), 3394.
- Yang, Z. (2021). Comparison and empirical analysis of the urban economic development level in the Yangtze River urban agglomeration based on an analogical ecosystem perspective. *Ecological Informatics*, 64, 101321.
- Yang, Z., Chen, Y., Guo, G., Zheng, Z., and Wu, Z. (2021). Using nighttime light data to identify the structure of polycentric cities and evaluate urban centers. *Science of the Total Environment*, 780, 146586.
- Ye, Y., Yeh, A., Zhuang, Y., Van Nes, A., and Liu, J. (2017). "Form Syntax" as a contribution to geodesign: A morphological tool for urbanity-making in urban design. *Urban Design International*, 22, 73-90.
- Yücesoy, E. Ü., ve Özüdü, B. (2018). Kentsel faaliyetler ve yol ağı morfolojisi: İstanbul'da karşılaştırmalı örnek çalışma. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı*, 145-159.

- Zeyneloğlu, S., ve Dökmeci, V. (2011). Türkiye'de yerleşim birimlerinin büyüklük dağılımı ve merkezî yerlerin nüfuslarındaki değişim. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi/a*, 9(1), 104-114.
- Zha, H., He, X., Ding, C., Gu, M., and Simon, H. (2001). Spectral relaxation for k-means clustering. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 14, 1-8.
- Zha, Y., Gao, J., and Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583-594.
- Zhang, J., Hasan, S., Yan, X., and Liu, X. (2022). Spatio-temporal mobility patterns of on-demand ride-hailing service users. *Transportation Letters*, 14(9), 1019-1030.
- Zhang, J., Li, P., and Wang, J. (2014). Urban built-up area extraction from Landsat TM/ETM+ images using spectral information and multivariate texture. *Remote Sensing*, 6(8), 7339-7359.
- Zhao, H., and Chen, X. (2005, July). *Use of Normalized Difference Bareness Index in Quickly Mapping Bare Areas from TM/ETM+*. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Korea, 1666.
- Zhao, K., Musolesi, M., Hui, P., Rao, W., and Tarkoma, S. (2015). Explaining the power-law distribution of human mobility through transportation modality decomposition. *Scientific Reports*, 5(1), 1-7.
- Zhao, Z., Koutsopoulos, H. N., and Zhao, J. (2018). Individual mobility prediction using transit smart card data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 89, 19-34.
- Zhao, Z., Zhao, J., and Koutsopoulos, H. N. (2016). *Individual-level trip detection using sparse call detail record data based on supervised statistical learning*. Transportation Research Board 95th Annual Meeting, US, No. 16-4386.
- Zheng, L., Xia, D., Zhao, X., Tan, L., Li, H., Chen, L., and Liu, W. (2018). Spatial-temporal travel pattern mining using massive taxi trajectory data. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 501, 24-41.
- Zhong, C., Schlöpfer, M., Müller Arisona, S., Batty, M., Ratti, C., and Schmitt, G. (2017). Revealing centrality in the spatial structure of cities from human activity patterns. *Urban Studies*, 54(2), 437-455.
- Zhou, Y., Yang, G., Wang, S., Wang, L., Wang, F., and Liu, X. (2014). A new index for mapping built-up and bare land areas from Landsat-8 OLI data. *Remote Sensing Letters*, 5(10), 862-871.
- Zhu, C., Idemudia, C. U., and Feng, W. (2019). Improved logistic regression model for diabetes prediction by integrating PCA and K-means techniques. *Informatics in Medicine Unlocked*, 17, 100179.

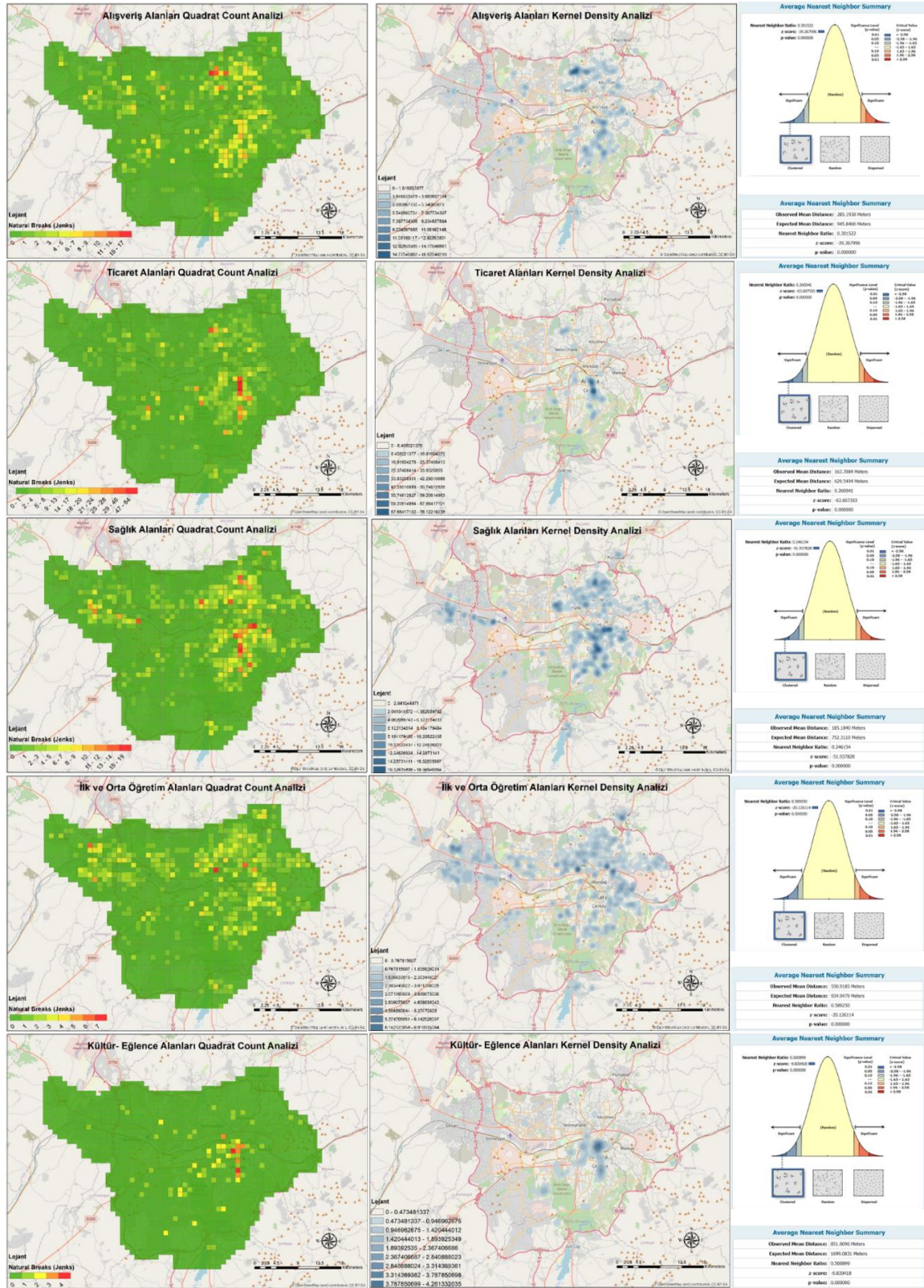
- Zhu, H., Liu, J., Liu, H., Wang, X., and Ma, Y. (2017). Recreational Business District boundary identifying and spatial structure influence in historic area development: A case study of Qianmen area, China. *Habitat International*, 63, 11-20.
- Zuniga-Teran, A. A., Orr, B. J., Gimblett, R. H., Chalfoun, N. V., Going, S. B., Guertin, D. P., and Marsh, S. E. (2016). Designing healthy communities: A walkability analysis of LEED-ND. *Frontiers of Architectural Research*, 5(4), 433-452.







# EK-1. Arazi kullanımlarının Kuadrat sayma, Kernel yoğunluk ve ortalama en yakın komşuluk analizleri





EK-3. Morfolojik yapının bağımsız değişkenleri arasındaki korelasyon analizi

| Correlation Matrix* |                                               |                 |          |         |        |             |                           |                  |                  |                       |                       |                      |                                 |                                 |                                 |                        |                    |                          |             |            |                                               |                                            |                                    |       |
|---------------------|-----------------------------------------------|-----------------|----------|---------|--------|-------------|---------------------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|-------------|------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|-------|
|                     | Küresel bitlenme indeksi                      | Bağlanabilirlik | TPBA5000 | MAD5000 | MAD800 | Konut oranı | Konut yapı alan yoğunluğu | Konut kat sayısı | Konut tipolojisi | Altyerisi yeri sayısı | Yeme-içme yeri sayısı | Eğitim tesisi sayısı | 1. basamak sağlık tesisi sayısı | 2. basamak sağlık tesisi sayısı | 3. basamak sağlık tesisi sayısı | Kültür-egilence sayısı | Kamu kurumu sayısı | Üniversite kampüsü alanı | Sanaş alanı | Yeşil alan | NDVI (normalized difference vegetation index) | ABEI (automated built-up extraction index) | Arazi kullanımı eşitliği (Entropy) |       |
| Correlation         | Küresel bitlenme indeksi                      | 1.000           | .682     | .284    | .414   | .652        | .233                      | .206             | .211             | .216                  | .105                  | .190                 | .211                            | .163                            | .137                            | .068                   | .099               | .132                     | .009        | .114       | .225                                          | -.043                                      | .275                               | .212  |
|                     | Bağlanabilirlik                               | .682            | 1.000    | .006    | .173   | .534        | .453                      | .417             | .374             | .495                  | .056                  | .159                 | .363                            | .280                            | .122                            | .041                   | .038               | .049                     | -.019       | .132       | .314                                          | -.108                                      | .350                               | .346  |
|                     | TPBA5000                                      | .284            | .006     | 1.000   | -.468  | .104        | -.161                     | -.106            | -.100            | -.109                 | .066                  | .015                 | -.075                           | -.045                           | -.010                           | .041                   | -.006              | .033                     | .026        | -.028      | -.029                                         | .064                                       | -.021                              | -.058 |
|                     | MAD5000                                       | .414            | .173     | .468    | 1.000  | -.138       | .142                      | .046             | .054             | .052                  | .210                  | .172                 | .080                            | .075                            | .097                            | .127                   | .067               | .164                     | -.046       | .040       | .179                                          | -.053                                      | .154                               | .132  |
|                     | MAD800                                        | .214            | .290     | -.044   | -.135  | 1.000       | .697                      | .033             | -.082            | -.079                 | -.063                 | -.114                | -.097                           | -.095                           | -.071                           | -.052                  | -.057              | -.078                    | .063        | -.036      | -.104                                         | .140                                       | -.141                              | -.089 |
|                     | Konut oranı                                   | .652            | .534     | .104    | .142   | .697        | 1.000                     | .171             | .111             | .112                  | .114                  | .040                 | .073                            | .104                            | .075                            | .053                   | .030               | .046                     | .048        | .037       | .068                                          | .123                                       | .022                               | .117  |
|                     | Konut yapı alan yoğunluğu                     | .233            | .463     | -.161   | .046   | .033        | .171                      | 1.000            | .825             | .775                  | .837                  | .106                 | .304                            | .649                            | .488                            | .241                   | .063               | .112                     | .119        | -.150      | -.186                                         | .516                                       | -.124                              | .205  |
|                     | Konut kat sayısı                              | .206            | .417     | -.106   | .054   | .082        | .111                      | .825             | 1.000            | .865                  | .942                  | .117                 | .367                            | .718                            | .622                            | .297                   | .113               | .166                     | .161        | -.113      | -.126                                         | .568                                       | -.246                              | .293  |
|                     | Konut tipolojisi                              | .211            | .374     | -.100   | .052   | -.079       | .112                      | .775             | .865             | 1.000                 | .931                  | .132                 | .314                            | .611                            | .453                            | .248                   | .058               | .112                     | .140        | -.110      | .125                                          | .537                                       | -.183                              | .222  |
|                     | Altyerisi yeri sayısı                         | .190            | .405     | -.109   | .052   | -.078       | .114                      | .837             | .942             | .1000                 | .124                  | .349                 | .681                            | .538                            | .279                            | .074                   | .128               | .167                     | -.112       | -.131      | .552                                          | -.212                                      | .250                               | .604  |
|                     | Yeme-içme yeri sayısı                         | .158            | .066     | .066    | .210   | -.083       | .040                      | .106             | .117             | .132                  | .124                  | 1.000                | .461                            | .118                            | .130                            | .128                   | .158               | .201                     | .002        | -.008      | .146                                          | -.054                                      | .039                               | .090  |
|                     | Eğitim tesisi sayısı                          | .190            | .363     | .015    | .172   | .073        | .304                      | .367             | .314             | .349                  | .461                  | 1.000                | .404                            | .508                            | .457                            | .272                   | .424               | .500                     | -.023       | -.041      | .307                                          | -.153                                      | .106                               | .234  |
|                     | 1. basamak sağlık tesisi sayısı               | .211            | .363     | -.075   | .080   | -.097       | .104                      | .649             | .611             | .681                  | .118                  | .404                 | 1.000                           | .575                            | .289                            | .102                   | .174               | .164                     | -.074       | -.104      | .531                                          | -.225                                      | .273                               | .603  |
|                     | 2. basamak sağlık tesisi sayısı               | .163            | .280     | -.045   | .075   | .075        | .489                      | .622             | .463             | .538                  | .139                  | .508                 | .575                            | 1.000                           | .503                            | .355                   | .308               | .269                     | -.052       | -.080      | .463                                          | -.233                                      | .231                               | .535  |
|                     | 3. basamak sağlık tesisi sayısı               | .137            | .122     | -.010   | .097   | -.071       | .053                      | .241             | .297             | .248                  | .279                  | .128                 | .457                            | .289                            | 1.000                           | .119                   | .211               | .415                     | -.020       | -.031      | .241                                          | -.099                                      | .080                               | .325  |
|                     | Kültür-egilence sayısı                        | .069            | .041     | .127    | -.052  | .030        | .063                      | .113             | .058             | .074                  | .158                  | .272                 | .102                            | .355                            | .119                            | 1.000                  | .394               | .079                     | -.007       | -.027      | .127                                          | -.060                                      | .047                               | .146  |
|                     | Kamu kurumu sayısı                            | .099            | .038     | -.006   | .057   | .057        | .046                      | .112             | .166             | .112                  | .128                  | .201                 | .424                            | .174                            | .368                            | .211                   | 1.000              | .236                     | .090        | -.019      | .177                                          | -.008                                      | .020                               | .231  |
|                     | Üniversite kampüsü alanı                      | .132            | .049     | .033    | .164   | -.078       | .048                      | .119             | .161             | .140                  | .167                  | .276                 | .500                            | .164                            | .289                            | .415                   | .079               | 1.000                    | -.008       | -.026      | .176                                          | -.036                                      | .019                               | .177  |
|                     | Sanaş alanı                                   | .009            | -.019    | .026    | -.046  | .063        | .037                      | -.150            | -.113            | -.110                 | -.002                 | -.023                | -.074                           | -.052                           | -.020                           | -.007                  | .090               | -.008                    | 1.000       | -.039      | -.086                                         | .407                                       | -.119                              | -.004 |
|                     | Yeşil alan                                    | .114            | .132     | -.028   | .040   | -.036       | .068                      | -.186            | -.126            | -.131                 | -.008                 | -.041                | -.104                           | -.090                           | -.031                           | -.027                  | -.019              | -.076                    | -.039       | 1.000      | -.092                                         | -.324                                      | .329                               | -.054 |
|                     | NDVI (normalized difference vegetation index) | .225            | .314     | -.029   | .179   | -.104       | .123                      | .516             | .568             | .537                  | .552                  | .307                 | .531                            | .463                            | .241                            | .127                   | .177               | .176                     | -.086       | -.092      | 1.000                                         | -.126                                      | .214                               | .536  |
|                     | ABEI (automated built-up extraction index)    | -.043           | -.108    | .064    | -.053  | .140        | .022                      | -.246            | -.183            | -.212                 | -.054                 | -.153                | -.225                           | -.233                           | -.099                           | -.060                  | -.008              | -.036                    | .407        | -.334      | 1.000                                         | -.278                                      | -.139                              | -.139 |
|                     | Arazi kullanımı eşitliği (Entropy)            | .275            | .350     | -.021   | .154   | -.141       | .117                      | .205             | .283             | .250                  | .039                  | .106                 | .273                            | .231                            | .080                            | .047                   | .020               | .019                     | -.119       | .329       | .214                                          | -.278                                      | 1.000                              | .230  |
|                     | .212                                          | .346            | -.058    | .132    | -.089  | .102        | .569                      | .634             | .604             | .090                  | .234                  | .603                 | .535                            | .325                            | .146                            | .231                   | .177               | -.004                    | -.054       | .536       | -.139                                         | .230                                       | 1.000                              |       |

## EK-4. Hibrit model temel bileşen analizinin topluluk çizelgesi

|                                             | İlk Değer | Çıkarma Değeri |
|---------------------------------------------|-----------|----------------|
| Kentiçi hareketlilik indeksi                | 1,000     | ,593           |
| Kentiçi hareketlilik bölgesi (ha)           | 1,000     | ,662           |
| Pazartesi 09:00 trafik yoğunluk skoru       | 1,000     | ,796           |
| Salı 09:00 trafik yoğunluk skoru            | 1,000     | ,923           |
| Çarşamba 09:00 trafik yoğunluk skoru        | 1,000     | ,931           |
| Perşembe 09:00 trafik yoğunluk skoru        | 1,000     | ,926           |
| Cuma 09:00 trafik yoğunluk skoru            | 1,000     | ,925           |
| Pazartesi 18:30 trafik yoğunluk skoru       | 1,000     | ,909           |
| Salı 18:30 trafik yoğunluk skoru            | 1,000     | ,924           |
| Çarşamba 18:30 trafik yoğunluk skoru        | 1,000     | ,939           |
| Perşembe 18:30 trafik yoğunluk skoru        | 1,000     | ,929           |
| Cuma 18:30 trafik yoğunluk skoru            | 1,000     | ,930           |
| Cumartesi 15:30 trafik yoğunluk skoru       | 1,000     | ,910           |
| Pazar 15:30 trafik yoğunluk skoru           | 1,000     | ,888           |
| Toplu taşıma sistemi durak yoğunluk indeksi | 1,000     | ,406           |
| Küresel bütünleşme indeksi                  | 1,000     | ,741           |
| Bağlanabilirlik                             | 1,000     | ,729           |
| TPBtA5000                                   | 1,000     | ,553           |
| TPBtA800                                    | 1,000     | ,674           |
| MAD5000                                     | 1,000     | ,823           |
| MAD800                                      | 1,000     | ,861           |
| Konut oranı                                 | 1,000     | ,809           |
| Konut yapılı alan yoğunluğu                 | 1,000     | ,898           |
| Konut kat sayısı                            | 1,000     | ,811           |
| Konut tipolojisi                            | 1,000     | ,895           |
| Yeme-içme yeri sayısı                       | 1,000     | ,752           |
| Alışveriş yeri sayısı                       | 1,000     | ,438           |
| Eğitim tesisi sayısı                        | 1,000     | ,655           |
| 1.basamak sağlık tesisi sayısı              | 1,000     | ,669           |
| 2.basamak sağlık tesisi sayısı              | 1,000     | ,553           |
| 3. basamak sağlık tesisi sayısı             | 1,000     | ,711           |
| Kültür-eğlence yeri sayısı                  | 1,000     | ,565           |
| Kamu kurumu sayısı                          | 1,000     | ,650           |
| Üniversite kampüs alanı                     | 1,000     | ,779           |
| Sanayi alanı                                | 1,000     | ,709           |
| Yeşil alan                                  | 1,000     | ,502           |
| NDVI                                        | 1,000     | ,723           |
| ABEI                                        | 1,000     | ,663           |
| Entropi                                     | 1,000     | ,586           |
| Çıkarma Yöntemi: Temel bileşen analizi      |           |                |



*Gazili olmak ayrıcalıktır*