

**Makale  
(Article)**

## **Epidemiyolojide CBS Uygulamaları: Konumsal Kümeleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması-Menenjit Örneği**

**Saffet ERDOĞAN\***

\*Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fak. Harita Müh. Böl., 03200 Afyonkarahisar/TÜRKİYE  
[serdogan@aku.edu.tr](mailto:serdogan@aku.edu.tr)

### **Özet**

Günümüzde coğrafi bilgi sistemleri epidemiyolojik uygulamalarda, hastalık verilerinin görselleştirilmesinde ve analizinde oldukça popüler bir araç olmuştur. Coğrafi bilgi sistemleri bünyesinde kullanılan konumsal ve zamansal analizler toplum sağlığı ve çevresel uygulamalarda, hastalıkların yoğunlaştıkları yerlerin tespitinde kullanılmaktadır. Bu çalışma, kamu sağlığı açısından gerekli koruyucu önlemlerin alınması için coğrafi bilgi sistemleri destekli konumsal analizlerle menenjit hastalığının yoğunlaştığı yerlerin belirlenmesini hedeflemektedir. Sonuçlar ülkemizde bu hastalığın dağılımının tesadüfi olmadığını ve kümelenme özelliği gösterdiğini belirlemiştir. Bu çalışma ile konumsal analiz uygulamalarının hastalıkların epidemiyolojisini anlamada önemli olduğu gösterilmiştir. Yine bu analizlerin kullanımıyla hastalıklar açısından yüksek risk taşıyan yerlerin belirlenmesi ve uygun koruyucu önlemlerin alınımında etkinlik sağlanacağı açıktır.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Konumsal Analiz, Konumsal Oto-Korelasyon, Menenjit

## **GIS Applications in Epidemiology: A Comparison of Spatial Clustering Methods-Example of Meningococcal**

### **Abstract**

Geographical information system technology has been a popular tool for visualization and analysis of disease data in epidemiology. Geographical information systems aided spatial and temporal analysis can be used to detect disease clustering in public and environmental health researches. This study aimed to explore geographical information systems aided spatial analysis of distribution of meningococcal between provinces of Turkey to implement precautionary measures and provisions by health agencies for public health. Results of analyses indicated that this disease is not spatially random and form clusters in the country. Spatial analyses and statistic significantly contribute to the understanding the epidemiology of diseases. With the aid of these analyses, it will be effective to monitor and identify high rate disease locations or regions, and to implement precautionary measures and provisions.

**Keywords:** Geographical Information System (GIS), Spatial Analysis, Spatial Autocorrelation, Meningococcal

## **1. GİRİŞ**

Bilgisayar kullanımındaki gelişmelere paralel olarak coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kavramı da diğer birçok ülkeler gibi ülkemizde de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde CBS, geniş uygulama alanları bulmuş ve coğrafi verinin analizini gerektiren problemlerin çözümünde anahtar bir rol oynamaktadır. Konuma dayalı istatistiksel metotların CBS bünyesinde artması da CBS'nin farklı disiplinlerce kullanımını artırarak disiplinler arası işbirliklerinin yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır [1].

*Bu makaleye atıf yapmak için*

*Erdoğan, S., " Epidemiyolojide CBS Uygulamaları: Konumsal Kümeleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması-Menenjit Örneği" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2010, 2(2) 23-31*

*How to cite this article*

*Erdoğan, S., " GIS Applications in Epidemiology: A Comparison of Spatial Clustering Methods-Example of Meningococcal" Electronic Journal of Map Technologies, 2010,2 (2) 23-31*

Bu disiplinlere örnek olarak; coğrafya, kartografya, uzaktan algılama, matematik, istatistik, yönetim, inşaat mühendisliği, meteoroloji, kıyı coğrafyası, şehir ve bölge planlama, ormancılık, ölçme ve yer bilimleri gösterilebilir. Son zamanlarda da sağlık coğrafyası, epidemiyoloji, hizmet yönetimi, arkeoloji, hukuk ve eğitim konuları yeni CBS uygulama alanları olarak ortaya çıkmıştır [2].

CBS'nin son zamanlarda sıklıkla kullanılmaya başlandığı sağlık coğrafyasında, konumsal analizler temelde iki farklı alt disiplinde kullanılmaktadır. Bunlardan hastalık coğrafyası ya da epidemiyoloji olarak adlandırabileceğimiz birincisi, hastalıkların coğrafi dağılımının, yayılma hızının ve görülme sıklığının ve de ekolojik ilişkilerinin incelendiği bir disiplinken, sağlık hizmetleri coğrafyası da diyebileceğimiz ikincisi ise sağlık planlaması ve sağlık hizmetlerinin yönetimine mekânsal bir bakış açısıyla olanak sağlayan diğer disiplin dalıdır. İlk kategoride yer alan halk sağlığı ile ilgili epidemiyolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılan CBS ve konumsal analizler, hastalıkların coğrafi dağılımının ve zamansal-konumsal kümelenmelerinin belirlenmesinde, hastalıkların görüldüğü lokasyonların tespitinde, hastalık görülme sıklığı ve risk altındaki popülasyonları haritalandırmada ve risk faktörlerini belirlemede büyük kolaylıklar sağlamaktadır [2, 3].

CBS bünyesinde yapılan hastalık haritaları hastalıkların nasıl bir coğrafi dağılım gösterdiğini, yoğunluk bölgelerinin nereler olduğu göstermede görsel açıdan oldukça kuvvetlidir. Bununla beraber görselleştirme CBS uygulamalarının sadece ilk adımındır. İkinci adımda, CBS bünyesindeki konumsal istatistiksel yöntemlerin kullanımı, hastalıkların zamansal ve konumsal kümelenmelerini tespit ederek öncelikli alanların belirlenmesinde, hastalığın izlenmesi ve hastalık etiyolojilerinin anlaşılmasında araştırmacı-keşifçi bir rol oynamaktadır. Bu aşamada kullanılan araştırmacı konumsal istatistiksel yöntemler hastalığa ilişkin verilerin yapısını ve dağılımının belirlenmesinde, çevreyle olan etkileşimlerini, sıcak ya da soğuk nokta olarak nitelendirdiğimiz hastalıkların yoğun ya da düşük olarak belirdiği yerlerin tespitinde ve hastalıklara yönelik modellerin tespit edilmesinde oldukça etkilidirler. Bu yöntemler, konumsal hastalık verilerindeki tesadüfi olmayan kümelenmeleri belirlemede oldukça etkili olmasına rağmen, bu kümelenmeye neden olan mekanizmaları açıklamadan uzaktır. İşte üçüncü adım olan konumsal modelleme sürecinde, hastalık verileri ile dağılımına etki edecek ekolojik etkenlerinin modellenmesini hedeflemektedir. Konumsal modelleme yöntemleri kullanılarak hastalığa ve dağılımına etki eden ekolojik nedenlere ilişkin hipotezler test edilebilmektedir [4].

Bu çalışmada, konumsal modelleme yöntemleri başka bir makaleye bırakılarak, farklı disiplinlerde de kullanılan konumsal kümelenme yöntemleri tanıtılmış ve Türkiye Sağlık Bakanlığında elde edilen menenjit vakaları verileri kullanılarak konumsal kümeleme yöntemlerinin bir karşılaştırması yapılmış, CBS ve konumsal analiz teknikleri kullanılarak hastalığın yoğun olarak görüldüğü yerlerin tespit edilmesine yeni bir yaklaşım getirilmiştir.

## 2. KONUMSAL KÜMELEME YÖNTEMLERİ

Kümeleme analizi, gruplandırılacak verileri, benzerliklerine göre alt sınıflara ayırarak açıklayan ve son yıllarda popüler olan, çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biridir. Bir çalışmada yer alan değişkenler itibari ile olgular ya da nesnel arasındaki benzerlikleri ya da farklılıkları esas almak suretiyle, benzer bireylerin aynı gruplarda-kümelerde toplanması ve yeni bir bireyin hangi gruba dahil olduğunun tahmin edilmesi kümeleme analizlerinin temelini oluşturmaktadır. Hastalıklar açısından kümeler ise yüksek insidans odaklarıdır. ABD Hastalık Kontrol Merkezi ise hastalık kümesini “yer ve zamanda birlikte gruplanan ve sağlık örgütüne bildirilmiş olan sağlık olaylarının, gerçek ya da gözle görülür şekilde sıra dışı yığılması” şeklinde tanımlamıştır [2].

Kümeleme yöntemleri üç alt başlık altında incelenebilir. Bunlar, hastalıkların zamansal kümelenmelerini ortaya çıkarmaya yönelik yöntemler, hastalıkların konumsal kümelenmelerini ortaya çıkarmaya yönelik yöntemler ve hastalıkların konum-zaman kümelenmelerini ortaya çıkarmaya yönelik yöntemlerdir. Bu yöntemlerin ortak amacı araştırmacıya araştırdığı küme hakkında gerek görsel gerek ise sayısal bilgi

vermektedir. Bir coğrafik bölgede hastalıkların konum, zaman ya da konum -zaman diliminde kümelenme yapıp yapmadığının bilinmesi hastalığın epidemiyolojik kalıplarının çıkarılması ve alınacak sağlık ve sosyal tedbirler bakımından son derece önemlidir. Bu çalışmada sadece konumsal kümeleme yöntemleri hakkında bilgi verilecektir.

Herhangi bir t zaman periyodunda bir bölgedeki veya bölgenin alt yerleşim yerlerinde görülen hastalıkların gözlenen yapısının sadece şans eseri mi olduğu yoksa istatistiksel yöntemlerle bölgede görülen hastalığın kümelenmesinin anlamlı mı olduğu, eğer anlamlı ise bu kümelenme yerlerinin görsel olarak haritalarda gösterilmesi ve tespit edilmesi gibi yapılan genel çalışmalar hastalıkların kümelenmelerini ortaya çıkarmaya yönelik konumsal kümeleme yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. Konumsal kümeleme yöntemleri kendi aralarında üç grupta toplanabilir. Bunlardan ilki global testlerdir. Global testler incelenen veri kümesinde herhangi bir kümelenme olup olmadığını irdeleyen istatistiksel indislerden oluşmaktadır. Bu testler sadece sayısal büyüklüklerden ibaret olup kümelenmelerin yerini göstermezler. Eğer kümelenmelerin yeri hakkında bilgi edinmek istiyorsak ikinci grup olan lokal testlere başvurmamız gerekir. Global testler bir bölgede hastalığın genel yapısı ile ilgilenirken, lokal testler hastalıkla ilgili bir kümelenme olup olmadığını ve de varsa yerini göstermeye yardımcı olan istatistiksel indislerden oluşur. Üçüncü grup testler ise odaklanmış testlerdir. Bu testler hastalıklarla ilgili ön bilgiler varsa ve ekolojik etkileşimleri hakkında bilgi sahibi olunduğu durumlarda hastalık riskinin yüksek olabileceği yerlere ilişkin kümelenme olup olmadığını test eden indislerdir. Bu üç ana konumsal kümeleme metodlarının uygulanışı da veri tiplerine göre de üç kategoriye ayrılır. Nokta veri, alan veri ve jeositatistiksel sürekli verilerde kullanılan kümeleme testleri de farklılaşmaktadır [5]. Bu çalışmada sadece alan verilerle kullanılan konumsal kümeleme metodları anlatılacaktır.

### 3. ALANSAL VERİLER İÇİN KONUMSAL ANALİZLER

Alansal veriler için söz konusu konumsal analizler genellikle idari, coğrafi ya da politik sınırlar içerisinde gözlemlenen olguların bütünleştirilmesiyle kullanılan analizlerdir. Alansal veriler için konumsal analizler genellikle alansal verinin dağılımını ve dağılımındaki kümelenme ve trendleri belirlemede kullanılmaktadır. Alansal verilerin analizinde kullanılan konumsal analizler birinci dereceden analizler ve ikinci dereceden analizler olarak iki farklı grupta kategorize edilebilirler. Bunlardan birinci dereceden analizler, verilerin mekandaki değişimini incelerken ikinci dereceden analizler ise veriler arasındaki konumsal kovaryansları incelemektedir. Bu nedenle birinci dereceden analizler (kernel yoğunluk analizi, kayan alanlar teknikleri gibi) verilerdeki değişim ile global ve bölgesel trendleri bulmayı hedeflerken ikinci dereceden analizler veriler arasındaki konumsal bağımlılığı ve konumsal bağımlılığın değişimini bulmayı hedefler. Bunun içinde ikinci dereceden analizler konumsal oto-korelasyon ve semi-variogram değerlerini kullanır. Konumsal oto-korelasyon bir noktada gözlemlenen değişkenin komşu lokasyonlarda gözlemlenen değişkenlerden bağımsız olup olmadığını test etmek için kullanılır. Konumsal oto-korelasyon pozitif ya da negatif değerler alır. Pozitif değerler komşu lokasyonlarda gözlemlenen değişkenlerin doğrusal olarak birbirlerini etkilediğini işaret ederken (birbirine benzer değerlerin toplanması-küme) negatif değerler ise komşu lokasyonlarda gözlemlenen değişkenlerin ters olarak birbirlerini etkilediğine işaret eder (birbirine benzemeyen değerlerin bir arada bulunması-aykırılıklar). Sık kullanılan ikinci dereceden analizlerden bazıları Join Count Analizi, Turnbull indisi, Ripley's K, Geary's c, Moran's I indisleri olarak sayılabilir [4].

### 4. MATERYAL VE METOT

Çalışmada Sağlık Bakanlığında elde edilen 1989-2006 yıllarına ait illere göre menenjit vakaları verileri analiz edilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumundan yıllık nüfus artışı ve yıl ortaları için nüfus popülasyonu tahminleri elde edilmiştir. Verilerin analizinde ve görselleştirilmelerinde farklı yazılımlar kullanılmıştır. Bunlar, ESRI tarafından geliştirilen ArcGIS 9.3, Illinois Üniversitesi Sosyal Bilimler Merkezinden Luc Anselin tarafından geliştirilen GeoDa 0.9.5-I ve Terraseer şirketi tarafından geliştirilen Clusterseer 2.2.8.1 ve Martin Kulldorf tarafından geliştirilen SaTScan yazılımlarıdır [6, 7].

İllere göre vaka sayıları ve yıl ortası popülasyon tahmini verileri kullanılarak 1996-2006 yılları için toplam 11 yıllık il bazında menenjit morbidite oranları hesaplanmıştır. İller arasındaki konumsal ilişkiyi modellemek için farklı ağırlık matrisleri kullanılarak denemeler yapılmıştır. Ağırlık matrisleri alansal birimler arasındaki konumsal bağıntıyı modellemede kullanılan ve analiz sonuçlarına direk etkisi olan en önemli unsurdur. Her alansal birimin diğer birimlerle olan konumsal komşulukları ağırlık matrisleri aracılığıyla anlamlandırılmaktadır. Bu bağlamda ağırlık matrisini oluşturmak için farklı metotlar bulunmaktadır. Bunların başlıcaları, komşuluk kriteri kullanılarak oluşturulan matrislerdir ki basit sınır paylaşımından başlayıp birinci, ikinci ve üçüncü derece komşulukları da göz önüne alan metotlardır. Diğer bazı teknikler ise mesafe ve sınır paylaşımı kriterlerine dayalı tekniklerdir [4]. Bu çalışmada ağırlık matrisini elde etmek için farklı denemeler yapılmıştır. Birinci ve ikinci matrisler en yakın 6-12 komşu ile yakınlık kriterine dayalı olarak biçimlendirilmiştir. Yakınlık kriteri olarak da alansal birimlerin ağırlık merkezlerinin birbirlerine olan uzaklıkları kullanılmıştır. Üçüncü matris ise alansal birimler arasındaki mesafenin ters olarak ağırlıklandırılmasıyla oluşturulmuştur.

Bütünleştirilmiş veriler kullanılarak yapılan hastalık haritalandırılması çalışmalarında seyrek nüfusa sahip olan alansal birimlerde ya da vaka sayısının az olduğu alansal birimlerde hesaplanan morbidite değerlerinde, küçük sayı problemi de denilen varyans kararsızlığına bağlı olarak yanlış yorumlamalar mümkün olabilmektedir. Bu nedenle mod ya da medyana dayalı tekniklerle, ya da son zamanlarda sıklıkla kullanılan Bayesian istatistiklerine dayalı yumuşatma-düzeltilme yöntemleri kullanılarak oranlardan varyans dengesizliğine dayalı rasgele bileşenin etkisini uzaklaştırmak için kullanılmaktadır. Bu çalışmada da morbidite oranlarının haritalanmasında ampirik Bayes yumuşatma tekniği kullanıldı ve ham morbidite oranları için düzeltilmiş değerler hesaplandı. Yumuşatmanın ardında yatan ana fikir diğer seyrek nüfusa sahip ya da vaka sayısının az olduğu alansal birimleri de göz önünde bulundurarak gerektiğinde onların morbidite değerlerini de hesaplamalara katmak suretiyle varyans kararsızlığını ortadan kaldırmaktır. Metodolojik detaylar ve ampirik Bayes metodunun daha fazla açıklaması için [8]'e bakılabilir. Ampirik Bayes metodu kullanılarak düzeltilen morbidite oranlarına ilişkin tematik harita Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1: Düzeltilmiş Morbidite Haritası

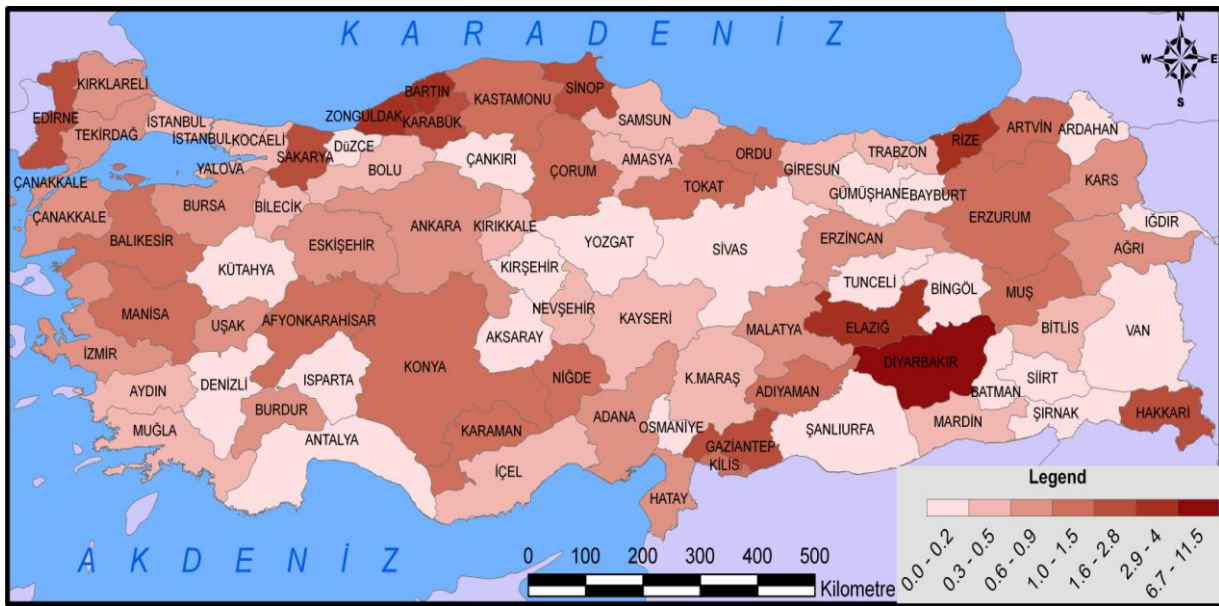
Sonraki aşamada morbidite değerleri kullanılarak kayan alanlar tekniğine dayalı bir konumsal yumuşatma analizi yapılmıştır [8]. Konumsal yumuşatma analizi her bir alansal birim için bağımsız bir oran hesaplamak yerine her bir alansal birim için ağırlık matrisiyle anlamlandırılmış komşuluk ilişkisine göre tanımlanmış diğer alansal birimlerin etkilerini de göz önünde bulundurarak morbidite verilerini yeniden hesaplamakta bu da morbidite değerlerindeki global değişim ve eğilimlerini belirlemeye yönelik olarak kullanılmaktadır. Konumsal yumuşatma analizi ile oluşturulan tematik harita Şekil 2 de görülmektedir.





Şekil 2: Konumsal Oran Haritası

Oransal analizlerde sıklıkla kullanılan diğer bir kavram olan standardize edilmiş morbidite oranları, gözlemlenen morbidite oranlarının ulusal bir standarda dönüştürülmesi işlemidir. Aşan risk oranı ise alansal birimlerde gözlemlenen oranların standart orana olan oranıdır. Bu risk ortalaması ortalama alansal birim oranı olmamakla beraber toplam vakaların toplam risk altındaki insanlara oranıdır. Morbidite değerleri için aşan risk oranlarını gösteren tematik haritalar Şekil 3'de gösterilmektedir. Her bir harita dağılımı en iyi şekilde yansıtmaları için Jenks'in doğal sınıflandırma metoduna göre sınıflandırılmıştır.



Şekil 3: Risk haritası

Sonraki aşamada da alansal birimlerdeki konumsal bağımlılığa dayanarak kümelenmeyi belirlemek üzere farklı ağırlık matrislerini de kullanarak sık kullanılan üç genel konumsal kümeleme metodu kullanılmıştır. Bunlardan ilk ikisi Moran I ve Geary c metodlarıdır. Moran'ın I indeksinin olası değerlerinin aralığı -1 ile +1 arasında değişir. Pozitif değerler benzer değerlerin konumsal kümelenmesini (sıcak-soğuk nokta), negatif değerler ise farklı değerlerin kümelenmesini gösterir (aykırı noktalar). Geary'nin c indisinin olası değer aralığı ise 0-2 dir. c'nin sıfır değerine yakın olması, benzer değerlerin dağılımının kümelendiğini (sıcak-soğuk nokta), aksine c'nin değerinin 2'ye yakın olması ise farklı değerlerin (aykırı noktalar) kümelendiğini göstermektedir. Moran I ve Geary c konumsal bağımlılığı ölçmek için morbidite değerleri

büyükliklerini kullanır. Matematiksek formülleri aşağıda gösterilmiştir. Burada W ağırlık matrisini de ortalamayı göstermektedir [9].

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{(\sum_{i \neq j}^N \sum_{j=1}^N W_{ij})(\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2)} \quad (1)$$

$$\frac{(N-1) \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (X_i - X_j)^2}{2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

Moran'ın I indisinin istatistiksel olarak anlamlılığı normal dağılım formülleri ya da benzetim teknikleriyle belirlenebilmektedir. Metotların anlamlılığını belirlemeye yönelik kullanılan sıfır hipotezi objenin aldığı değerlerin mekana bağlı olmadığını kabul eder, aksi durumda da mekana bağlı olduğunu kabul edilir. Sonuçların önemini test edildiği Z değerinin matematiksel formülleri aşağıda gösterilmiştir. Burada Co ve Io gözlenen değerler, Ce ve Ie beklenen değerler ve SD standart sapmayı göstermektedir [9].

$$Z_c = \frac{c_o - c_E}{SD_{c_E}}, \quad Z_I = \frac{I_o - I_E}{SD_{I_E}} \quad (3)$$

Moran I ve Geary c metotları yüksek ya da düşük değerlerin kümelenmesini göstermekle beraberler iki durumu birbirinden ayırt edemez. Bu nedenle üçüncü olarak genel G istatistik indeksi kullanılmıştır. G istatistik indeksi düşük ya da yüksek değerlerin kümelenmesinin anlaşılmasında sıklıkla kullanılmaktadır [10]. G istatistik değeri beklenen G istatistik değerinden daha büyükse yüksek değerlerin kümelenmesine, tersine küçük G istatistik değerleri de düşük değerlerin kümelenmesine işaret etmektedir. Gözlemlenen ve beklenen G indeksleri ile z değerinin matematiksel formülleri aşağıda verilmiştir [9].

$$G(g) = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i X_j)}{\sum_i \sum_j (X_i X_j)} \quad G_b(d) = \frac{W}{n(n-1)} \quad (4)$$

Global Konumsal analiz değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

**Tablo 1:** Global Konumsal analiz değerleri

Metot	Değerler
Moran I değeri (Mesafenin tersi)	-0.0065
Beklenen I değeri	-0.0125
İstatistiksel Anlamlılık düzeyi	>0.05
Moran I değeri (en yakın 6 komşu etkisi göz önünde bulundurularak)	-0.0163
İstatistiksel Anlamlılık düzeyi	<0.05
Moran I değeri (en yakın 12 komşu etkisi göz önünde bulundurularak)	0.0638
İstatistiksel Anlamlılık düzeyi	<0.05
Geary c değeri	1.052
İstatistiksel Anlamlılık düzeyi	<0.05
Getis- Ord G değeri	0.267
İstatistiksel Anlamlılık düzeyi	>0.05

Bu ikinci dereceden global konumsal veri indisleri istatistiksel olarak anlamlı kümelenmelerin varlığına işaret edebilmelerine rağmen kümelenmenin yerlerini gösteremezler. Konumsal kümelenmeyi belirleme verilerdeki her bir alansal birim için global konumsal veri indislerinin lokal versiyonlarını hesaplamakla mümkün olabilir. Bu çalışmada lokal Moran I ve  $G_i^*$  istatistiksel indeksleri hastalığın kümelendiği yerleri belirlemek için kullanılmıştır. Lokal Moran I değeri birbirine benzer ve benzer olmayan değişkenlerin oluşturduğu kümelenmelerin araştırılması için kullanılır. İstatistiksel olarak yüksek bir I değeri ilgili alanın etrafındaki alanlarında yüksek ya da düşük değerlerle kümelenme oluşturduğunu, düşük I değeri ise birbirine benzemeyen değerlerin oluşturduğu kümelenmeyi göstermektedir. Z değeri de I değerinin istatistiksel anlamlılığını gösterir. Lokal Moran I ve z istatistiğinin formülleri aşağıda gösterilmiştir [11].

$$I_i = \frac{(X_i - \bar{X})}{S^2} \sum_j W_{ij} (X_j - \bar{X}) \quad Z(I_i) = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{Var(I_i)}} \quad (5)$$

İkinci olarak global konumsal oto-korelasyon metotlarıyla belirlenemeyen bölgesel kümelenmeleri belirlemek için lokal  $G_i^*$  indeksi kullanılmıştır. Genellikle sıcak ya da soğuk alanların belirlenmesinde kullanılmaktadır. Yüksek bir  $G_i^*$  değeri yüksek değerlere sahip alanların kümelendiğini, düşük değerli  $G_i^*$  değeri de, düşük değere sahip alanların kümelendiğine işaret eder.  $W_{ij}$  matrisi ağırlık matrisleri olmak üzere  $G_i^*$  ve z istatistiklerinin matematiksel formülleri aşağıda gösterilmektedir [10].

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_j W_{ij}(d) X_j}{\sum_j X_j} \quad Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{Var(G_i^*)}} \quad (6)$$

Üçüncü olarak Martin Kulldorff tarafından geliştirilen konumsal tarama testi kullanılarak menenjit hastalığının konumsal kümelenmesi araştırılmıştır. Bu test, hastalık vakalarını ve etkisi altındaki potansiyel nüfusu da göz önünde bulundurarak belirlenen bir yarıçapa sahip bir alanın araştırma yapılacak bölge üzerinde taranması ve tarama yapılan bölgede beklenen ve gözlenen hastalık vakalarının sayılarının karşılaştırılması prensibine dayalı olarak çalışmaktadır [12]. Kulldorf tarafından geliştirilen SaTScan yazılımı kullanılarak yapılan analizlerde menenjit vakalarının poisson dağılımına uygun olarak dağıldığı kabul edilerek tarama yaptırılmıştır. Analizlerle belirlenen kümelerin istatistiksel olarak anlamlılığı Monte Karlo simülasyon tekniği kullanılarak ve 9999 benzetimle ve yanılma payı 0.05 kabul edilerek tespit edilmiştir.



Şekil 4: Kümeleme haritaları

## 5. SONUÇLAR

Bölgeye ilişkin farklı konumsal kümeleme teknikleri ile oluşturulan tematik haritalar istatistiksel olarak anlamlı kümelemeye sahip yerlerin gösterimi ve karşılaştırılması için en önemli araçlardan biridir.

Konumsal oran analizleri ile hastalığın ülkemizdeki eğilimi incelendiğinde (Şekil 2) menenjit morbiditesinde kesin bir eğilim görülemezken beraber Diyarbakır ve Zonguldak illerine yönelik çok net olmayan bir artış eğilimi olduğu söylenebilir. Kümelenemenin tespiti için ilk olarak global oto-korelasyon analizlerinden Moran I, Geary c ve Getis-Ord Genel G indisleri kullanılmıştır. Tablo 1 de global kümeleneleme analizi sonuçları görülmektedir. Tablodan da görüldüğü üzere Türkiye’de menenjit dağılımının kümelenemesi sadece Geary c ve Moran I (Mesafenin tersi) indisleri anlamlı olarak tespit edilebilmiştir ( $p<0.05$ ). Getis Ord G değeri ve de Moran I’nın diğer ağırlık matrisleriyle hesaplanmış değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir kümeleneleme tespit edilememiştir. Global oto-korelasyon indeksleri her ne kadar genel bir kümelenemeyi işaret etseler de bu indeksler tek başlarına bir özet indekstir. Bununla beraber genel dağılımın altında kalan bölgesel kümelenelemeler olabilmektedir. Bu nedenle de lokal konumsal oto-korelasyon analizlerinden olan Moran I ve  $G_i^*$  indisleri kullanılmış, sonrada tarama testi yapılarak kümeleme araştırmaları yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre turkuaz renkle seçilen objeler (Şekil 4)  $G_i^*$  istatistik metoduyla anlamlı olarak hastalığın kümelendiği illeri (İçel, Kilis, Şanlıurfa, Batman, Bingöl ve Diyarbakır), lejant da belirttiği üzere kırmızı ile gösterilen yüksek-yüksek kümelenelemeler ise Lokal Moran I metodu ile kümelenemesi belirlenen illeri (Gaziantep), isimleri altı çizgi ile yazılan iller ise tarama metodu ile anlamlı olarak belirlenen illeri göstermektedir. (Şanlıurfa, Mardin, Gaziantep, Adıyaman ve Diyarbakır  $p<0.05$ ). Metotlarda farklılıklar olmasına rağmen hastalığın yoğunlaştığı illere yönelik genellikle aynı bölgeleri işaret etmişlerdir. Gaziantep, Şanlıurfa ve Diyarbakır illeri birden fazla kümeleme analizi ile tespit edilen illerdir.

## 6. ÖNERİLER İRDELEMELER

Türkiye’nin bölgeleri arasındaki coğrafi, ekonomik ve kültürel farklılıklar yüzünden bazı hastalıkların dağılımların da farklılık göstermesi beklenebilmektedir. Bu çalışma, ülkemizde CBS kullanılarak, Sağlık Bakanlığı kayıtlarına göre, menenjit vakaları dağılımının ve kümelenemasının belirlenmesine yönelik yapılan ilk çalışmadır.

Hastalıkların kontrolü ve yönetimi, hükümetler ve sağlık kuruluşları için önemli bir görevi oluşturmaktadır. Konumsal analiz destekli CBS uygulamaları ile hastalıkların kümelenemelerinin belirlenmesi, hastalığın durumunun anlaşılmasına ve nerede ne zaman nasıl önlem alınacağına destek olmaktadır.

Konumsal analizler, ilgilenilen problemin konumsal konumunu da dikkate alarak, onların ilişkilerinin ve niteliklerinin belirlenmesi için kullanılır. Bununla beraber bu analizlerin başarısı analizlerde kullanılan resmi kurum kaynaklarından gelen verilerin güvenilirliğine, kapsamına ve doğruluğuna bağlıdır. Bundan dolayı halk sağlığına yönelik CBS kullanımı veri kalitesine ve konumsal özelliklere bağlıdır. Yine ülkemizde adresleme veri tabanı tam olarak oturtulmadığından analizler, raporlar ve resmi kurum bilgileri iller bazında bulunabilmektedir. Bu nedenler analizler noktasal anlamda ya da daha küçük ölçekteki alt birimlerde tutularak analiz edilememektedir. Verilerin üst düzeyde analizi daha alt düzeyde olabilen kümelenemelerin üzerini örtebilmektedir. Yine bu tür çevresel çalışmalarda kullanılan alansal veriyi ihtiva eden il sınırları ekolojik sınırlar olmayıp geniş alanları kapsayan idari sınırlardır. Bu nedenle bu sınırların değişebilmesinden kaynaklanan değişebilir alan sınırı problemi olarak da adlandırılan ve yanlış yorumlamalara sebep olabilecek ekolojik hatalara dikkat edilmeli ve yorumlamalarda azami dikkat gösterilmelidir.

Sonuç olarak bu çalışma, hastalığın önlenmesinde koruyucu önlemlerin alınması için tespit edilen illerin öncelikli bölge olması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma aynı zamanda coğrafi bilgi sistemlerinin,



bu sistemlerin çatısı altında gerçekleştirilen konumsal analiz ve istatistiksel yöntemlerin hastalık hızının yüksek olduğu yerleri belirlemede ve hastalıkların epidemiyolojisini anlamada katkıda bulunabileceğini de göstermektedir.

NOT: Bu araştırmanın ilk sonuçları 02-05 Temmuz 2008 tarihleri arasında gerçekleşmiş olan “5th International Conference on Geographic Information Systems” adlı sempozyumda bildiri olarak sunulmuştur.

## 7. KAYNAKLAR

1. Erdoğan S., 2008, “Spatial Analysis Of The Distribution Of Meningococcal in Turkey”, 5th International Conference On Geographic Information Systems 2-5 July, Fatih University, Istanbul-Turkey, Sf. 665-673
2. Özgür, L., 2008, “Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Sağlık Uygulamaları Afyonkarahisar Örneği”, Y. Lisans Tezi, FBE, Afyon Kocatepe Üniversitesi
3. Durduran, S.S., Erdi, A., Kara, F., Durduran, Y., 2005, “Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Fenilketonüri Hastalığının İzlenmesi: Konya Örneği”, 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 06-09 Ocak, İstanbul
4. Haining, R.P., 2005, “Spatial Data Analysis: Theory And Practice”, Cambridge: University Pres
5. Cressie, N., 1993, “ Statistics For Spatial Data” New York: Wiley
6. Anselin, L., 2004, “ Geoda 0.95i Release Notes”, Urbana-Champaign, Il: Spatial Analysis Laboratory (Sal), Department Of Agricultural And Consumer Economics, University Of Illinois
7. Kulldorf, M., 2006, “Satscan User Guide For Version 7.0”
8. Anselin, L., Lozano, L., Koschinsky, J., 2006, “Rate Transformations And Smoothing”, Spatial Analysis Laboratory Department Of Geography University Of Illinois, Urbana-Champaign
9. Mitchell, A., 2005, “The ESRI Guide to GIS Analysis Volume 2: Spatial Measurements”, California: ESRI Press
10. Getis, A., Ord, J.K., 1992, “The Analysis Of Spatial Association By Use Of Distance Statistics”, Geographical Analysis; 24, Sf. 189-206
11. Anselin, L., 1995, “Local indicators Of Spatial Association-Lİsa”, Geographical Analysis, 27: 93-115
12. Kulldorff, M, Nagarwalla N., 1995, “Spatial Disease Clusters: Detection And Inference”, Statistics in Medicine, 14, Sf.799-810.