

## Konumsal-zamansal taşınmaz değer değişim dinamiklerinin CBS ve istatistiksel analiz teknikleri ile incelenmesi

Süleyman Şişman<sup>1</sup> , Nilay Tellioglu<sup>1</sup> , Arif Çağdaş Aydınoğlu<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gebze, Kocaeli, Türkiye.

**Öz:** Taşınmazların konum ve zamana bağlı olarak değer değişim dinamiklerinin analizi, taşınmaz piyasasında stratejik ve etkin kararlar alma sürecinde büyük öneme sahiptir. Taşınmazların değer değişimini etkileyen zamana bağlı ekonomik değişkenlerin istatistiksel tekniklerle modellenmesi, yatırımcılara ve politika yapıcılara önemli altlıklar sunabilmektedir. Bu çalışmada konut tipindeki taşınmazların konumsal-zamansal değer değişim dinamiklerinin belirlenebilmesi için değer değişimi üzerinde etkili olabilecek 14 ekonomik değişken belirlenmiştir. İstanbul'un Pendik ve Tuzla ilçeleri ile Kocaeli ilinin Gebze, Çayırova ve Darıca ilçelerindeki mahalleler çalışma alanı olarak belirlenmiş olup, değişkenler ve taşınmaz değer veri setleri 2019-2023 dönemi için temin edilmiştir. İstatistiksel analiz tekniklerinden Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) kullanılarak taşınmaz değer değişimi ile ekonomik değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek için regresyon modeli oluşturulmuştur. Değer değişimindeki varyansın %63.3'ünü açıklayan modelde Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE), Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE), İktisadi Faaliyet Kollarına Göre Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Değişim Oranları (Gayrimenkul), Bankalarca Açılan Kredilere Uygulanan Ağırlıklı Ortalama Faiz Oranları (Konut), Türk Lirası Arzı, Tüketici Kredileri (Konut) ve Döviz Kurları değişimi değişkenleri istatistiksel açıdan anlamlı olarak tespit edilmiştir. Konumsal-zamansal değer değişimlerini incelemek için ise Konum-Zaman Küp Modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan küp ile CBS tabanlı Konumsal-Zamansal Trend Analizi, Yükselen Sıcak Konum Analizi ve Yerel Kümeleme ve Aykırılık Analizleri gerçekleştirilmiştir. Konumsal-Zamansal Trend Analizi ile tüm mahallelerin %99 güven aralığında yükselme trendi gösterdiği belirlenmiştir. Yükselen Sıcak Konum Analizi ile Ardışık Sıcak Konum ve Salımlı Sıcak Konum kategorilerinde zamansal örüntüler belirlenmiştir. Yerel Kümeleme ve Aykırılık Analizi ile Tuzla ilçesindeki Cami Mahallesi ve Pendik ilçesindeki Harmandere Mahallesi'nin Yüksek-Yüksek Kümeleme kategorisinde olduğu, diğer mahallelerin ise Çoklu Tip kategorisinde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma ekonomik değişkenler ve değer değişimi arasındaki ilişkilerin regresyon modelleri ile incelenmesinin yanı sıra konumsal-zamansal değer değişimlerinin Konum-Zaman Küpü temelli analizler ile konumsal olarak izlenebilmesine yönelik bütünlük bir metodoloji sunmaktadır. Önerilen hibrit yaklaşım konumsal-zamansal değer değişim dinamiklerinin belirlenmesi ve taşınmaz sektöründe doğru stratejiler geliştirilmesinde kullanılabilir.

**Anahtar Sözcükler:** CBS, Konum-Zaman Küpü, Taşınmaz Değer Değişimi, Çoklu Doğrusal Regresyon

### Investigating spatio-temporal real estate value fluctuation dynamics with GIS and statistical analysis techniques

**Abstract:** Analysing the dynamics of value change in real estate depending on location and time is of great importance in the process of making strategic and effective decisions in the real estate market. Modelling the time-dependent economic variables affecting the change in the value of real estate with statistical techniques can present important bases for investors and policymakers. In this study, 14 economic variables that may affect the value change were determined to determine housing real estate's spatial-temporal value change dynamics. Pendik and Tuzla districts of Istanbul and Gebze, Çayırova and Darıca districts of Kocaeli city were determined as the study area, and variables and real estate value datasets were obtained for the period 2019-2023. Multiple Linear Regression (MLR), one of the statistical analysis techniques, was used to create a regression model to examine the relationship between the change in real estate value and economic variables. In the model explaining 63.3% of the variance in the change in value, the variables Consumer Price Index (CPI), Domestic Producer Price Index (DPPI), Rates of Change in Gross Domestic Product (GDP) By Kind of Economic Activity (Real Estate), Weighted Average Interest Rates Applied to Loans Extended by Banks (Housing), Money Supply of Turkish Lira, Consumer Loans (Housing) and Change in Exchange Rates were determined to be statistically significant. To analyse the spatio-temporal value changes, a Spatio-Time Cube Model was created. With the cube created, GIS-based Spatio-Temporal Trend Analysis, Emerging Hot Spot Analysis and Local Clustering and Outlier Analyses were performed. With the Spatio-Temporal Trend Analysis, it was determined that all neighbourhoods show an up-trend within 99% confidence level. Temporal patterns in the categories of Consecutive and Oscillating Hot Spot were identified with the Emerging Hot Spot Analysis. Local Clustering and Outlier Analysis revealed that Cami Neighbourhood in Tuzla district and Harmandere Neighbourhood in Pendik district are in the High-High Clustering category, while the other neighbourhoods are in the Multiple Type category. This study presents an integrated methodology for analysing the relationships between economic variables and value change with regression models, as well as for spatially monitoring spatio-temporal value changes by using Space-Time Cube based analyses. The proposed hybrid approach can be used to determine the spatio-temporal value change dynamics and to develop the feasible strategies in the real estate sector.

**Keywords:** GIS, Space-Time Cube, Real Estate Value Fluctuation, Multiple Linear Regression

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 262 605 2061

Geliş Tarihi/Received: 20.11.2024  
Kabul Tarihi/Accepted: 13.01.2025



0000-0002-0924-1092, ssisman@gtu.edu.tr (Şişman S.)  
0009-0001-6488-1738, nilaytellioglu@gmail.com (Tellioglu N.)  
0000-0003-4912-9027, aydinoglu@gtu.edu.tr (Aydınoğlu A.Ç.)\*

## 1. Giriş

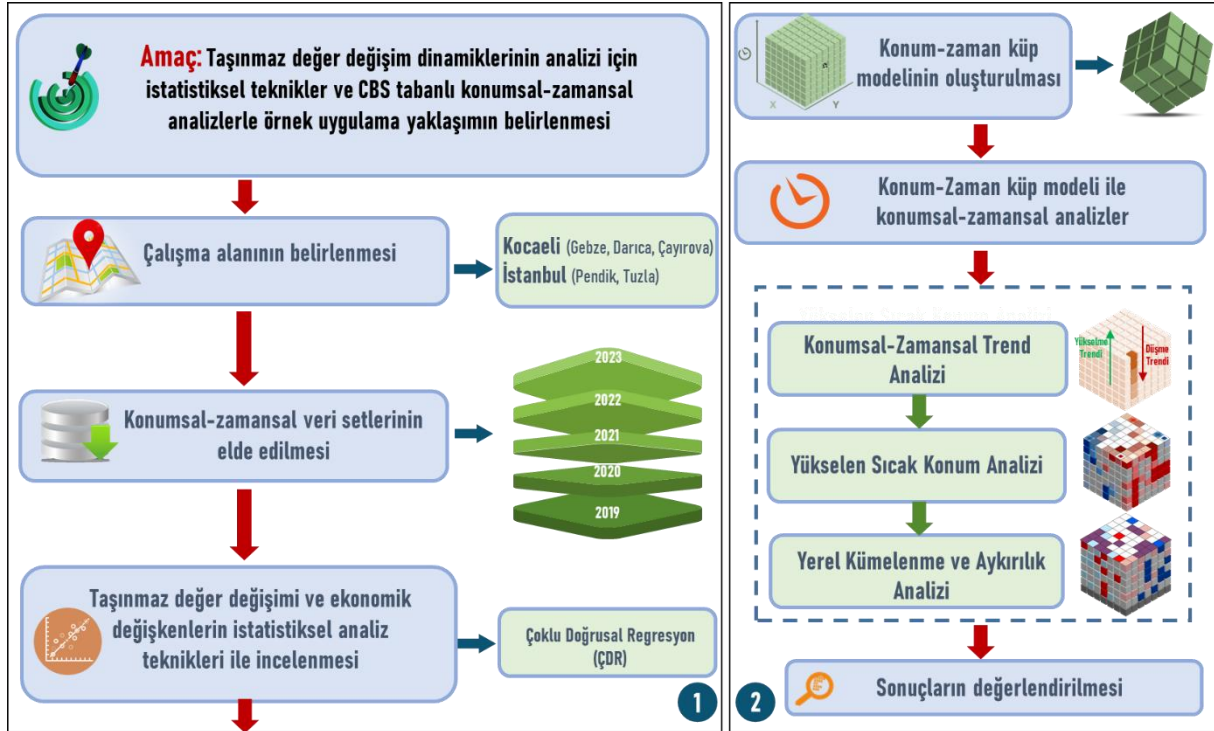
Gelişmekte olan ülkelerde taşınmaz sektörü, ekonomik büyümenin temel dinamiklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Taşınmazlar, hem bir tüketim hem de bir yatırım ve üretim aracı olarak sosyo-ekonomik sistemin merkezinde yer almakta ve ekonomiyle yakından ilişkili bir sektör olarak değerlendirilmektedir (Ertürk & Sam, 2016; Ören & Yüksel, 2013). 2019 yılında T.C. Cumhurbaşkanlığı Finans Ofisi tarafından yapılan Türkiye'de Hane Halkının Finansal Algı ve Tutumu araştırmasında, katılımcıların %80'den fazlası, konut yatırımlarını diğer yatırım araçlarına (örneğin altın, vadeli TL mevduatı) göre daha kârlı ve güvenli bulduğunu belirtmiştir (URL-1). Konut yatırımının bu denli tercih edilmesinin nedenleri arasında uzun vadede değer kaybetmemesi ve diğer yatırım araçlarına nispeten daha yüksek getiri sağlaması yer almaktadır. Özellikle yüksek enflasyon dönemlerinde konut arzında azalma gözlemlenmesi taşınmazların enflasyondan korunma aracı ve yüksek getiri sağlayan bir yatırım unsuru olarak algılanmasına yol açmaktadır. Bu durum ise taşınmazlarla olan talep ve fiyatlarda kayda değer artışlar meydana getirmektedir (Erkek vd., 2020). Ayrıca şehirlerdeki hızlı nüfus artışı, ekonomik faktörler gibi birçok faktör, piyasanın dinamiklerini derinden etkilemektedir (Arslan, 2007). Ancak son dönemdeki ekonomik gelişmeler taşınmaz sektörü üzerinde önemli etkiler yaratmıştır. 2019-2023 yılları arasında inşaat maliyet endeksi önemli ölçüde artmıştır. Özellikle 2021'de %40'ların üzerinde artış gözlenirken, 2022 yılında bu oran %90'ı aşmıştır (URL-2). Döviz kuru dalgalanmaları ve enflasyondaki hızlı artış, inşaat maliyetlerini yükseltmiş ve konut fiyatları üzerinde baskı oluşturmuştur. Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) de bu dönemde önemli bir yükseliş yaşamıştır. 2021 yılında enflasyon %36 iken, 2022 yılında %64'e ulaşmıştır (URL-3). Yüksek enflasyon özellikle sabit gelirli hanelerin konut alım gücünü olumsuz etkileyerek konut talebini sınırlamıştır. Konut kredisi faiz oranları bu dönemde dalgalı bir seyir izlemiştir. Özellikle 2021 ve 2022 yıllarında faiz oranları %20'nin üzerine çıkarak konut talebini kısıtlamış ve konut fiyatlarındaki artışları baskılamıştır (URL-4). Bu çerçevede özellikle enflasyon, faiz oranları ve döviz kuru gibi ekonomik faktörler konut talebini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyerek fiyatlarda dalgalanmalara neden olmaktadır. Döviz kurlarındaki belirsizlikler ve enflasyonun artışı inşaat maliyetlerini yükseltip arzı daraltırken, faiz oranlarındaki değişimler ise hane halkının krediye erişimini zorlaştırmakta ve talebi sınırlamaktadır. Bu ekonomik dinamikler konut fiyatlarının arz-talep dengesine bağlı olarak hızlı bir şekilde dalgalanmasına yol açmaktadır (Erdoğan & Memduhoğlu, 2019). Bu bağlamda taşınmaz sektörüne etki eden ekonomik faktörlerin belirlenmesi sadece mevcut piyasa dinamiklerini anlamakla kalmayıp aynı zamanda gelecekteki ekonomik yatırımların yönlendirilmesi ve stratejik karar alma süreçlerinin optimize edilmesi açısından da kritik bir öneme sahiptir.

Literatürde taşınmaz değer değişimini etkileyen ekonomik değişkenlerin yer aldığı modelleme çalışmaları irdelendiğinde; Akça (2023) Türkiye'de konut fiyatlarındaki zamansal değişimin enflasyon, döviz kuru, konut faiz oranı ve konut kredileri gibi makro-ekonomik göstergelerle olan ilişkisini regresyon analizi ile incelemiştir. Konut fiyatlarının kısa vadede faiz oranları ve konut hacminden, uzun vadede ise toplam konut kredilerinden etkilendiğini ifade etmişlerdir. Çetin (2021) Türkiye'deki konut fiyatlarını etkileyen faktörler ve nedensellik ilişkisini incelemek için kurduğu regresyon modelinde konut fiyat endeksi bağımlı değişken olmak üzere, konut kredisi ağırlıklı ortalama faiz oranı, bankacılık sektörü konut kredileri, TÜFE bazlı reel efektif döviz kuru, sanayi üretim endeksi, inşaat malzemeleri toptan eşya fiyat endeksi, tüketici fiyat endeksi ve reel kira endeksi gibi ekonomik faktörleri kullanarak konut fiyatlarını etkileyen faktörlerin nedensellik ilişkilerini incelemiştir. Zandi vd. (2015) konut mülkiyetini, konut fiyat endeksi, enflasyon oranı, Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla (GSYH), konut faiz oranları gibi değişkenlerinin etkisini regresyon modeli ile incelemiştir. Ayrıca değişkenler arasındaki ikili ilişkiyi korelasyonlarına göre değerlendirmiş olup, pozitif yönde en güçlü ilişkinin kredi faiz oranları olduğu ikinci en güçlü ekonomik değişkenin ise GSYH olduğunu tespit etmişlerdir. Karadağ ve Salıhoğlu (2020), Türkiye'deki konut fiyatlarını hedonik konut fiyat endeksi ile incelemiş ve tüketici fiyat endeksi, sanayi üretim endeksi, inşaat malzemeleri fiyat endeksi, konut kredisi faiz oranları ve konut kredilerini analiz etmiştir. Konut kredisi faiz oranları ve tüketici fiyat endeksinin konut fiyatlarını negatif, sanayi üretim endeksinin ise pozitif yönde etkilediğini ifade etmişlerdir. Gebeşoğlu (2019), Türkiye'de

konut fiyat endeksi ile GSYH, döviz kurları, faiz oranları ve Borsa İstanbul (BIST100) getirileri arasındaki ilişkileri incelemiştir. BIST100 getirilerindeki artış, konut fiyatlarını düşürürken, döviz kurlarındaki değişimin konut sektöründe de dalgalanmalara sebebiyet verebileceğini ifade etmişlerdir. [İslamoğlu ve Nazlıoğlu \(2019\)](#), İstanbul, Ankara ve İzmir illerinde konut fiyat endeksi ile konut satış sayısı, sanayi üretim endeksi, inşaat maliyetleri endeksi, nüfus, yapı kullanım izin belgesi ve tüketici fiyat endeksi arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmada konut fiyat endeksi ile enflasyon, nüfus, konut talebi arasında pozitif anlamlı bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. [Cunha ve Lobão \(2019\)](#) konut fiyatlarına etki eden faktörleri; Avrupa Birliği'nin tamamı, 28 Avrupa Birliği ülkesi, bir Avrupa Birliği ülkesi (Portekiz) ve 25 Portekiz metropol istatistiksel bölgesi olmak üzere dört farklı coğrafi düzeyde incelemiştir. Çalışmada iki zaman serisi ve iki panel veri regresyon modeli kullanılarak, taşınmaz fiyatlarını etkileyen faktörler ve konut fiyat endeksleri analiz edilmiştir. Sonuçlar, GSYH, faiz oranları, konut başlangıçları ve turizm gibi belirleyicilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ancak her coğrafi seviyede farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca önceki dönem fiyat değişikliğinin mevcut dönem fiyat değişikliğini etkileyen en önemli belirleyici olduğunu ifade etmişlerdir. [Kiel ve Zabel \(2008\)](#) konut fiyatlarının belirlenmesinde Hedonik Regresyon analizi ile oda sayısı, bina yaşı, ısıtma sistemi gibi yapısal değişkenler; medeni durum, eğitim durumu, gelir, cinsiyet gibi mülkiyet sahibinin özellikleri; bölgede yaşayan kişilerin ortalama geliri, bölgedeki taşınmaz alım-satım hareketliliği, bölgedeki yoksulluk oranı, işsizlik oranı gibi mahalli özellikler ile üç farklı coğrafi seviyede (sokak, kasaba ve metropolitan istatistik alanı) tahmin modelleri geliştirmişlerdir. Daha doğru modelleme sonuçları için coğrafi kriterlerin modellere dahil edilmesinin önemini vurgularken, farklı coğrafi seviyelerdeki verilerin konut fiyatları üzerine her seviyede bağımsız etkileri olduğunu ifade etmişlerdir. Diğer taraftan [Türk vd. \(2017\)](#) Ankara ilindeki dokuz merkez ilçede konut fiyatlarını tahmin etmek için Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) analizi tekniği ile tahmin modeli geliştirmişlerdir. Modele alan, bina yaşı, merkezi ısıtma, asansör, otopark, ebeveyn banyosu bulunması gibi yapısal değişkenleri dahil etmişlerdir. Modelleme sonuçlarını CBS ortamında tematik haritalar ile kullanıcılara sunmuşlardır. [Kitapci vd. \(2017\)](#) benzer şekilde Ankara ilinin dokuz merkez ilçesinde Yapay Sinir Ağları (YSA) ile 2013 Ocak- 2013 Aralık ayları arasındaki veri seti ile konut fiyatlarını tahmin etmişlerdir. Oluşturdukları tahmin modelinde alan, oda sayısı, banyo sayısı, ısı yalıtımı, site içinde bulunma, bina yaşı, şehir merkezine yakın olma, metro istasyonuna yakın olma gibi 15 değişken kullanmışlardır. Modelin yaklaşık %78 tahmin başarısına ulaştığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan [Erdoğan ve Memduhoğlu \(2019\)](#) Türkiye'de ilçe düzeyinde taşınmaz satış sayıları ve 100 000 kişiye düşen satış sayılarındaki konumsal-zamansal eğilimleri CBS tabanlı değerlendirmişlerdir. 2004-2017 yılları arası dönemi kapsayan bir Konum-Zaman Küp modeli oluşturarak, dört farklı senaryoda Yükselen Sıcak Konum Analizi ve Yerel Kümelenme ve Aykırılık Analizleri gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarını konut fiyat endeksi, nüfus, taşınmaz satış istatistikleri, enflasyon, döviz kuru, faiz oranı gibi faktörlerle ilişkili olarak yorumlamışlardır. [Rabiei-Dastjerdi ve McArdle \(2021\)](#), Dublin konut piyasasını CBS tabanlı bir yaklaşımla incelemiştir. Konum-Zaman Küp analiz yöntemi kullanılarak, Dublin'in farklı bölgelerinde konut fiyatları ve satış sayılarındaki değişimler, sosyoekonomik faktörler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Brexit ve COVID-19 gibi krizlerin yanı sıra mahalle özellikleri ve konut gelişim projeleri gibi mikro düzey faktörlerin satışlara etkisi analiz edilmiştir. Sonuç olarak Dublin'deki konut piyasasında yaşanan dengesizliklerin şehirdeki sosyal ve ekonomik yapıyı derinleştiren bir eşitsizliğe işaret ettiği ifade edilmiştir. Fakat bu çalışmaların çoğunda konut türündeki taşınmazların zamansal değer değişimine etki eden ekonomik değişkenlerin belirlenmesi ve analiz edilmesi ya da il ve ilçe düzeyinde taşınmaz satış istatistiklerinin CBS tabanlı değerlendirilmesine ayrı ayrı odaklanılmıştır. Hem konumsal-zamansal değer değişiminin CBS tabanlı yeni nesil analiz teknikleri ile değerlendirilmesi hem de değer değişimi üzerinde önemli etkiye sahip olan zamansal ekonomik değişkenlerin modellenmesi bütüncül bir şekilde yeterince ele alınmamıştır.

Bu çalışmada farklı konut tipindeki taşınmazların konumsal-zamansal taşınmaz değer değişim dinamiklerinin analiz edilmesine yönelik uygulama yaklaşımının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda taşınmaz değer değişim

dinamiklerinin zamansal ekonomik değişkenler ile ilişkisi istatistiksel ÇDR tekniği ile incelenmektedir. Taşınmaz değer değişimlerinin konum ve zamana bağlı olarak analiz edilmesinde ise Konum-Zaman Küp Modeli oluşturulmuş ve bu model ile konumsal-zamansal analiz süreci ele alınmıştır. Böylelikle taşınmaz değer değişim dinamiklerinin analizi için istatistiksel teknikler ve konumsal-zamansal analizlere dayalı örnek yaklaşım geliştirilmiştir. Bu bağlamda çalışma kapsamında kullanılan yöntemler, veri işleme süreçleri ve yöntemlerinin uygulama aşamaları için izlenen metodoloji Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Çalışma iş akışı süreci

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 Çoklu Doğrusal Regresyon

ÇDR analizi bir bağımlı değişkenin birden fazla bağımsız değişkenle olan ilişkisini matematiksel bir model yardımıyla analiz etmeye yönelik yaygın biçimde kullanılan istatistiksel bir tekniktir (James vd., 2023). Bu teknik ile bağımsız değişkenler kullanılarak oluşturulan model yardımıyla bağımlı değişkenin tahmini yapılır. Bağımsız değişkenlerin etkisi eş zamanlı olarak incelenirken, modele dahil edilecek değişkenlere bağlı olarak bağımlı değişken üzerindeki değişimin de analiz edilmesine olanak tanır. ÇDR, değişkenler arasındaki karmaşık ilişkileri anlamak ve bağımlı değişkenin davranışını daha doğru tahmin etmek için güçlü bir teknik olup, matematiksel modeli aşağıdaki eşitlik ile verilir (Yalprı, 2018):

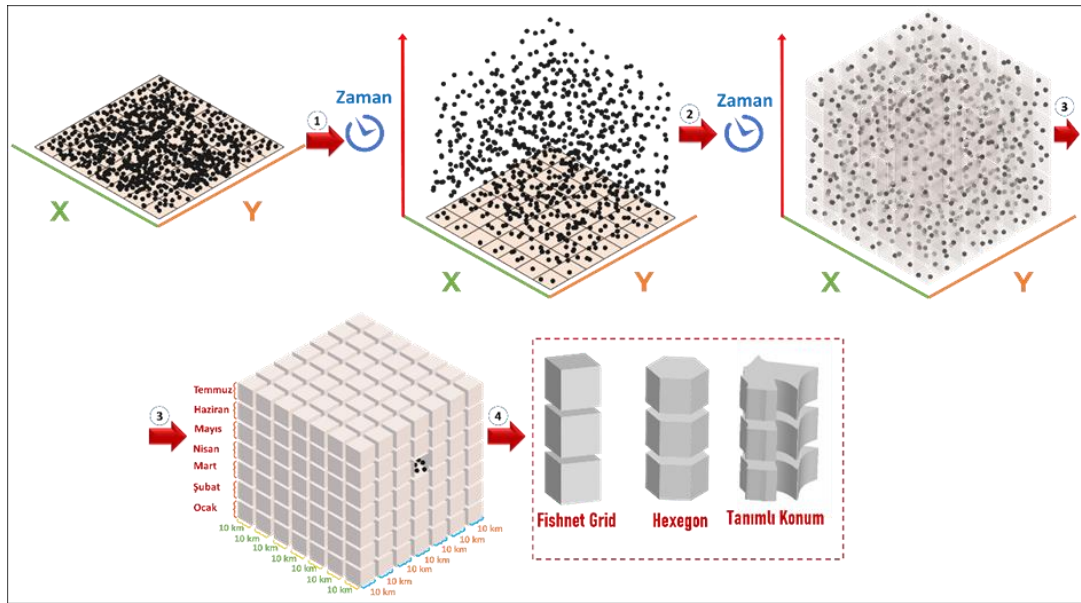
$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \times X_1 + \dots + \beta_n \times X_n + \varepsilon_i \quad (1)$$

Eşitlikte yer alan  $y_i$  bağımlı değişkeni;  $X_1, X_2, \dots, X_n$  modele dahil edilen bağımsız değişkenleri;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  bağımsız değişkenlerin model katsayılarını ifade etmektedir.  $\varepsilon_i$  ise oluşturulan regresyon modeli ile bağımlı değişken için tahmin edilen değer ile gerçek değer arasındaki farkı temsil eden hata terimini ifade etmektedir.



## 2.2 Konum Zaman Küp Modeli

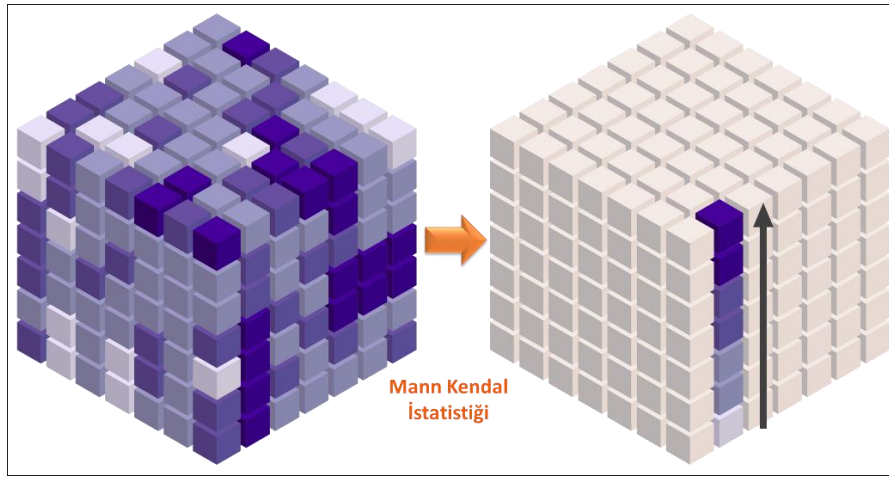
Konum-Zaman Küp (Space Time Cube) Modeli mekân-zaman ortamındaki insan davranışlarının yanı sıra hareketliliği etkileyen çeşitli kısıtlamalar arasındaki ilişkileri araştırmak için yirminci yüzyılın ortalarında geliştirilmiştir (Hägerstrand, 1970; Kveladze vd., 2019). Konum-Zaman Küpü, çeşitli konum-zamana bağlı analizlerin temelini oluşturmakta ve birçok alanda da kullanılmaktadır. Bu küpler bir zaman serisi modelinde meydana gelen konum tabanlı olayların konumsal-zamansal dinamiklerini analiz etmek ve anlamak için büyük fayda sağlamaktadır (Zhang vd., 2021). Bir Konum-Zaman Küpü'nün görsel sunumunda, konum ve zaman ayrılmaz parçalar olarak kabul edilmektedir. Konum-Zaman Küpü oluşturmak için, herhangi bir veri setinde konumlarla ilgili konumsal-zamansal bilgiler ayrı ayrı küçük kutulardan (küplerden) oluşan veri bileşenleri olarak NetCDF veri formatında tanımlanmaktadır (Bennett vd., 2020). Şekil 2'de temel bileşenleri ifade edilen bir küpte yatay X ve Y düzlemleri konumu, dikey eksen ise zaman bileşenini ifade etmektedir. Uygulama işlem sürecinde görüldüğü gibi 2 boyutlu (2B) olarak tanımlanan verilere zaman boyutunun da eklenmesiyle Fishnet, Hexagon ya da tanımlı alansal sınırlara (örneğin mahalle, ilçe, il sınırı gibi) göre 3 boyutlu (3B) Konum-Zaman Küp modelleri oluşturulabilmektedir. Ayrıca küpte her bir kutu için konumsal, zamansal ve konum-zaman komşuları tanımlanmaktadır (Kveladze vd., 2019; Mo vd., 2020).



Şekil 2: Konum-Zaman Küpü oluşturma süreci

## 2.3 Konumsal Zamansal Trend Analizi

Trend analizi veri setindeki zamansal bilgi içeren herhangi bir değişkene göre oluşturulan Konum-Zaman Küpü'nü girdi olarak kullanılmaktadır (Şekil 3). Mann Kendall istatistiği zaman içindeki eğilimi değerlendirmek için Konum-Zaman Küpü'nün her bir parçasında, bulunduğu zaman dilimlerindeki eğilimler için bir z-skoru ve bir p-değeri olarak hesaplanır. Küçük p değerleri, eğilimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlamına gelir. z-skoruna ilişkin işaret, analiz edilen değişkenin artış eğiliminde (pozitif z-puanı) veya düşüş eğiliminde (negatif z-puanı) olduğunu tanımlar (Bennett vd., 2020).



Şekil 3: Mann-Kendall istatistiği ile zaman içindeki değişimlerin küp üzerinde görselleştirilmesi

Eşitlik 2 ile hesaplanan Mann Kendall Trend İstatistiği'nde ( $S$ ); sign sembolik bir işaret fonksiyonunu,  $R_i$  ve  $R_j$  sırasıyla  $x_i$  ve  $x_j$  gözlemlerinin/verilerinin zaman serisindeki sıralamalarını,  $Z_S$  standart z-skorunu ve  $D(S)$  ise varyansı ifade etmektedir (Cressie & Wikle, 2015; Huang, 2021; Ogneva-Himmelberger & Haynes, 2022; Wu vd., 2022).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n a_{ij} \quad (2)$$

$$a_{ij} = \text{sign}(x_j - x_i) = \text{sign}(R_j - R_i) = \begin{cases} 1, & x_i < x_j \\ 0, & x_i = x_j \\ -1, & x_i > x_j \end{cases} \quad (3)$$

$$Z_S = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{D(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{D(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$D(S) = \frac{T(T-1)(2T+5)}{18} \quad (5)$$

#### 2.4 Yükselen Sıcak-Konum Analizi

Yükselen Sıcak-Konum Analizi CBS tabanlı coğrafi kümeleme analizlerinin gelişmiş bir türüdür. Birçok zamansal bilgi içeren konum bazlı olayın zamansal eğilimleri/örüntüleri ve altında yatan faktörler etkin bir şekilde incelenebilir. Yükselen Sıcak-Konum Analizi trend analizine benzer şekilde Konum-Zaman Küplerini girdi olarak kullanmaktadır. Böylelikle Getis-Ord  $G_i^*$  ve Mann Kendall Trend İstatistiği'ni bütünleşik olarak kullanmaktadır. Getis-Ord  $G_i^*$  indeks değeri ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{s \sqrt{\frac{n}{n-1} \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \frac{1}{n-1} (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2}} \quad (6)$$

$$\bar{X} = \sum_{j=1}^n x_j \quad (7)$$




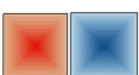





$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j^2 - (\bar{X})^2} \quad (8)$$

Eşitlikte  $x_j$  Konum-Zaman Küpü içindeki  $i$ 'nci bölümün konum-zaman komşuluğu içindeki  $j$ 'nci bölümü için öznelik

değerini,  $w_{i,j}$ , aralarındaki ters öklid mesafesiyle tanımlanan  $i$ 'nci ve  $j$ 'nci bölüm arasındaki konumsal ağırlıkları ve  $n$  ise Konum zaman Küpü içerisindeki toplam bölme sayısını ifade eder.

Getis-Ord  $G_i^*$  indeks değerinin konum-zaman perspektifinden uygulanmasıyla küpteki belli bir değişken değerlendirilir. Geleneksel Sıcak-Konum analizi, veri kümesinde üç güven düzeyiyle (%99, %95, %90) sıcak ve soğuk konum örüntü bilgisi sağlarken, gelişmiş Yükselen Sıcak-Konum Analizi sıcak ve soğuk konum örüntülerini sınıflandırır. Sınıflandırma sonucu hem sıcak hem soğuk konumlar için uygulanmakta olan toplam 17 tematik kategori oluşturulur. Oluşturulan her bir örüntü kategorisinin sembolojileri ve açıklamaları Tablo 1'de detaylı biçimde verilmiştir (Bennett vd., 2020; Cheng vd., 2020; Getis & Ord, 1992; Requia vd., 2017; Wu vd., 2022; Ye vd., 2018).

**Tablo 1:** Yükselen Sıcak-Konum Analizi örüntü kategorileri ve açıklamaları

Semboloji	Kategori	Açıklama
	Önemli Değişim Yok	Herhangi bir sıcak veya soğuk nokta örüntüsüne dâhil olmayan konumu ifade eder.
	Yeni Sıcak/ Soğuk Konum	Son zaman diliminde istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk nokta olan ve daha önce hiç istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk nokta olmayan bir konumu ifade eder.
	Ardışık Sıcak/ Soğuk Konum	Daha önceleri istatistiksel olarak anlamlı değilken tüm zaman dilimlerinin %90'ından daha az olmak kaydıyla son zaman dilimlerinde kesintisiz anlamlı sıcak/soğuk konumu ifade eder.
	Yoğunlaşan Sıcak/ Soğuk Konum	Son zaman dilimi de dahil olmak üzere zaman dilimi aralıklarının %90'ı için istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk konumu ifade eder. Ayrıca yüksek/düşük değerlerin her zaman dilimindeki kümelenme yoğunluğu genel olarak artmaktadır ve bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır.
	Sürekli Sıcak/ Soğuk Konum	Zaman dilimi aralıklarının %90'ı için istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk konum olan ve zaman içinde kümelenme yoğunluğunda fark edilebilir bir trend olmayan konumu ifade eder.
	Azalan Sıcak/ Soğuk Konum	Son zaman dilimi de dahil olmak üzere zaman dilimi aralıklarının %90'ı için istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk konumu ifade eder. Ayrıca yüksek/düşük değerlerin her zaman dilimindeki kümelenme yoğunluğu genel olarak azalmaktadır ve bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır.
	Nadir Sıcak/ Soğuk Konum	Dönem dönem aralıklarla istatistiksel olarak anlamlı sıcak/soğuk konum olup diğer dönemlerde anlamsız olan ve tüm zaman dilimlerinin %90'ından daha az olmak kaydıyla istatistiksel olarak anlamlı sıcak/soğuk konumu ifade eder.
	Salımlı Sıcak/ Soğuk Konum	Önceki bir zaman diliminde istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk konum olma geçmişine sahip olan, son zaman dilimi için istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk konumu ifade eder. Zaman dilimi aralıklarının %90'ından azı istatistiksel olarak anlamlı sıcak/soğuk konumlar olmuştur.
	Zamansal Sıcak/ Soğuk Konum	En yakın zaman dilimi sıcak/soğuk konum değildir. Ancak zaman dilimi aralıklarının en az %90'ında istatistiksel olarak anlamlı sıcak/soğuk konumları ifade eder.

## 2.5 Yerel Kümelenme ve Aykırılık Analizi

Yerel Kümelenme ve Aykırılık Analizi diğer konum-zaman temelli analizler gibi Konum-Zaman Küpü'nü girdi olarak kullanmaktadır. Anselin Local Moran's I istatistik yöntemini kullanarak konum-zaman bilgisi içeren veri setlerindeki istatistiksel olarak anlamlı olan zamansal kümelenme ve aykırılıkları değerlendirir. Verilerin komşularından hem konum hem de zaman açısından istatistiksel olarak farklılık sergileyen alanları tespit etmeyi sağlar (Anselin, 1995; Bennett vd. 2020; Cheng vd., 2020; Halimi vd., 2020; Kowe vd., 2020; Zhang vd., 2019). Bu amaçlar doğrultusunda bu analiz tekniğinde Local Moran's I istatistik değeri, z-skoru, p-değeri ve kümelenme ve aykırılık tipini ifade eden bir sayısal değer hesaplanır. Local Moran's I indeks değeri ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Zhang vd., 2019):

$$I_i = \frac{(n-1)(x_i - \bar{X})}{\sum_{j=1, j \neq i}^n (x_j - \bar{X})^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X}) \quad (9)$$

Eşitlikte  $I_i$  Local Moran's I indeks değerini,  $x_i$   $i$ 'nci kutunun konum-zaman komşuluğu içindeki  $j$ 'nci kutu için öznitelik değerini,  $w_{i,j}$   $i$ 'nci ve  $j$ 'nci kutular arasındaki konumsal ağırlıkları,  $n$  ise konum zaman küpü içerisindeki toplam kutu sayısını,  $\bar{X}$  konum zaman küpündeki  $i$ 'nci kutunun uzay-zamansal komşuluğundaki tüm kutulardaki ilgili değişken için ortalamasını ifade eder. z-skoru ise aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

$$z_{I_i} = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{D[I_i]}} \quad (10)$$







$$E[I_i] = - \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j}}{n-1} \quad (11)$$

$$D[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2 \quad (12)$$

Eşitlikte  $z_{I_i}$  z-skoru istatistik değerini,  $E[I_i]$ ,  $I_i$  için beklenen değeri ve  $D[I_i]$  ise  $I_i$ 'nin varyansını ifade etmektedir.

Local Moran's I indeks değeri pozitif bir değere sahipse bu durum bir küp içerisindeki bir kutunun benzer yüksek veya düşük öznitelik değerlerinde sahip komşu kutulara sahip olduğu anlamına gelir ve bu kutu bir kümenin parçası olarak tanımlanır. Ancak negatif indeks değeri, bir kutunun farklı değerlere sahip komşu kutulara sahip olduğu anlamına gelir ve bu kutu aykırı olarak tanımlanır. Başka bir ifade ile  $p=0.05$  istatistiksel anlamlılık derecesi için eğer  $z_{I_i} > 1.96$  ise küpü oluşturan değişkenin değeri için küp içerisindeki bir kutunun değeri konum-zaman komşuluğundaki kutunun değerine benzer olup, Yüksek-Yüksek ya da Düşük-Düşük Kümelenme örüntüsü sergilemektedir. Eğer  $z_{I_i} < -1.96$  ise istatistiksel anlamlılığa sahip konumsal aykırılıklar belirlenmektedir. Bu durumda Yüksek değere sahip kutular Düşük değere sahip komşu kutular ile çevrelendiğinde Yüksek-Düşük Aykırılık, Düşük değere sahip kutular Yüksek değere sahip komşu kutular ile çevrelendiğinde ise Düşük-Yüksek Aykırılık örüntüleri belirlenmektedir.  $z_{I_i} = 0$  olması ise küpü oluşturan değişkenin rastgele bir dağılım gösterdiğini ifade etmektedir. Bu kapsamda CBS tabanlı Yerel Kümelenme ve Aykırılık Analizi 6 farklı kategoride sonuçlar üretir. 2 kategori Yüksek-Yüksek ve Düşük-Düşük değer kümelenmelerini, 2 kategori Yüksek-Düşük ve Düşük-Yüksek aykırılıklarını temsil eder. Diğer kategorilerden birisi zamansal-konumsal olarak anlamlı bir değişim olmadığını ifade ederken, diğeri ise zaman içerisinde bir konumun farklı tipler sergilediğini ifade eder. Oluşturulan her bir örüntü kategorisinin sembolajileri ve açıklamaları Tablo 2'de detaylı biçimde verilmiştir.

**Tablo 2:** Yerel Kümelenme ve Aykırılık Analizi örüntü kategorileri ve açıklamaları

Semboloji	Kategori	Açıklama
	Anlamlı Değil	Hiçbir zaman istatistiksel olarak anlamlı bir yerin olmadığı konumu ifade eder.
	Yüksek-Yüksek Kümelenme	Zaman içinde istatistiksel olarak anlamlı olan tek türün Yüksek-Yüksek Kümelenme örüntüsü sergilediği konumu ifade eder.
	Yüksek-Düşük Aykırılık	Zaman içinde istatistiksel olarak anlamlı olan tek türün Yüksek-Düşük Aykırılık örüntüsü sergilediği konumu ifade eder.
	Düşük-Yüksek Aykırılık	Zaman içinde istatistiksel olarak anlamlı olan tek türün Düşük-Yüksek Aykırılık örüntüsü sergilediği konumu ifade eder.
	Düşük-Düşük Kümelenme	Zaman içinde istatistiksel olarak anlamlı olan tek türün Düşük-Düşük Kümelenme örüntüsü sergilediği konumu ifade eder.
	Çoklu Tip	Zaman içinde istatistiksel olarak anlamlı birden çok küme türünün ve aykırı değer türlerini içeren konumu (örneğin bazı zamanlarda bir konum Yüksek-Düşük Aykırılık sergilerken ve bazı zaman dilimleri sırasında Düşük-Düşük Kümelenme örüntüsü sergilemiştir) ifade eder.





Çalışma kapsamında konut tipindeki taşınmazların zaman-konuma bağlı değer değişim dinamiklerinin belirlenmesi amacıyla 2019 Ocak-2023 Aralık arası dönemi kapsayan çalışma alanı konut m<sup>2</sup> birim fiyatları Endeksa firmasından mahalle düzeyinde aylık olarak temin edilmiştir (URL-7). Temin edilen veriler mahallelere göre CBS ortamında düzenlenerek toplam 60 aydan oluşan 5400 kayıtlı bir veri seti hazırlanmıştır. Diğer taraftan değer değişimleri ile ekonomik değişkenler arasındaki ilişkileri analiz edebilmek için İnşaat Maliyet Endeksi, İnşaat Sektörü Güven Endeksi, kur değişimleri gibi Tablo 3'te detaylı biçimde açıklanan veriler 2019 Ocak-2023 Aralık arası dönemi kapsayacak şekilde temin edilerek analizler için hazır duruma getirilmiştir.

**Tablo 3: Çalışma alanı için temin edilen veri setleri**

Veri Seti	Düzyey	Kaynak
Konut (m <sup>2</sup> ) Birim Fiyatları (F1)	Mahalle	Endeksa
İnşaat Maliyet Endeksi (F2)	Ülke	TÜİK- İnşaat ve Konut
İnşaat Sektörü Ekonomik Güven Endeksi (F3)	Ülke	TÜİK- Ekonomik Güven
Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) (F4)	Ülke	TÜİK- Enflasyon ve Fiyat
Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE) (F5)	Ülke	TÜİK- Enflasyon ve Fiyat
İnşaat Sektörü Ücretli Çalışan Sayısı (F6)	Ülke	TÜİK- İstihdam, İşsizlik ve Ücret
Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (F7)	Ülke	TÜİK- Ulusal Hesaplar
İktisadi Faaliyet Kollarına Göre Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Değişim Oranları (Gayrimenkul) (F8)	Ülke	TÜİK- Ulusal Hesaplar
İktisadi Faaliyet Kollarına Göre Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Değişim Oranları (İnşaat) (F9)	Ülke	TÜİK- Ulusal Hesaplar
Bankalarca Açılan Kredilere Uygulanan Ağırlıklı Ortalama Faiz Oranları (Konut) (F10)	Ülke	TCMB Elektronik Veri Dağıtım Sistemi- Faiz İstatistikleri
Piyasadaki Türk Lirası Verisi, M2, Para Arzı (F11)	Ülke	TCMB Elektronik Veri Dağıtım Sistemi
Bankacılık Sektörü Verileri-Tüketici Kredileri (Konut) (F12)	Ülke	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
Döviz Kurları (Dolar ve Euro) (F13)	Ülke	T.C Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi- Kurlar
Konut Satış İstatistikleri (F14)	İlçe	TÜİK-TKGM Konut Satış İstatistikleri
Yapı Kullanma İzin belgesi istatistikleri (Daire) (F15)	Ülke	TÜİK- İnşaat ve Konut

### 3.2 Taşınmaz Değer Değişimi ve Ekonomik Değişkenlerin İstatistiksel Analiz Teknikleri ile İncelenmesi

Zamansal ekonomik değişkenler ve taşınmaz değeri arasındaki ilişkinin istatistiksel analiz teknikleri ile incelenmesi taşınmazların değer değişim dinamiklerinin oluşmasında etkili olan faktörlerin anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda Tablo 3'te ifade edilen verileri temsil eden değişkenler kullanılarak değişkenlerin her birinin bir önceki aya göre yüzdesel değişimi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanarak model veri seti hazırlanmıştır.

$$\Delta F_i = \frac{F_{i(t_2)} - F_{i(t_1)}}{F_{i(t_1)}} \times 100 \quad (13)$$

Eşitlikte  $\Delta F_i$  ilgili değişkenin  $t_2 - t_1$  dönemi için yüzdesel değişimini,  $F_{i(t_1)}$  ve  $F_{i(t_2)}$  ise ilgili değişkenin sırasıyla  $t_1$  ve  $t_2$  zaman dilimlerindeki değerini ifade etmektedir.

Yüzdesel değişimler kullanılarak hazırlanan veri seti ile bir ÇDR modeli oluşturulmuştur. Modelde konut m<sup>2</sup> birim fiyatlarındaki değişim bağımlı değişken, diğer değişkenlerdeki değişim ise bağımsız değişkenler olarak tanımlanmıştır. Model IBM SPSS Statistics 20 yazılım ortamında oluşturularak performansı değerlendirilmiştir. Modele ilişkin kriter katsayıları ve anlamlılık düzeyleri Tablo 4'te, modelleme performansı ise Tablo 5'te verilmiştir. Modelleme sonuçları yaygın

biçimde kullanılan R<sup>2</sup> değeri üzerinden ele alındığında, modelin bağımsız değişkenlerinin, bağımlı değişkenin varyansının %63.3'ünü açıklamakta olup, bu durum modelin oldukça iyi bir açıklayıcılığa sahip olduğunu ifade etmektedir. Başka bir ifade ile oluşturulan model, konut birim fiyatlarındaki değişim ve ekonomik değişkenlerdeki zamansal değişim arasında güçlü bir ilişki sunmakta olup ve konut m<sup>2</sup> birim fiyatlarını etkileyen faktörlerin önemli bir kısmını açıklamaktadır.

**Tablo 4:** Model kriter katsayıları ve istatistiksel anlamlılık düzeyleri

Model	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standardize Katsayılar	t	Anlamlılık Seviyesi	B için Güven Aralığı (%95)		Çoklu Doğrusallık İstatistikleri	
	B	Std. Hata	Beta			Alt Sınır	Üst Sınır	Tolerans	VEF
(Sabit)	-1.411	0.852		-1.655	0.105	-3.127	0.306		
F2	-0.210	0.215	-0.187	-0.977	0.334	-0.643	0.223	0.222	4.505
F3	0.001	0.057	0.002	0.013	0.990	-0.115	0.116	0.601	1.664
F4	0.530	0.313	0.325	1.692	0.098*	-0.101	1.161	0.220	4.541
F5	0.726	0.262	0.575	2.770	0.008***	0.198	1.254	0.189	5.282
F6	-0.069	0.135	-0.068	-0.510	0.612	-0.340	0.203	0.463	2.159
F7	-0.326	0.199	-0.300	-1.638	0.108	-0.728	0.075	0.243	4.118
F8	2.972	1.325	0.441	2.243	0.030**	0.303	5.641	0.211	4.742
F9	0.213	0.156	0.216	1.365	0.179	-0.101	0.528	0.326	3.064
F10	0.061	0.049	0.155	1.229	0.226	-0.039	0.160	0.515	1.940
F11	0.551	0.159	0.416	3.459	0.001***	0.230	0.871	0.563	1.776
F12	0.400	0.204	0.225	1.959	0.056*	-0.011	0.811	0.620	1.613
F13	-0.328	0.120	-0.392	-2.738	0.009***	-0.570	-0.087	0.397	2.520
F14	0.003	0.011	0.039	0.297	0.768	-0.019	0.026	0.469	2.133
F15	-0.139	0.090	-0.289	-1.550	0.128	-0.320	0.042	0.234	4.272

\*\*\*:  $p < 0.01$ , \*\*:  $p < 0.05$ , \*:  $p < 0.1$ , VEF: Varyans Enflasyon Faktörü

**Tablo 5:** Modelleme performans sonuçları

R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmin Standart Hatası	Durbin-Watson
0.796	0.633	0.519	3.0849703	2.020

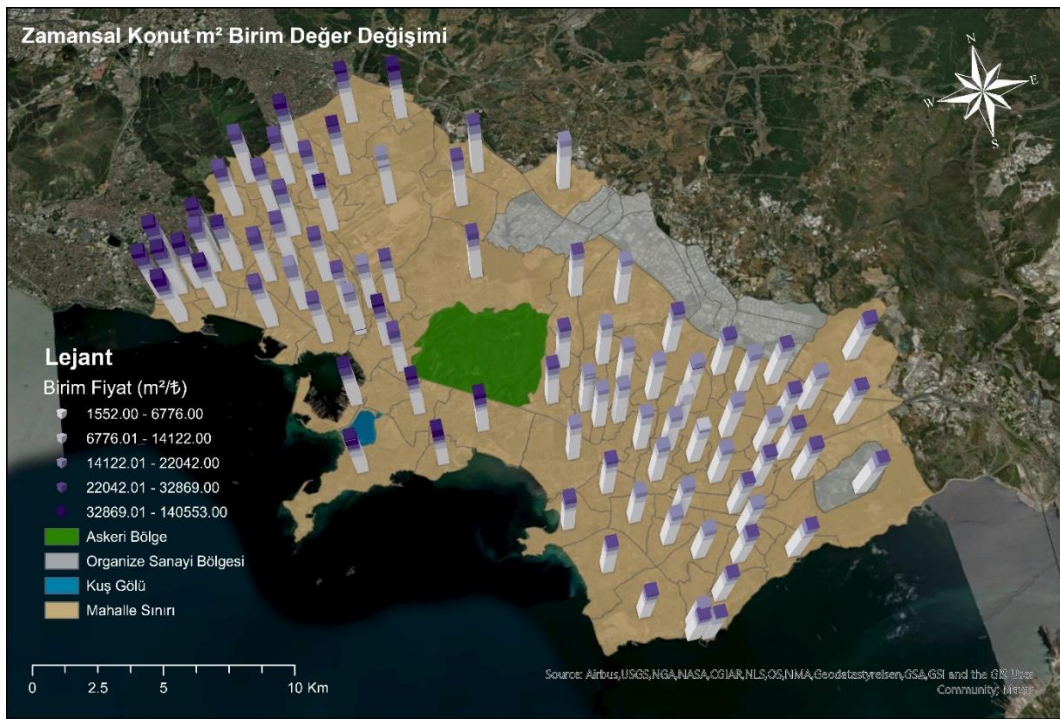
Modelleme sonuçları Tablo 4 üzerinden irdelediğinde; Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) Değişimi (F4), Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE) Değişimi (F5), İktisadi Faaliyet Kollarına Göre Gayrisafı Yurt İçi Hasıla Değişim Oranları (Gayrimenkul) (F8), Bankalarca Açılan Kredilere Uygulanan Ağırlıklı Ortalama Faiz Oranları (Konut) Değişimi (F10), Piyasadaki Türk Lirası Para Arzı Değişimi (F11), Bankacılık Sektörü Verileri-Tüketici Kredileri (Konut) Değişimi (F12) ve Döviz Kurları (Dolar ve Euro) Değişimi (F13) değişkenlerinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan gayrimenkul sektörünün büyüklüğünü temsil eden GSYH, İktisadi Faaliyet Kollarına Göre Değişim Oranları (Gayrimenkul) (F8)'deki değişim konut birim fiyatlarını etkileyen en önemli faktör olup, bu değişimdeki %1'lik bir artış, konut birim fiyatlarındaki değişimi %2.972 oranında artırmaktadır. Yİ-ÜFE Değişimi (F5) ise konut birim fiyatlarındaki değişimi %0.726 oranında artırmakta, bu da üretici fiyatlarındaki artışların konut piyasasına nasıl yansıdığını ortaya koymaktadır. Üçüncü önemli değişken olarak Piyasadaki Türk Lirası Para Arzı Değişimi (F11) öne çıkmakta olup, burada birim artış, konut birim fiyatlarındaki değişimi %0.551 oranında yükseltmektedir. Para arzındaki artışın konut talebini artırdığı ve birim fiyatların yükselmesine neden olduğu anlaşılmaktadır. TÜFE Değişimi (F4) ise konut birim fiyatlarındaki değişim üzerinde %0.530 oranında bir etki oluşturmakta; bu da genel enflasyonun konut piyasası üzerindeki etkisini yansıtmaktadır. Bankacılık Sektörü Verileri-Tüketici Kredileri (Konut) Değişimi (F12) ise konut birim fiyatlarındaki değişim üzerinde %0.400 oranında bir pozitif etki göstermektedir. Tüketici kredilerindeki artışın konut birim fiyatlarındaki artışı da etkileyebileceğini



düşündürmektedir. Bu durum ise tüketici kredileri miktarların artması ile konuta olan talebin ve dolayısıyla ipotekli konut satışlarının artmasının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Döviz Kurları (Dolar ve Euro) Değişimindeki (F13) artış ise konut birim fiyatlarındaki değişimi negatif yönde etkileyerek yaklaşık %0.328 oranında bir düşüşe neden olmaktadır. Bu durum ise döviz kurlarındaki dönemsel sıçramaların olması ve sonrasında değişimin nispeten durağan olmasının bir etkisi olarak düşünülebilir.

### 3.3 Konum-Zaman Küp Modelinin Oluşturulması

Bu çalışma kapsamında konut m<sup>2</sup> birim değer değişimlerinin konumsal-zamansal analizi için çalışma alanı sınırları içerisinde ArcGIS Pro 3.3 yazılımında NetCDF veri formatında bir Konum-Zaman Küpü oluşturulmuştur. Küpte girdi olarak 2019 Ocak-2023 Aralık dönemindeki aylık ortalama konut m<sup>2</sup> birim değerleri kullanılmış olup, küp mahalle sınırlarına göre oluşturulmuştur. Oluşturulan küpün Şekil 5'teki gibi 3B görselleştirilmesi gerçekleştirilerek, verilerin konuma bağlı zamansal değişimlerinin incelenmesine olanak sağlanmıştır.

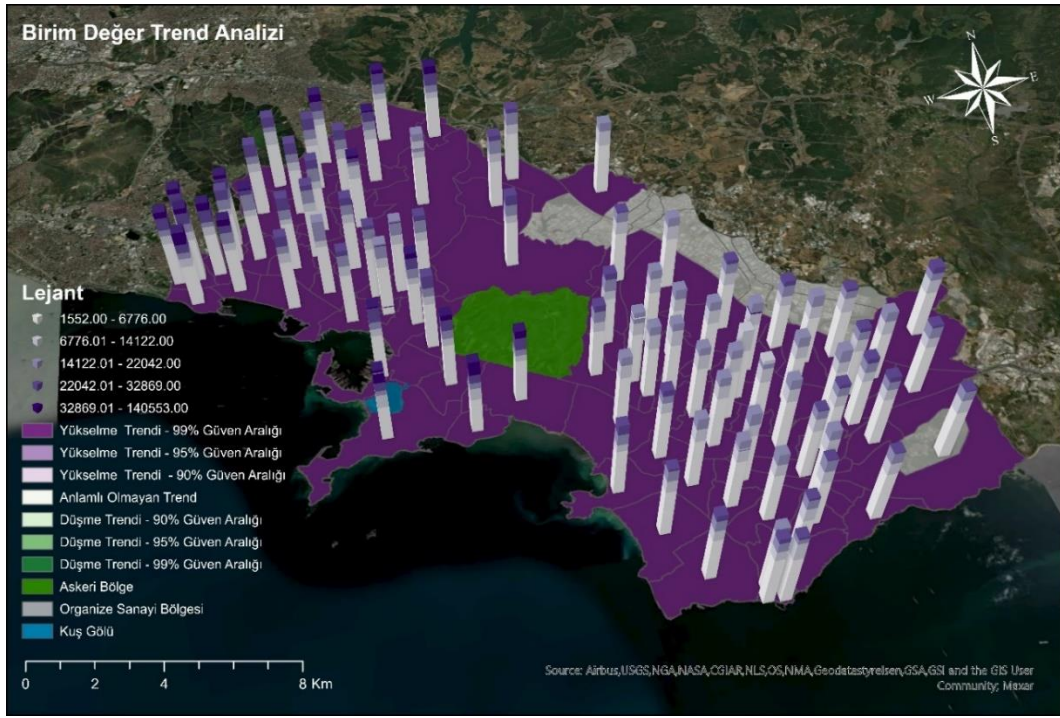


Şekil 5: Birim değer Konum-Zaman Küpünün 3B görselleştirilmesi

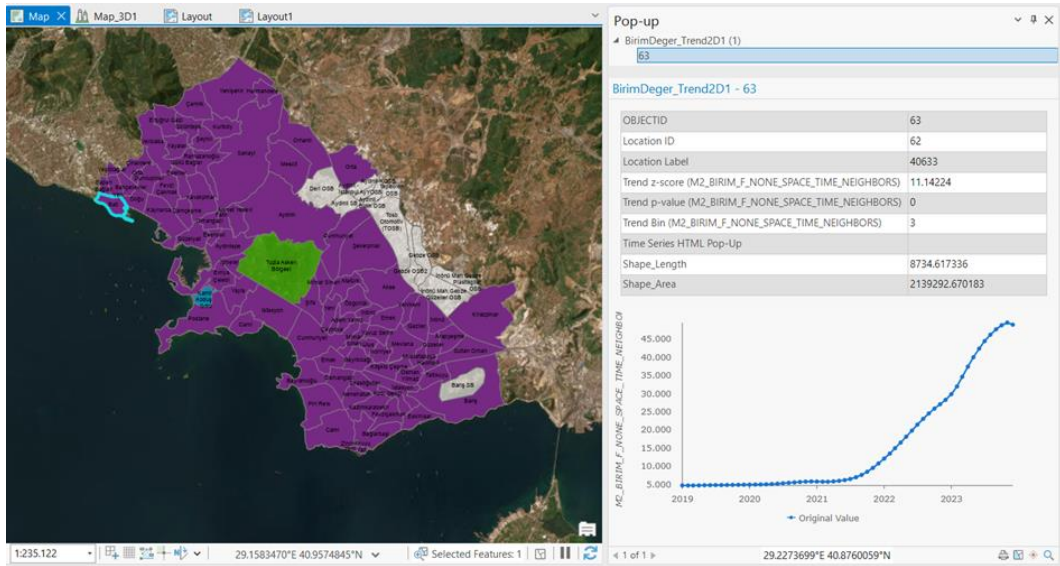
### 3.4 Konum-Zaman Küp Modeli ile Zamansal Analizler

#### 3.4.1 Konumsal-Zamansal Trend Analizi

Konut m<sup>2</sup> birim değerleri ile üretilen Konum-Zaman Küpü ilk olarak Konumsal-Zamansal Trend Analizi'nde girdi olarak tanımlanmıştır. Ardından küp kullanılarak Konumsal-Zamansal Trend Analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 6'da verilen analiz sonuçları irdelendiğinde konut m<sup>2</sup> birim değerleri açısından çalışma alanındaki tüm mahallelerin %99 güven aralığında yükselme trendi gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca zamansal birim m<sup>2</sup> değer değişim grafikleri her bir mahalle için Şekil 7'deki gibi üretilmiştir. Üretilen grafikler üzerinden mahallelerin zamansal değer değişimleri aylık olarak incelenebilmektedir.



Şekil 6: Birim değer Konum-Zaman Küpü ile trend analizi

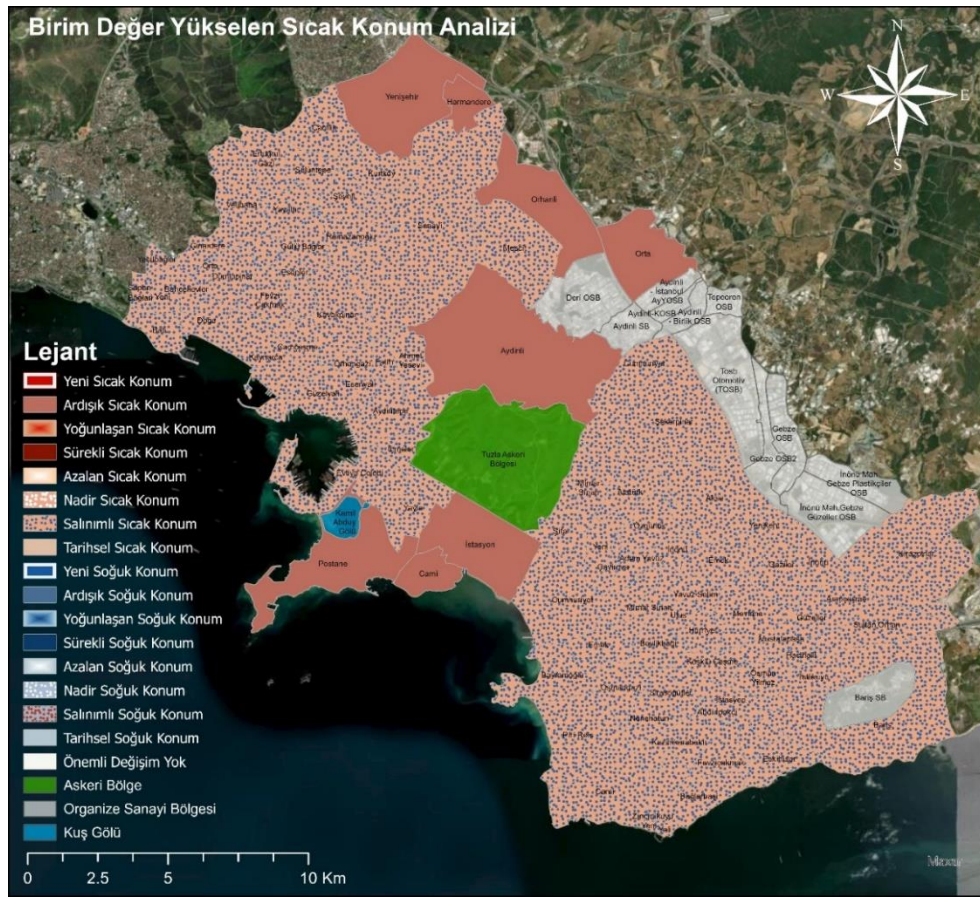


Şekil 7: Mahalle bazlı zamansal birim değer trend grafiklerinin oluşturulması

### 3.4.2 Yükselen Sıcak-Konum Analizi

Oluşturulan Konum-Zaman Küpü kullanılarak diğer bir konumsal-zamansal analiz olan Yükselen Sıcak-Konum Analizi gerçekleştirilmiştir (URL-8). Şekil 8'deki analiz sonuçları irdelendiğinde çalışma alanında Ardışık Sıcak Konum ve Salımlı Sıcak Konum kategorilerinde zamansal örüntüler tespit edilmiştir. Bu bağlamda Tuzla ilçesinin güneyinde Postane, Cami ve İstasyon mahalleleri ile kuzeyinde Orhanlı ve Orta mahalleleri; Pendik ilçesinin kuzeyindeki Yenişehir ve Harmandere mahalleleri Ardışık Sıcak Konum kategorisine dâhil olmuştur. Çalışma alanındaki tüm diğer mahallelerin ise Salımlı Sıcak Konum kategorisine dâhil olduğu tespit edilmiştir.

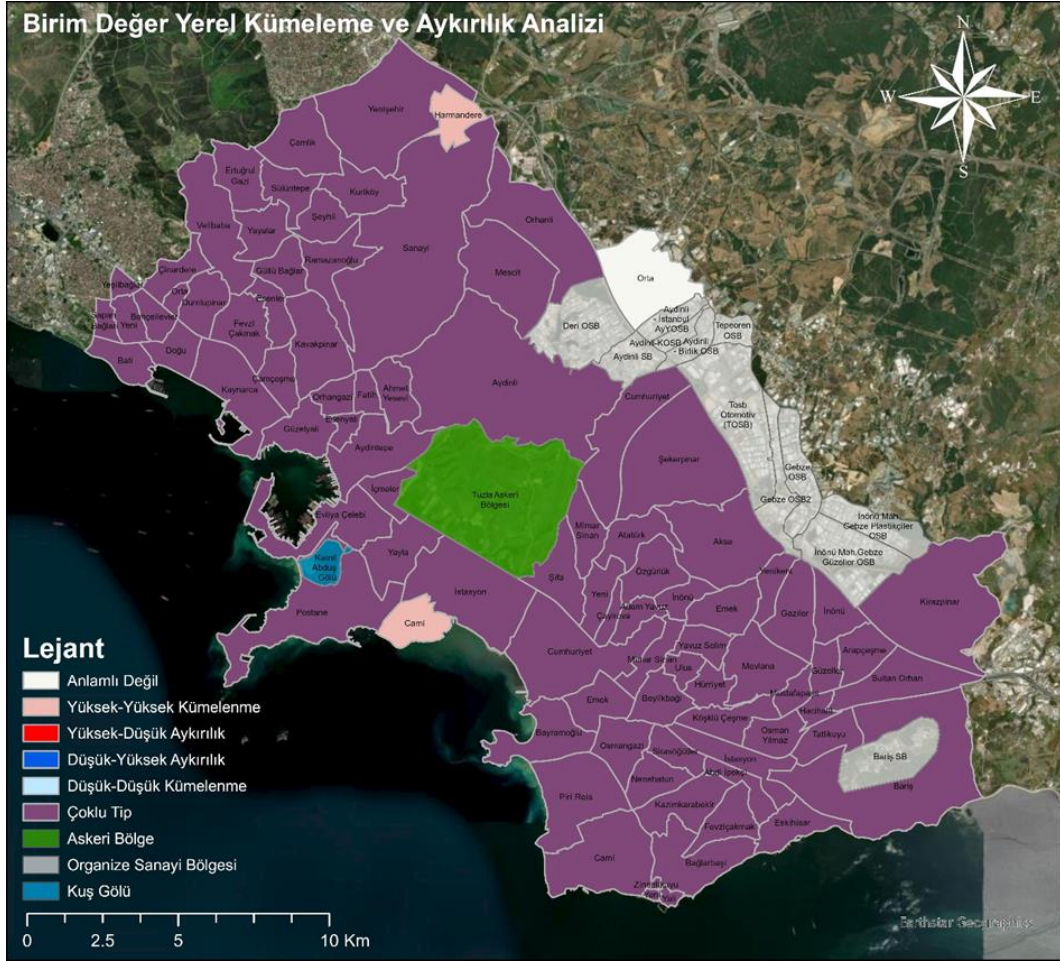




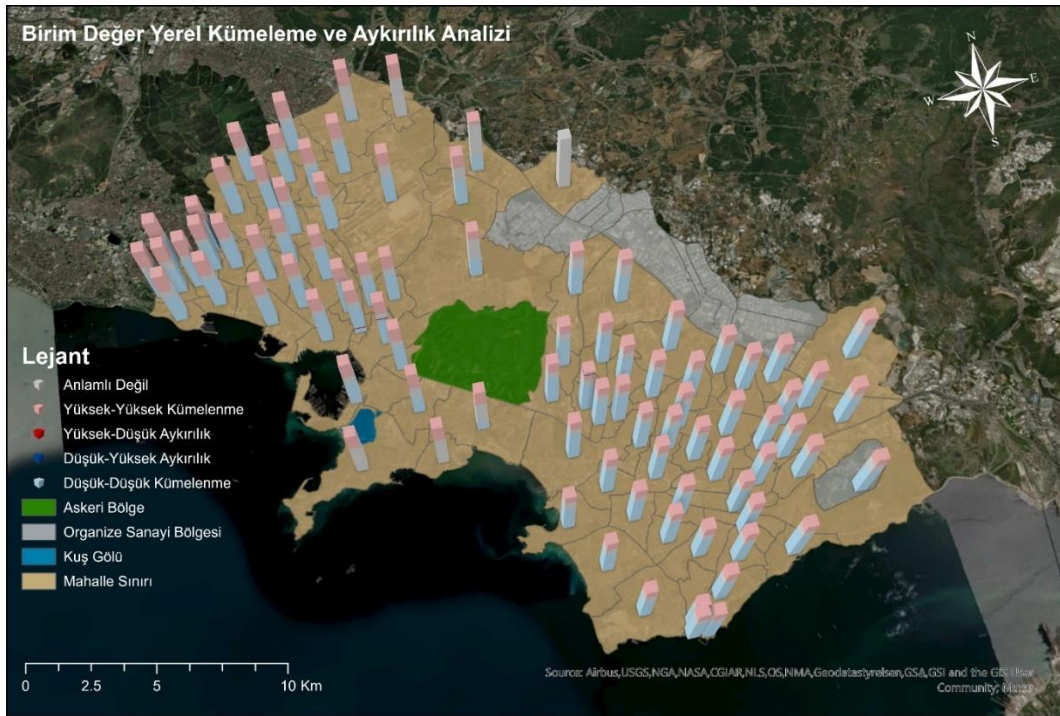
Şekil 8: Birim değer Konum-Zaman Küpü ile Yükselen Sıcak-Konum analizi

### 3.4.3 Yerel Kümelenme ve Aykırılık Analizi

Yükselen Sıcak-Konum Analizi'ne benzer şekilde oluşturulan Konum-Zaman Küpü kullanılarak Yerel Kümelenme ve Aykırılık Analizi gerçekleştirilmiştir (URL-9). Şekil 9'daki analiz sonuçları irdelendiğinde Tuzla ilçesindeki Cami Mahallesi ve Pendik ilçesindeki Harmandere Mahallesi'nin Yüksek-Yüksek Kümelenme kategorisinde olduğu, diğer tüm mahallelerin ise Çoklu Tip kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Diğer mahallelerde konut birim fiyatlarının zaman içerisinde daha dalgalı bir seyir izlediği görülmüşken, Cami ve Harmandere Mahalleleri'nin diğer mahallelere göre konut birim fiyatlarında yüksek-yüksek kümelenme göstererek daha istikrarlı olduğu görülmektedir. Bu durum yeni projeler ve yatırımlar, ulaşım kolaylıkları, bölgenin sosyoekonomik yapısındaki gelişmelerle yakından ilişkilendirilebilir. Ayrıca analiz sonuçları zamansal 3B olarak görselleştirilmiştir. Konut m<sup>2</sup> birim değerlerinin zamansal olarak kümelenme ve aykırılık gösterdiği dönemler belirlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 9: Birim değer Konum-Zaman Küpü ile Yerel Kümeleme ve Aykırılık Analizi



Şekil 10: Birim değer Konum-Zaman Küpü ile Yerel Kümeleme ve Aykırılık Analizi 3B görselleştirme



#### 4. Sonuç ve Öneriler

Taşınmazlar ülke ekonomilerinin temel yapı unsurlarından birisi olup, ekonominin pek çok alanında kritik bir rol oynar. Taşınmaz sektörü doğrudan ve dolaylı olarak birçok sektörü etkileyerek, ekonomik döngünün oluşmasına katkı sağlamaktadır. Taşınmazların yatırım aracı olarak ve bankacılık faaliyetlerinde sigorta olarak kullanılması değer değişim dinamiklerinin analiz edilmesinin önemine işaret etmektedir. Bu bağlamda taşınmazların konum ve zamana bağlı olarak değer değişim dinamiklerinin modellenmesi, taşınmaz piyasasında stratejik kararlar almak için büyük önem taşımaktadır. Bu süreçte, taşınmazların değer değişimini etkileyen zamana bağlı ekonomik unsurların istatistiksel tekniklerle modellenerek piyasa dinamiklerinin anlaşılması, yatırımcılara ve politika yapıcılara taşınmazlar için önemli altlıklar teşkil eder. Taşınmazların değer değişim dinamiklerinin konum ve zamana göre analiz edilmesi, ekonomik risklerin optimize edilmesi ve taşınmaz geliştirme faaliyetlerinin en etkin ve verimli biçimde değerlendirilmesine yönelik önemli avantajlar sağlar.

Bu çalışma kapsamında konut tipindeki taşınmazların zamansal değer değişim dinamiklerinin belirlenebilmesi için İstanbul'un Pendik ve Tuzla ilçeleri ile Kocaeli ilinin Gebze, Çayırova ve Darıca ilçelerindeki mahallerde 2019 Ocak-2023 Aralık döneminde pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. 14 ekonomik değişkenle oluşturulan modelde Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) Değişimi, Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE) Değişimi, İktisadi Faaliyet Kollarına Göre Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Değişim Oranları (Gayrimenkul), Bankalarca Açılan Kredilere Uygulanan Ağırlıklı Ortalama Faiz Oranları (Konut) Değişimi, Piyasadaki Türk Lirası Para Arzı Değişimi, Bankacılık Sektörü Verileri-Tüketici Kredileri (Konut) Değişimi ve Döviz Kurları (Dolar ve Euro) Değişimi değişkenlerinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan taşınmazların konum-zamansal değer değişim dinamiklerinin belirlenebilmesi için oluşturulan Konum-Zaman Küp modeli ile CBS tabanlı analizler gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen Konumsal-Zamansal Trend Analizi ile tüm mahallelerin %99 güven aralığında yükselme trendi gösterdiği tespit edilirken, Yükselen Sıcak-Konum Analizi ile Ardışık Sıcak Konum ve Salımlı Sıcak Konum kategorilerinde zamansal örüntüler tespit edilmiştir. Böylelikle taşınmazların konumsal-zamansal değer değişim dinamiklerinin CBS ve istatistiksel analiz teknikleri ile etkin biçimde belirlenebileceği sonuçlarla desteklenmiştir. Ayrıca bu çalışma ekonomik değişkenler ve değer değişimi arasındaki ilişkilerin ÇDR gibi istatistiksel modeller yardımıyla önemli ölçüde açıklanabilmesinin yanı sıra konumsal-zamansal değer değişimlerinin CBS ortamında konumsal-zamansal analiz teknikleri ile değerlendirilmesi literatüre bütünlük bir metodoloji sunmaktadır. Önerilen hibrit yaklaşım ile kentsel alanlarda taşınmazların konumsal-zamansal değer değişim dinamiklerinin belirlenmesi, taşınmaz sektöründe doğru stratejiler geliştirmek ve yatırım kararlarını optimize etmek için kullanılabilir.

Taşınmaz değer değişiminde etkili faktörlerin hem zamansal hem konumsal analizi, yerelle ve taşınmazlarla ilişkili ulusal ekonominin faaliyetlerinin sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi, sosyal refahın artırılması ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu olarak sürdürülebilir şehir ve toplulukların oluşmasına katkı sağlayabilir. Ayrıca gelecek çalışmalarda taşınmaz değerinin Konum-Zaman Küp modeli zaman serisi teknikleri ile kullanılarak belirli bir bölgedeki taşınmaz değerlerinin yıllık, mevsimlik veya aylık değişimleri analiz edilebilir. Kentsel ve kırsal farklı coğrafi alanlarda, değer dalgalanmalarının nasıl olduğu ilgili yerleşim yerinde zamana bağlı olarak izlenebilir. Bir bölgedeki taşınmaz değerlerinin zaman içindeki gelişimi incelenerek yatırım potansiyeli taşıyan yerler tespit edilebilir. Taşınmaz geliştirme projelerine bağlı olarak, hangi bölgelerde değer artışlarının ivme kazandığı ve hangi bölgelerde ise azalma olduğu belirlenebilir. Bu kapsamda, kentsel dönüşüm, yeni ulaşım projeleri veya imar planlarının gayrimenkul değerleri üzerindeki etkilerini analiz etmek için kullanılabilir. Konum-Zaman Küpü, deprem gibi doğal afetlerin, ekonomik krizler ve salgınların taşınmaz değerleri üzerindeki etkilerini ve ilgili konumlarda nasıl farklılık gösterdiğini incelemek için kullanılabilir. Ayrıca bu modelleri kullanarak, bir bölgede yaşanan ekonomik büyüme veya küçülme gibi sosyoekonomik faktörlerin taşınmaz değerleri üzerindeki uzun vadeli etkilerini izlemek mümkün olabilir.

## Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 122R021 no'lu 1001 projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında kullanılan taşınmaz değer verilerinin sağlanmasında Endeksa firmasına katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

## Yazar Katkısı

**Süleyman Şişman:** Yazım, Veri Analizi. **Nilay Telliöğlü:** Literatür Taraması, Veri Toplama, Yazım, Veri Analizi. **Arif Çağdaş Aydınöğlü:** Fikir, Kavramsallaştırma, Metodoloji.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu çalışmada bilinen ilgili herhangi bir finansal veya finansal olmayan çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Kaynaklar

- Akça, T. (2023). House price dynamics and relations with the macroeconomic indicators in Turkey. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 16(4), 812-827.
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis*, 27(2), 93-115.
- Arslan, İ. (2007). *Konut ekonomisi*. Sakarya: Sakarya Yayıncılık.
- Bennett, L., Vale, F., Nieto, A. (2020). Spatial Data Mining: Cluster Analysis and Space-Time Analysis. *2020 ESRI Federal GIS Conference*, <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/events/conferences/2020/federal-gis/means-and-medians-to-machine-learning-spatial-statistics-basics-and-innovations.pdf>
- Cheng, S., Zhang, B., Peng, P., Yang, Z., & Lu, F. (2020). Spatiotemporal evolution pattern detection for heavy-duty diesel truck emissions using trajectory mining: A case study of Tianjin, China. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118654.
- Cressie, N., & Wike, C. K. (2015) *Statistics for spatio-temporal data*. Singapore: John Wiley & Sons.
- Cunha, A. M., & Lobão, J. (2021). The determinants of real estate prices in a European context: a four-level analysis. *Journal of European Real Estate Research*, 14(3), 331-348.
- Çetin, A.C. (2021). Türkiye'de konut fiyatlarına etki eden faktörlerin analizi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 5(1), 1-30.
- Erdoğan, S., & Memduhoğlu, A. (2019). A spatiotemporal exploratory analysis of real estate sales in Turkey using GIS. *Journal of European Real Estate Research*, 12(2), 207-226.
- Erkek, M., Çayırılı, K., & Hepsen, A. (2020). Predicting house prices in Turkey by using machine learning algorithms. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, 9(4), 31-38.
- Ertürk, H., & Sam, N. (2016). *Kent ekonomisi*. Ekin Yayınevi.
- Gebeşoğlu, P. F. (2019). Housing price index dynamics in Turkey. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 14, 100-107.
- Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical analysis*, 24(3), 189-206.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science?. *Ninth European Congress of the Regional Science Association*, 24, 7-21.
- Halimi, L., Bagheri, N., Hoseini, B., Hashtarkhani, S., Goshayeshi, L., & Kiani, B. (2020). Spatial analysis of colorectal cancer incidence in Hamadan Province, Iran: a retrospective cross-sectional study. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 13, 293-303.
- Huang, Z. (2021). Spatiotemporal evolution patterns of the COVID-19 pandemic using space-time aggregation and spatial statistics: a global perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(8), 519.
- İslamoğlu, B., & Nazlıoğlu, Ş. (2019). Enflasyon ve konut fiyatları: İstanbul, Ankara ve İzmir için panel veri analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 93-99.

- James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., & Taylor, J. (2023). *Linear regression*. James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., & Taylor, J. (Ed). *An introduction to statistical learning: With applications in python*. 69-134. Springer Cham.
- Karadaş, H. A., & Salihoğlu, E. (2020). Seçili makroekonomik değişkenlerin konut fiyatlarına etkisi: Türkiye örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 16(1), 63-80.
- Kiel, K. A., & Zabel, J. E. (2008). Location, location, location: The 3L Approach to house price determination. *Journal of Housing Economics*, 17(2), 175-190.
- Kitapci, O., Tosun, Ö., Tuna, M. F., & Turk, T. (2017). The use of artificial neural networks (Ann) in forecasting housing prices in Ankara, Turkey. *Journal of Marketing and Consumer Behaviour in Emerging Markets*, 1(5), 4-14.
- Kowe, P., Mutanga, O., Odindi, J., & Dube, T. (2020). A quantitative framework for analysing long term spatial clustering and vegetation fragmentation in an urban landscape using multi-temporal landsat data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 88, 102057.
- Kveladze, I., Kraak, M. J., & van Elzakker, C. P. (2019). Cartographic design and the space-time cube. *The Cartographic Journal*, 56(1), 73-90.
- Mo, C., Tan, D., Mai, T., Bei, C., Qin, J., Pang, W., & Zhang, Z. (2020). An analysis of spatiotemporal pattern for COIVD-19 in China based on space-time cube. *Journal of Medical Virology*, 92(9), 1587-1595.
- Ogneva-Himmelberger, Y., & Haynes, M. (2022). Using space-time cube to analyze trends in adverse birth outcomes and maternal characteristics in Massachusetts, USA. *GeoJournal*, 87(4), 2491-2504.
- Ören, K., & Yüksel, H. (2013). Türkiye’de konut sorunu ve temel dinamikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18, 47-84.
- Rabiei-Dastjerdi, H., & McArdle, G. (2021). Novel exploratory spatiotemporal analysis to identify sociospatial patterns at small areas using property transaction data in Dublin. *Land*, 10(6), 566.
- Requia, W. J., Roig, H. L., Koutrakis, P., & Adams, M. D. (2017). Modeling spatial patterns of traffic emissions across 5570 municipal districts in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 148, 845-853.
- Türk, T., Tunab, M. F., & Kitapci, O. (2017). Estimating the residence price by linear regression model and Geographical Information Systems (GIS). *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 4, 208-218.
- Wu, P., Meng, X., & Song, L. (2022). Identification and spatiotemporal evolution analysis of high-risk crash spots in urban roads at the microzone-level: Using the space-time cube method. *Journal of Transportation Safety & Security*, 14(9), 1510-1530.
- Yalpır, Ş. (2018). Enhancement of parcel valuation with adaptive artificial neural network modeling. *Artificial intelligence review*, 49, 393-405.
- Ye, W. F., Ma, Z. Y., & Ha, X. Z. (2018). Spatial-temporal patterns of PM<sub>2.5</sub> concentrations for 338 Chinese cities. *Science of The Total Environment*, 631, 524-533.
- Zandi, G., Mahadevan, A., Supramaniam, L., Aslam, A., & Theng, L. K. (2015). The economical factors affecting residential property price: The case of Penang island. *International Journal of Economics and Finance*, 7(12).
- Zhang, Z., Ming, Y., & Song, G. (2019). Identify road clusters with high-frequency crashes using spatial data mining approach. *Applied Sciences*, 9(24), 5282.
- Zhang, Y., Liu, X., Liu, M., Zou, X., Zhang, Q., & Peng, T. (2021). Multi-Scale Spatiotemporal Change Characteristics Analysis of High-Frequency Disturbance Forest Ecosystem Based on Improved Spatiotemporal Cube Model. *Remote Sensing*, 13(13), 2537.
- URL-1: Türkiye Hanehalkı Finansal Algı ve Tutum Araştırması (2020). <https://www.cbfo.gov.tr/turkiye-hanehalkifinansal-almi-ve-tutum-arastirmasi> (Erişim Tarihi: 15 Ocak 2020).
- URL-2: TÜİK-İnşaat Maliyet Endeksi (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Construction-Cost-Index-July-2024-53666> (Erişim Tarihi: 30 Ekim 2024).
- URL-3: TÜİK-Tüketici Fiyat Endeksi (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tuketici-Fiyat-Endeksi-Haziran-2024-53616> (Erişim Tarihi: 30 Ekim 2024).
- URL-4: TCMB-Bankalarca Açılan Kredilere Uygulanan Ağırlıklı Ortalama Faiz Oranları (2024). <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tr/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Faiz+Istatistikleri/Bankalarca+Acilan+Kredi/> (Erişim Tarihi: 30 Ekim 2024).
- URL-5: TÜİK-Nüfus ve Demografi İstatistikleri (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> (Erişim Tarihi: 30 Ekim 2024).



Tarihi: 30 Ekim 2024).

URL-6: TÜİK-Konut Satış İstatistikleri (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Konut-Satis-Istatistikleri-Haziran-2024-53760> (Erişim Tarihi: 30 Ekim 2024).

URL-7: Endeksa (2024). <https://www.endeksa.com/tr/analiz/turkiye/endeks/satilik/konut> (Erişim Tarihi: 30 Ekim 2024).

URL-8: Emerging Hot Spot Analysis-Space Time Pattern Mining (2024). <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/space-time-pattern-mining/emerginghotspots.htm> (Erişim Tarihi: 30 Ekim 2024).

URL-9: Local Outlier Analysis -Space Time Pattern Mining (2024). <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/space-time-pattern-mining/localoutlieranalysis.htm> (Erişim Tarihi: 30 Ekim 2024).