

AKÜ FEMÜBİD 17 (2017) 015502 (154-164)
DOI: 10.5578/fmbd.53817

AKU J. Sci. Eng. 17 (2017) 015502 (154-164)

Araştırma Makalesi / Research Article

Haritanın Mekansal Bilgisinin Nicel Ölçme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi

Serdar Bilgi

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul
bilgi@itu.edu.tr

Geliş Tarihi: 26.10.2016 ; Kabul Tarihi: 13.03.2017

Özet

Kartograflar, haritalarını tasarımlarken etkili bir iletişim sağlayabilmek için kullanıcılara optimum bilgiyi sunan, iyi tasarlanmış bir harita üretmek gayretindedirler. Harita tasarımı, haritanın kullanım amacı ve ölçeğini de etkileyen çok yönlü bir süreçtir. Kullanıcılar, uygulayıcılar, okuyucular bir harita ölçeği telaffuz edildiğinde bu haritanın kapladığı alan, içerdiği bilgi miktarı konusunda zihninde mekansal bir boyut canlandırabilir. Harita üzerindeki kartografik işaretlerin ve objelerin yoğunluğu bir anlamda ölçeğe göre sınırlandırılmaktadır. Haritada obje yoğunluğu arttıkça haritanın görsel etkisi azalmakta, kullanıcının haritayı anlaması güçleşmektedir. Haritalardaki mekansal bilgi miktarının nicel olarak ifade edilmesinde entropi kavramı bir ölçüt olarak kullanılabilir. Entropinin bilgi miktarı ile belirgin bir bağlantısı vardır ve iletişim sistemleri arasındaki bilgi transferinin ölçülmesi bağlamında literatürde öne sürülmüştür. Bu çalışmada, haritaların, içerdikleri mekansal bilgi miktarının nicel bir ölçüt kullanılarak belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Mekansal bilgi miktarının belirlenmesi için önerilen yöntemlerden istatistiksel, topolojik ve metrik bilginin geçerliliği araştırılmış, her bir yöntem için test haritaları üzerinde uygulamalar yapılmış, aynı bölgeye ait genelleştirilmiş haritalar kullanılarak mekansal bilgi miktarındaki değişim incelenmiş, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Topolojik bilgi miktarının ölçülmesi konusunda topoloji ve komşuluk ilişkileri, metrik bilgi miktarının ölçülmesi konusunda ise haritada yer alan objelerin etraflarındaki boş alanların belirlenmesi ve her bir objeyi içerisine alacak şekilde bölgeler oluşturulması amacıyla Voronoi diyagramları yöntemine değinilmiştir.

Anahtar kelimeler

Entropi; İstatistiksel bilgi; Topolojik bilgi; Metrik bilgi; Voronoi diyagramları.

Evaluation of Spatial Information on Map Using Quantitative Measurement Methods

Abstract

Cartographers try to produce well-designed maps to provide optimal information to users. Map design is a versatile process affecting the purpose of use and scale of the map. Map scale is defined as the ratio of a distance on the map to the corresponding distance on the earth. Density of cartographic symbols and the objects on the map are limited by the scale. Map users, applicators and readers can estimate a spatial dimension about the area covered and quantity of information on analog maps via the map scale. Visual effect of the map decreases with increasing density of the objects on it, thus understanding of map by the user becomes difficult. Entropy can be used as a criterion for the quantitative measure of spatial information on multi-scale cartographic representations. Such a quantitative criterion can be used to compare maps produced with different generalization algorithms. Thus, it can be an important component in estimating the success of a generalization. Entropy can also be used to compare two maps of the same scale at a point in terms of the quantity of information they contain. It can be used to create a new concept of resolution in the logic of drawing the scale of a map. In this study, quantitative measurement of spatial information on maps was evaluated by using a quantitative criterion with a number of experimental evaluations. Statistical, topological and metric methods for measurement of spatial information were investigated. Applications were carried out for every method, and results were reported. Topology and neighborhood relations among the nodes were discussed in the topological method. Voronoi diagrams were discussed as related to the metric method for defining the space around the map objects and creating the regions including objects on the map.

Keywords

Entropy; Statistical information; Topological information; Metric information; Voronoi diagrams.

1. Giriş

Harita, haritası yapılan bölge ile ilgili, belirli bir konudaki mekansal ilişkilerin görselleştirilmesi ve nesnel gerçekliğin grafik sunumu için belirli kartografik kurallar çerçevesinde topografik veya tematik olarak çeşitli ortamlarda üretilmiş, etkili bir iletişim aracıdır. Haritalarda mekansal bilgi kartografik işaretlerle ifade edilir. Haritalarda kullanılan işaret ve kurallar beraberce "harita dili" olarak isimlendirilir. Haritalarda kullanılan işaretler gerçek mekanda, yeryüzünde bulunan ve haritaya konu olan objeleri harita üzerinde temsil ederler. Dolayısı ile söz konusu harita işaretlerine birtakım bilgiler yüklenmiştir. Objeler gerçek dünyada mevcut olan, bir mekan kaplayan varlıklardır. Bu varlığın kartografik gösterimi kartografik obje olarak adlandırılır.

Harita işaretleri kartografik iletişim ağında bilgi iletimini sağlayan, bilgi taşıyan elemanlardır. Kartografyanın bilimsel anlamda değerli katkıları, haritanın iletişim aracı olarak değerlendirilmesi ve özellikle harita işaretlerini sorgulanması ile ilişkilidir (Uçar, 1992).

2. Materyal ve Metot

2.1. Genel kavramlar

Genelleştirme: Klasik anlamda kartografik genelleştirme, amaç ve ölçeğe bağlı olarak türetme haritaların elde edilmesi sırasında ortaya çıkan bilgi karmaşıklığının azaltılması, türetme ölçek için gereksiz bilgilerin elenmesi, harita objeleri arasındaki belirgin mantıksal ilişkilerin ve estetik kalitenin korunması işlemlerinin bileşkesi olarak tanımlanabilir. Genelleştirmede temel amaç grafik netliği çok iyi olan haritalar üreterek haritanın görünümünün ve aktarılacak istenen bilginin kolayca anlaşılmasını sağlamaktır (Bildirici ve Uçar, 1997). Diğer yandan, otomatik genelleştirme çalışmaları da devam etmektedir. Bu anlamda, etkileşimli olarak düzeltilebilen küçük sorunların yanı sıra, büyük ölçekli bina genelleştirmesinde CHANGE yazılımının sunduğu sonuçlar başarılı olmakta ve diğer uygulamalar için de kullanılabilir görünmektedir (Bildirici, 2004, Bildirici ve Uçar,

2000).

Çok ölçekli kartografik gösterimler, tek bir mekansal veritabanından elde edilen veriler ile hazırlanan farklı ölçek, amaç ve veri çözünürlüğündeki gösterimleridir (Timpf ve Devogele, 1997).

Topoloji, mekansal veriler için, geometrik olarak tanımlanabilen koordinat, uzunluk, alan, mesafe gibi metrik ilişkilere ilaveten, komşuluk, çakışıklık, içerme, kesişme, paylaşma, birleşme gibi mantıksal ilişkilerin de tanımlanabildiği bir yapı ya da mantıksal ilişkilerin tanımlanmasına yarayan bir yol, bir yöntemdir (Bank, 1997).

Entropi kavramı ilk olarak termodinamiğin ikinci yasası şeklinde ifade edilmiştir. Entropi kısaca evrendeki düzensizlik eğilimine verilen, bir sistemin düzensizliğinin ölçüsü olarak kullanılan bir kavramdır (Shannon, 1948).

Haritanın içerdiği bilgi miktarının nicel olarak ölçülmesi konusunda entropi kavramını ilk öneren kişi Shannon (1948)'dur. Daha sonra haritanın bilgi miktarının nicel olarak ölçülmesi çalışmaları "bilgi teorisi" olarak adlandırılmış ve iletişim teorisine uygulanmıştır. Mesaj iletişimi modellenirken tek bir mesajın olası tüm mesaj setlerinden bir eleman olduğu varsayılmış, dolayısı ile bu modellemede olasılık kavramı kullanılmıştır (Shannon ve Weaver, 1949). Entropi kavramının iletişim alanında kullanılması çalışmaları, haritanın içerdiği bilginin nicel olarak ölçülmesinde de kullanılarak Kartografya disipliniinde yeni araştırmalara konu olmuştur. Harita bilgisi üzerine yapılan çalışmalar istatistiksel, topolojik ve metrik yöntem başlıkları altında toplanmıştır.

2.2. İstatistiksel yöntem

Entropi kavramının iletişimde Shannon tarafından kullanılmasından sonra Sukhov, 1967 ve 1970 yıllarında entropi kavramını kartografik iletişim için uyarlamıştır. Sukhov'un çalışmasında istatistiksel bilgi ele alınmıştır. Bu bağlamda, sadece haritada temsil edilen harita işareti türleri hesaba katılmıştır.

N, haritadaki toplam harita işareti sayısı, M, harita işaretlerinin türlerinin sayısı ve K_i, i. türden harita işaretlerinin sayısı kabul edildiğinde N eşitlik (1) ile hesaplanır. Haritadaki işaretlerin her bir türünün olasılığı P_i, eşitlik (2) kullanarak hesaplanır (i=1,2,...M).

$$N = K_1 + K_2 + \dots + K_M \quad (1)$$

$$P_i = \frac{K_i}{N} \quad (2)$$

Bu durumda haritanın entropisi eşitlik (3)'de görüldüğü gibi hesaplanır.

$$H(X) = H(P_1, P_2, \dots, P_M) = -\sum_{i=1}^M P_i \ln(P_i) \quad (3)$$

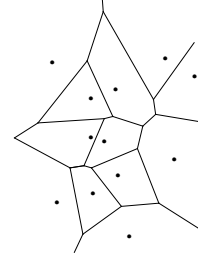
2.3. Topolojik yöntem

Haritanın topolojik bilgisini belirleyebilmek için Neumann (1994)'de iki aşamadan oluşan bir metod önerilmiştir. Önerinin birinci aşamasında düğüm noktalarını komşuluk ilişkileri kurallarına göre sınıflandırarak topolojik bir ağ oluşturmak yer almaktadır. İkinci aşamasında ise eşitlik (1)'i kullanarak haritadaki toplam obje sayısını, eşitlik (2)'yi kullanarak haritada yer alan obje türlerinin olasılıklarını ve eşitlik (3)'ü kullanarak da entropiyi hesaplamak yer almaktadır. Sözü edilen topolojik bilginin kullanılabilirliği Bjorke (1996) tarafından sorgulanmıştır.

2.4. Metrik yöntem

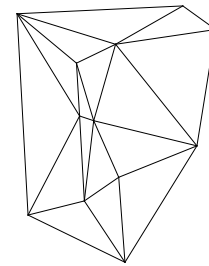
Metrik yöntemde haritadaki objeler arasındaki topolojik ilişkiler, konum, şekil ve boyutla ilgili bilgi değerlendirilmektedir. Haritadaki objeyi çevreleyen boş bir alan vardır ve bu boş alan objeyi geri kalan alandan ayırır. Objenin etrafındaki boş alan genişledikçe kullanıcının objeyi hatırlaması daha kolay olur. Bu durumda kullanıcıya sunduğu bilgi miktarı daha fazlaymış gibi düşünülür. Metrik yöntemde objelerin etraflarındaki boş alanların belirlenmesi amacıyla her bir objeyi içerisine alacak şekilde bölgeler oluşturularak tüm harita alanının mozaiklendirilmesinin en uygun çözüm olduğu düşünülmektedir. Bu çözüme en uygun yöntem Voronoi diyagramlarıdır (Lee ve Li, 2000). Düzlemde yer alan sonlu nokta kümesine ait herhangi bir noktaya, kümedeki diğer noktalardan daha yakın konumda bulunan düzlem noktalarının

geometrik yerine o noktanın Voronoi çokgeni (poligonu) denilmektedir (Yanalak, 1997 ve 2001). Kümedeki tüm noktaların Voronoi çokgenlerinin birleşimi, o kümenin Voronoi diyagramını oluşturur. Bir Voronoi diyagramı iki boyutlu bir yüzeyin, her biri bir objeyle ilişkilendirilmiş olan, N tane çokyüzlü bölgeye bölünmesi için gereklidir. Voronoi diyagramı literatürde Dirichlet, Thiessen veya Wigner-Seitz diyagramı olarak da adlandırılır (Sukumar vd, 2001, Watson ve Philip, 1984).



Şekil 1. Voronoi diyagramı

Şekil 1'de bir veri kümesi ve bu kümeye ait Voronoi diyagramı görülmektedir. Bu diyagram en yakın nokta problemleri için kullanılan bir yapıdır. Bir noktanın Voronoi çokgeni herhangi bir noktayı, kendisine en yakın konumdaki komşu noktalardan ayırmaktadır. Çokgenin kenarları, nokta ile komşu noktaları birleştiren doğru parçalarının kenar orta dikmelerinden oluşmakta, her nokta kendisine ait komşu noktalar ile birleştirildiğinde Delaunay üçgenlemesi elde edilmektedir (Worboys, 1995). Şekil 2'de Voronoi diyagramı verilmiş olan kümenin Delaunay üçgenleri görülmektedir.



Şekil 2. Delaunay üçgenlemesi

Objeye ile ilişkilendirilen bölge, diğer objelerden çok o objeye yakın noktalardan oluşan bölgedir. Bir obje ile ilişkilendirilen çokyüzlü bölge, o objenin "Voronoi Bölgesi" veya Thiessen Çokyüzlüsü olarak adlandırılır ve onu çevreleyen üçgen köşelerinin dik açıortaylarından oluşur. Bu şekildeki Voronoi

bölgesi haritada yer alan objenin “etki bölgesi” veya “mekansal yakınlığı”dır. Voronoi bölgeleri boşluk veya üst üstelik olmaksızın tüm alanı kaplayan konveks çokyüzlülerden oluşan bir doku oluşturacaktır. Böylece bir harita objesinin Voronoi diyagramı obje etrafındaki boşluğun uygun bir parçası olmaktadır. Voronoi bölgesi, harita objesinin etrafındaki boş alanın uygun bölümlenmesinin belirlenmesi için yeterli değildir fakat komşuluk ilişkisi için iyi bir çözümdür (Gold, 1992).

2.5. Haritanın metrik bilgisi

Sözü edilen metrik bilgi harita işaretlerinin kapladığı alan ile ilintili bir kavramdır. Yani, bir haritada yer alan harita işaretlerinin kapladığı boşluk miktarları birbirleri ile yaklaşık olarak eşit ise harita daha fazla bilgi içermektedir. Boşluk miktarları değişkenlik gösterdiği ölçüde haritadaki bilgi miktarı azalmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında haritanın Voronoi bölgesi ile tüm haritanın belirlenmiş bir kısmının alanı arasındaki oranın entropinin belirlenmesindeki olasılık olarak kullanılması anlamlıdır (Li ve Huang, 2002). S_i , tüm alan olarak kabul edilerek S_i , $i=1,2,..N$ olarak mozaiklendirildiğinde eşitlik (4) de görülen olasılık öne sürülebilir. Metrik bilginin entropisi, $H(M)$ ise eşitlik (5) ile hesaplanabilir.

$$P_i = \frac{S_i}{S} \quad (4)$$

$$H(M) = H(P_1, P_2, \dots, P_n) = -\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} (\ln S_i - \ln S) \quad (5)$$

P_i olasılık değeri $i=1,2,..,N$ için aynı değerlere sahip olduğunda $H(M)$ maksimum değerde olur, diğer bir deyişle S_i alanı eşit olduğu zaman yine $H(M)$ maksimum değerine sahip olur. Matematiksel olarak,

$$H(M)_{\max} = H(P_1, P_2, \dots, P_n | P_1=P_2=\dots=P_n) = \log_2 n \quad (6)$$

Bu koşulda eşit sayıda obje için, harita işaretleri daha düzgün dağıldığında entropinin fazla olacağı söylenebilir (Li ve Huang, 2002).

3. Bulgular

Uygulamada istatistiksel, topolojik ve metrik bilginin ölçülmesine ilişkin olarak test verileri

üzerinde bir dizi hesap ve karşılaştırma yapılmıştır. İstatistiksel bilgi miktarının belirlenebilmesi için, eşit ölçekli ve eşit obje sayılı haritaların karşılaştırılması uygulamasına ve ayrıca eşit ölçekli ve farklı kartograflar/yazılımlar/yöntemler kullanılarak genelleştirilmiş haritaların karşılaştırılması uygulamalarına yer verilmiştir.

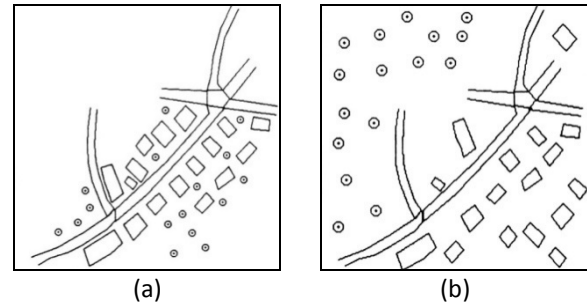
Topolojik bilgi miktarının belirlenebilmesi için önce bir yol ağı üzerinde, sonra aynı bölgeye ait 1:5 000 ve 1:25 000 ölçekli iki harita üzerinde uygulama yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonrasında ise istatistiksel bilgisi ölçülen veri seti üzerinde topolojik bilgi miktarı ölçülmüş ve iki yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Metrik bilgi miktarının ölçülmesi bağlamında eşit ölçekli ve eşit obje sayılı haritaların karşılaştırılması, farklı ölçekli haritaların karşılaştırılması, aynı bölgeye ait haritanın farklı genelleştirme sonuçlarının karşılaştırılması yapılarak sonuçlara değinilmiştir.

3.1. İstatistiksel Yöntem Uygulamaları

3.1.1. Eşit ölçekli ve eşit obje sayılı haritaların karşılaştırılması

Uygulamada Knopfli (1983)'de yayınlanmış olan ve Şekil 3(a) ve 3(b)'de gösterilen haritalar uygulama örneği olarak kullanılmıştır. Haritalar eşit sayıda kartografik obje içermektedir. Ancak bu objelerin konumları farklı dağılıma sahiptir. Her iki harita da üç tür obje içermektedir, yollar, binalar ve ağaçlar. Her iki haritada da eşit sayıda obje türü mevcuttur. 7 yol, 17 bina ve 16 ağaçtan oluşan toplam 40 obje bulunmaktadır.



Şekil 3. Eşit sayıda farklı dağılımda objeler içeren iki harita

N , haritadaki toplam obje sayısı, M , obje türlerinin

sayısı ve K, i. türden objelerin sayısı kabul edildiğinde eşitlik (1) kullanılarak;

Şekil 3(a) haritası için $N_1=40$, $M_1=3$,

Şekil 3(b) haritası için $N_2=40$, $M_2=3$

olarak hesaplanır.

Objelerin her bir türünün olasılığı eşitlik (2) kullanılarak;

Şekil 3(a) haritası için;

$$P_{1(yol)} = \frac{7}{40}, P_{2(bina)} = \frac{17}{40}, P_{3(ağaç)} = \frac{16}{40}$$

Şekil 3(b) haritası için;

$$P_{1(yol)} = \frac{7}{40}, P_{2(bina)} = \frac{17}{40}, P_{3(ağaç)} = \frac{16}{40}$$

oranları ile gerçekleşir. Eşitlik (3) kullanılarak entropi hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo1. Uygulama sonuçları

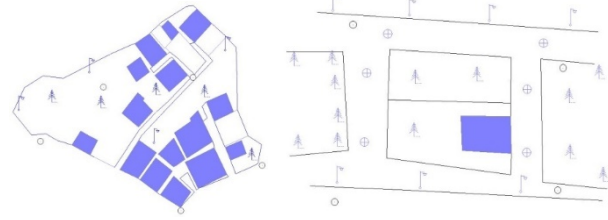
Şekil No	M	N	P ₁	P ₂	P ₃	H(X)		
Şekil 3(a)	7	17	16	40	0.175	0.425	0.400	1.04
Şekil 3(b)	7	17	16	40	0.175	0.425	0.400	1.04

Ancak gerçekte her iki haritada yer alan objelerin dağılımları birbirinden farklıdır. Şekil 3(a)'da gösterilen objelerin çoğu sol alt köşeden sağ üst köşeye uzanmakta olan köşegenin sağında yer almaktadır ve üç obje türü de binaların arasına serpiştirilmiş konumdadır. Ana yol boyunca iki sıra bina yer almaktadır. Şekil 3(b)'de ise sol alt köşeden sağ üst köşeye uzanmakta olan köşegenin sol tarafında ağaçlarla kaplı bir alan yer almakta ve aksi yönde de binaların bulunduğu alan yer almaktadır. Yollar ise yaklaşık olarak köşegen boyunca uzanmaktadır. Gerçekte ise, her iki harita da mekansal gerçekliğin değişik yapılarını göstermektedir. Sonuç olarak, bu yol ile hesaplanan bilgide, farklı türlerden olan obje sayıları hesaba katılmakta fakat bu objelerin mekansal düzenleri dikkate alınmamaktadır.

3.1.2. Farklı obje sayılı haritaların karşılaştırılması

Uygulama için Netcad yazılımında Şekil 4(a) ve 4(b)'de görülen haritalar hazırlanmıştır. Şekil 4(a) haritasında 5 farklı türden toplam 31 obje (3 yol, 15 bina, 5 ağaç, 4 elektrik direği, 4 poligon noktası), Şekil 4(b) haritasında ise 6 farklı türden toplam 35

obje (4 yol, 1 bina, 13 ağaç, 7 elektrik direği, 4 poligon noktası, 6 rogar kapağı) yer almaktadır.



(a) #1 harita

(b) #2 harita

Şekil 4. Farklı obje sayılı haritaların karşılaştırılması

Eşitlik (1) kullanılarak $N_1=31$, $M_1=5$ ve $N_2=35$, $M_2=6$ olarak gerçekleşir. Eşitlik (2) kullanılarak ve $i=1,2,...,M$ kabul edilerek,

$$P_{1(yol)} = \frac{3}{31}, P_{1(bina)} = \frac{15}{31}, P_{1(ağaç)} = \frac{5}{31}, P_{1(elek.dir.)} = \frac{4}{31}, P_{1(pol)} = \frac{4}{31}$$

$$P_{2(yol)} = \frac{4}{35}, P_{2(bina)} = \frac{1}{35}, P_{2(ağaç)} = \frac{13}{35}, P_{2(elek.dir.)} = \frac{7}{35}, P_{2(pol)} = \frac{4}{35}$$

$$P_{2(rogar)} = \frac{6}{35}$$

oranları hesaplanır. Eşitlik (3) kullanılarak istatistiksel bilgi hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Uygulama sonuçları

Şekil	M	N	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	H(X)				
4(a)	3	15	5	44	31	0.097	0.484	0.161	0.129	0.129	0.000	1.40	
4(b)	4	1	13	7	46	35	0.114	0.029	0.371	0.200	0.114	0.171	1.59

3.2. Topolojik Yöntem Uygulamaları

3.2.1 Eşit bağlantı sayılı topolojik ağların karşılaştırılması

Şekil 5(a)'da gösterilen yol ağında topolojik olarak:

- 1 bağlantılı 7 düğüm noktası (●),
- 2 bağlantılı 2 düğüm noktası (●),
- 3 bağlantılı 5 düğüm noktası (●) vardır.

$N=14$, $M=3$ 'tür, böylece bu üç tür düğüm noktasının

olasılıkları, eşitlik (2) kullanılarak $\frac{7}{14}$, $\frac{2}{14}$ ve $\frac{5}{14}$

oranları ile gerçekleşir. Bu yol ağının topolojik bilgi miktarı eşitlik (3) kullanılarak hesaplandığında sonuç 0.99 olur. Şekil 5(b)'de gösterilen yol ağında topolojik olarak:

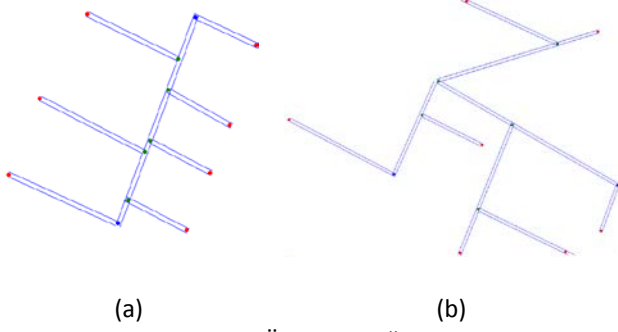
- 1 bağlantılı 7 düğüm noktası (●),
- 2 bağlantılı 2 düğüm noktası (●),

- 3 bağlantılı 5 düğüm noktası (●) vardır.

N=14, M=3'tür, böylece bu üç tür düğüm noktasının olasılıkları, eşitlik (2) kullanılarak;

$$\frac{7}{14}, \frac{2}{14} \text{ ve } \frac{5}{14} \text{ oranları ile gerçekleşir.}$$

Bu yol ağının topolojik bilgisi eşitlik (3) kullanılarak hesaplandığında sonuç 0.99 olur.



Şekil 5. Örnek yol ağları.

Sonuçta, her iki ağın topolojik bilgisi aynıdır, yani 0.99'dur. Fakat, Şekil 5(b)'de gösterilen ağın Şekil 5(a) ağından daha karmaşık olduğu açıktır. Böylece bu şekildeki bir topolojik bilginin komşuluk ilişkilerinin gerçek karmaşıklığı yansıtmayabileceği görülmektedir. Uygulama sonuçları Tablo 3'de özetlenmiştir.

Tablo 3. Uygulama sonuçları

Şekil No	M	N	P ₁	P ₂	P ₃	H(X)		
Şekil 5(a)	7	2	5	14	0.500	0.143	0.357	0.99
Şekil 5(b)	7	2	5	14	0.500	0.143	0.357	0.99

3.2.2. Farklı ölçekli haritaların karşılaştırılması

Uygulamada Şekil 6 ve 7'de gösterilen haritalar kullanılmıştır. Şekil 7'de gösterilen 1:25000 ölçekli harita Şekil 6'da gösterilen 1:5000 ölçekli haritanın genelleştirilmesi ile elde edilmiştir.

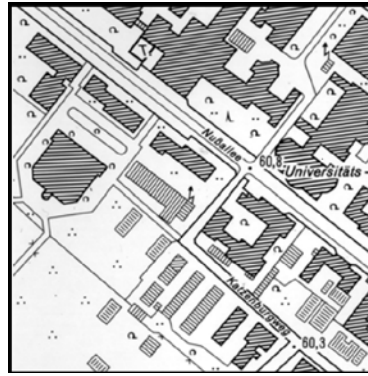
1:5 000 ölçekli harita için;

- 1 bağlantılı 30 nokta,
- 2 bağlantılı 270 nokta,
- 3 bağlantılı 8 nokta

sayılmıştır. N=308, M=3'dür. Böylece söz konusu üç tür düğüm noktalarının olasılıkları eşitlik (2) kullanılarak hesaplandığında sonuç $\frac{30}{308}$, $\frac{270}{308}$ ve

$\frac{8}{308}$ olur. Bu haritanın topolojik bilgi miktarı eşitlik

(3) kullanılarak hesaplandığında sonuç 0.44 olur.



Şekil 6. 1:5000 ölçekli harita



Şekil 7. 1:25 000 ölçekli harita

1:25 000 ölçekli harita için;

- 1 bağlantılı 10 nokta,
- 2 bağlantılı 159 nokta,
- 3 bağlantılı 2 nokta,
- 4 bağlantılı 1 nokta

sayılmıştır. N=172, M=4'dür.

Söz konusu dört tür düğüm noktalarının olasılıkları eşitlik (2) kullanılarak hesaplandığında sonuç $\frac{10}{172}$,

$\frac{159}{172}$, $\frac{2}{172}$ ve $\frac{1}{172}$ olur. Bu haritanın topolojik bilgi

miktarı eşitlik (3) kullanılarak hesaplandığında sonuç 0.32 olur. Uygulama sonuçları Tablo 4'de özetlenmiştir.

Tablo 4. Uygulama sonuçları

Ölçek	M	N	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	H(X)			
1:5 000	30	270	8	0	308	0.097	0.877	0.026	0.000	0.44
1:25 000	10	159	2	1	172	0.058	0.924	0.012	0.006	0.32

Uygulama sonucunda 1:5000 ölçekli haritanın topolojik bilgi miktarı 0.44, 1:25 000 ölçekli haritanın topolojik bilgi miktarı 0.32 olarak elde edilmiştir. Genelleştirilen haritanın 1:25 000 ölçekli haritadan daha sade ve okunaklı olduğu göz önüne alındığında, uygulama sonuçlarının haritaların karmaşıklıklarını belirleme noktasında anlamlı olduğu düşünülmektedir.

3.2.3. İstatistiksel ve topolojik yöntemlerin aynı örnek üzerinde karşılaştırılması

Bu uygulamada, istatistiksel bilginin ölçülmesi uygulamasında kullanılan iki haritanın topolojik bilgilerinin ölçülmesine yer verilmiştir. Söz konusu haritalar Şekil 4(a) ve Şekil 4(b)'de gösterilmiştir.

Şekil 4(a)'da yer alan haritadaki tüm objeler için;

- 1 komşulu 9 düğüm noktası,
- 2 komşulu 107 düğüm noktası,
- 3 komşulu 1 düğüm noktası

sayılmıştır. Dolayısı ile $N=117$, $M=3$ 'dür.

Söz konusu üç tür düğüm noktalarının olasılıkları eşitlik (2) kullanılarak hesaplandığında sonuç $\frac{9}{117}$,

$\frac{107}{117}$ ve $\frac{1}{117}$ olur. Bu haritanın topolojik bilgi

miktarı eşitlik (3) kullanılarak hesaplandığında sonuç 0.32 olur.

Şekil 4(b)'de yer alan haritadaki tüm objeler için;

- 1 bağlantılı 4 düğüm noktası,
- 2 bağlantılı 10 düğüm noktası,
- 3 bağlantılı 8 düğüm noktası

sayılmıştır. Dolayısı ile $N=22$, $M=3$ 'dür. Söz konusu üç tür düğüm noktalarının olasılıkları eşitlik (2)

kullanılarak hesaplandığında sonuç $\frac{4}{22}$, $\frac{10}{22}$ ve $\frac{8}{22}$

olur. Bu haritanın topolojik bilgi miktarı eşitlik (3) kullanılarak hesaplandığında sonuç 1.04 olur.

Uygulama sonuçları Tablo 5'te özetlenmiştir.

Tablo 5. İstatistiksel ve topolojik bilgi karşılaştırması uygulaması sonuçları

Şekil No	M	N	P ₁	P ₂	P ₃	H(X)		
Şekil 4(a)	9	107	1	117	0.077	0.915	0.009	0.32
Şekil 4(b)	4	10	8	22	0.182	0.455	0.364	1.04

Uygulamada kullanılan haritaların istatistiksel bilgi miktarları Şekil 4(a) için 1.40, Şekil 4(b) için 1.59 olarak hesaplanmıştır. Topolojik bilgi uygulamasının sonucunda da istatistiksel bilgi ile benzer sıralamada sonuçlar elde edilmiştir.

3.3. Metrik yöntem uygulamaları

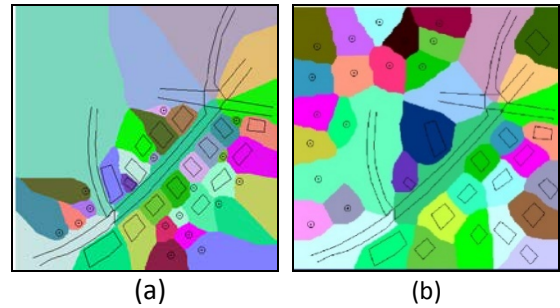
3.3.1. Eşit ölçekli ve eşit obje sayılı haritaların karşılaştırılması

Uygulamada istatistiksel bilgi miktarının ölçülmesi için kullanılan, Şekil 3(a) ve 3(b)'de gösterilen

haritalar kullanılmıştır. Haritalar eşit sayıda harita işareti içermektedir. Şekil 8 (a) ve Şekil 8 (b)'de gösterilen Voronoi diyagramları sırası ile Şekil 3(a) ve Şekil 3(b) haritalarına aittir. Eşitlik (4)'de verilen olasılığın hesaplanması amacıyla haritanın Voronoi bölgelerinin alanına ve tüm haritanın alanına ihtiyaç vardır. Söz konusu alanların belirlenebilmesi için Netcad yazılımı kullanılmıştır. Yazılımda haritalarda yer alan ağaç, bina ve yol obje türlerinin Voronoi bölgeleri sayısallaştırılarak alanlar hesaplanmıştır.

Şekil 8 (a)'da gösterilen diyagram için;

- Ağaç obje türünün kapladığı Voronoi bölgelerinin alanı 1940.96 m²,
- Bina obje türünün kapladığı Voronoi bölgelerinin alanı 2313.16 m² olarak hesaplanmıştır (Şekil 9(a)).



Şekil 8. Farklı dağılımda objeler içeren haritaların Voronoi diyagramları

S, haritanın tüm alanı kabul edilerek S_i , $i=1,2,..N$ olarak mozaiklendirildiğinde eşitlik (4) kullanılarak P_i olasılıkları şöyle hesaplanır.

$$P_{\text{ağaç}} = \frac{1940.96}{10000} \quad P_{\text{bina}} = \frac{2313.16}{10000} \quad P_{\text{yol}} = \frac{5745.88}{10000}$$

Eşitlik (5) kullanılarak metrik bilgi miktarı $H(M)$ şöyle hesaplanır.

$$H(M) = H(P_1, P_2, \dots, P_n) = - \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} (\ln S_i - \ln S)$$

$$= -(0.3182014476 - 0.338639809 - 0.3183803696) = 0.9752216262 \approx 0.98$$

Şekil 8 (b)'de gösterilen diyagram için;

- Ağaç obje türünün kapladığı Voronoi bölgelerinin alanı 2932.51 m²,
- Bina obje türünün kapladığı Voronoi bölgelerinin alanı 3336.17 m²,
- Yol obje türünün kapladığı Voronoi bölgelerinin alanı 3731.32 m²

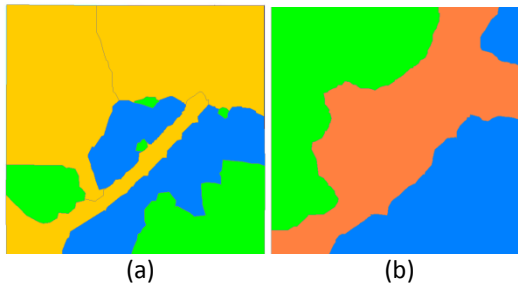
olarak elde edilmiştir (Şekil 9(b)). Eşitlik (4) kullanılarak obje türlerinin olasılıkları:

$$P_{ağaç} = \frac{2932.51}{10000} \quad P_{bina} = \frac{3336.17}{10000} \quad P_{yol} = \frac{3731.32}{10000}$$

olarak hesaplanmıştır. Eşitlik (5) kullanılarak metrik bilgi miktarı:

$$= -(0.3597387381 - 0.3662319486 - 0.3678421205) = 1.093812807 \approx 1.09 \text{ hesaplanmıştır.}$$

Uygulama sonuçları Tablo 6'da özetlenmiştir. Sonuçlara göre Şekil 8(b) de gösterilen haritanın metrik bilgi miktarı Şekil 8(a) gösterilen haritadan fazladır. Diğer yandan, daha önce uygulaması yapılan istatistiksel bilgi değerlendirmesi neticesinde, söz konusu iki haritanın da istatistiksel bilgisi eşit çıkmıştır. Ancak haritadaki işaret dağılımları dikkate alındığında, metrik bilgi miktarı değerlendirmesinin istatistiksel bilgi miktarı değerlendirmesinden daha uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 9. 8(a) ve 8(b) haritalarının Voronoi bölgeleri

Tablo 6. Uygulama sonuçları

Şekil No	S_i	S_1/S	S_2/S	S_3/S	H(M)		
Şekil 8(a)	1940.96	2313.16	5745.88	0.194	0.231	0.575	0.98
Şekil 8(b)	2932.51	3336.17	3731.32	0.293	0.334	0.373	1.09

3.3.2. Farklı ölçekli haritaların karşılaştırılması

Uygulamada farklı ölçeklerde dört harita kullanılmıştır. Harita ölçekleri 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 ve 1:250 000'dir. Bu haritalar Şekil 10, 12, 14 ve 16'da, Voronoi bölgeleri ise sırasıyla Şekil 11, 13, 15 ve 17'de gösterilmiştir. 1:25 000 ölçekli harita için eşitlik (4) kullanılarak Pi olasılıkları;

$$P_{bina} = \frac{13341.49}{55128.52} \quad P_{parşel} = \frac{41787.}{55128.}$$

olarak hesaplanır. Eşitlik (5) kullanılarak metrik bilgi miktarı $H(M) \approx 0.55$ olur.

1:50 000 ölçekli harita için eşitlik (4) kullanılarak Pi olasılıkları;

$$P_{bina} = \frac{363.81}{3445.50} \quad P_{parşel} = \frac{3081.69}{3445.50}$$

olarak hesaplanır. Eşitlik (5) kullanılarak metrik bilgi miktarı $H(M) \approx 0.34$ olur.

1:250 000 ölçekli harita için eşitlik (4) kullanılarak Pi olasılıkları;

$$P_{bina} = \frac{56.02}{551.31} \quad P_{parşel} = \frac{495.2}{551.3}$$

olarak hesaplanır. $H(M) \approx 0.33$ olur.



Şekil 10. 1:25 000 ölçekli harita



Şekil 11. Haritanın Voronoi diyagramı



Şekil 12. 1:50 000 ölçekli harita



Şekil 13. Haritanın Voronoi diyagramı



Şekil 14. 1:100 000 ölçekli harita



Şekil 15. Haritanın Voronoi diyagramı



Şekil 16. 1:250 000 ölçekli harita



Şekil 17. Haritanın Voronoi diyagramı

Metrik bilgi için elde edilen sonuçlar Tablo 7'de özetlenmiştir.

Tablo 7. Farklı ölçekli haritaların metrik bilgi miktarları

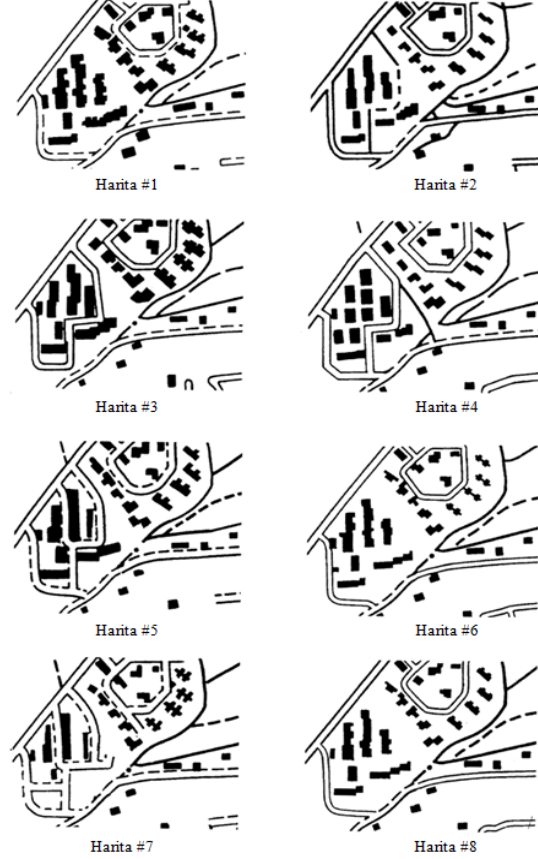
Ölçek	S_1	S_2	S_1/S_2	S_2/S_1	H(M)
1:25 000	13341.49	41787.03	0.242	0.758	0.55
1:50 000	1352.57	12429.43	0.098	0.902	0.32
1:100 000	363.81	3081.69	0.106	0.894	0.34
1:250 000	56.02	495.29	0.102	0.898	0.33

3.3.3. Aynı bölgeye ait haritanın farklı genelleştirme sonuçlarının karşılaştırılması

Uygulamada 1:10 000 ölçekli haritanın farklı kurumlar tarafından 1:25 000 ölçeğe genelleştirilmesi ile elde edilen sonuçları incelenmiştir (Spiess, 1983). Uygulamaya katılan kurumlar National Geographic Institute of Belgium (IGN Brussels), Geographical Survey of Norway (NGO Oslo), National Board of Survey of Finland (NBS Helsinki), State Survey of Baden-Württemberg, FRG (LVA Stuttgart), Institute for Applied Geodesy, Frankfurt, FRG (IfAG), Topographic Service, Delft, the Netherlands (TD Delft) ve Federal Office for Topography, Wabern, Switzerland (LT Wabern)'dir. Kurumların genelleştirme sonucu ürettikleri 1:25 000 ölçekli harita örnekleri Şekil 18'de gösterilmiştir. Haritaların eşitlik (5) kullanılarak metrik bilgi miktarları hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 8'de özetlenmiştir.

Sonuç olarak, genelleştirilmiş haritaların metrik bilgi miktarları sıralamasında, metrik bilgisi en yüksek harita 8 numaralı harita olarak belirlenmiştir. 8 numaralı haritada binaların arasında haritanın köşegeni boyunca uzanan bir yolun olmadığı, binaların birbirlerinden uzakta konumlandığı ve binalar arası uzaklıkların fazla olduğu görülmektedir. Objelerin etrafında yer alan boşlukları hesaba kattığı için, metrik yöntemin, sadelik ve okunaklılık yönlerinden başarılı olarak çalıştığı düşünülmektedir. Bir Kartograf ile gerçekleştirilen kişisel görüşmede ve Kartograf tarafından yapılan karşılaştırmada da 8 numaralı genelleştirme örneği başarılı seçilmiştir (Uluğtekin, kişisel görüşme, 5 Eylül 2011). Ancak bu haritalar arasındaki genelleştirmenin karşılaştırılması oldukça zordur. Çünkü üretilen genelleştirilmiş

haritalar, uygulamanın başlangıç kısmında yer verilen, harita serileri üretmek konusunda oldukça başarılı ve deneyimli olan kurumlarca üretilmiştir. Ancak, bütün genelleştirme çözümlerinin aynı olmaması, aralarında farklılıklar bulunması durumu, genelleştirmenin objektif olmamasından, yapan kurum veya kişilere bağımlı olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 18. Farklı kurumlar tarafından genelleştirilen haritalar.

Tablo 8. Farklı kurumlarca genelleştirilen haritaların metrik bilgileri

Harita No	Binaların Voronoi Alanı [m^2] S_1	Yolların Voronoi Alanı [m^2] S_2	$\frac{S_1}{S}$	$\frac{S_2}{S}$	Metrik Bilgi
1	17128.009	25253.41	0.404	0.525	0.675
2	14675.919	27705.500	0.346	0.654	0.645
3	16031.124	26350.295	0.378	0.622	0.663
4	15014.621	27366.798	0.354	0.646	0.650
5	16154.013	26227.406	0.381	0.619	0.665
6	17278.024	25103.395	0.408	0.592	0.676
7	12208.842	30172.577	0.288	0.712	0.600
8	17678.036	24703.383	0.417	0.583	0.679

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmada haritadaki mekansal bilgi miktarının nicel olarak ölçülmesi bağlamında istatistiksel, topolojik ve metrik yöntem uygulamalarına yer verilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamalarda istatistiksel yöntemin haritada yer alan objelerin mekansal dağılımlarını dikkate almadığı, sadece obje sayıları ile ilişkili olarak bir takım nicel değerler sunduğu görülmüştür.

Topolojik yöntem ile gerçekleştirilen uygulamalarda büyük çoğunlukla haritaların görselleri ile tutarlı sonuçlar elde edilmiş, aynı bölgeye ait büyük ölçekli bir harita ve onun genelleştirilmesi ile elde edilen küçük ölçekli haritanın topolojik bilgi miktarlarının karşılaştırılmasında doğru sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bağlantı sayıları eşit fakat geometrik olarak farklı yapıda olan objelerde eşit bilgi miktarları elde edilmiştir. Böylesi durumlar topolojik bilgi miktarı için elverişsiz bir durumdur.

Metrik yöntemin objelerin mekansal konumlarının ve harita işaretlerinin dağılımlarının dikkate alması ile daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Aynı bölgenin genelleştirilmiş haritalarının bu yöntemle karşılaştırılması neticesinde bilgi miktarı anlamında tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Metrik yöntem, aynı ölçekteki iki haritanın içerdikleri bilgi miktarının karşılaştırılmasında kullanılabilir. Metrik yöntem konusundaki son uygulamada ise harita serileri üretmek konusunda oldukça başarılı ve deneyimli olan farklı kurumlar tarafından 1:10 000 ölçekten 1:25 000 ölçeğe genelleştirilmiş sekiz farklı harita kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Uygulama sonucunda, mekansal bilgi miktarı metrik yöntem ile hesaplanan haritalar arasında en çok bilgi içeren harita ile bir kartograf tarafından en çok bilgi içererek en "iyi" genelleştirilmiş harita seçilen harita aynı olmuştur. Ancak, harita serileri üretmek konusunda oldukça başarılı ve deneyimli olan kurumlarca üretilen bütün genelleştirme çözümlerinin aynı olmaması, aralarında farklılıklar bulunması durumu, genelleştirmenin objektif olmamasından, yapan kurum veya kişilere bağımlı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu noktada, hangi çözümün ideal olduğu konusuna standart bir çözüm bulma aşamasında metrik yöntemin kullanılması önerilmektedir. Çalışmanın bir sonucu olarak; farklı

kartograflar veya otomatik genelleştirme yazılımları ile üretilen farklı genelleştirme çözümleri arasında metrik yöntem ile bir karşılaştırma yapılabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Çalışmada, çok değerli katkıları olan danışmanlarım Prof. Dr. Okan K. ERSOY ve Prof. Dr. Cengizhan İPBÜKER'e, katkıları olan hocalarım Prof. Dr. Necla ULUĞTEKİN, Prof. Dr. Doğan UÇAR ve Prof. Dr. Mehmet SELÇUK'a teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Bank, E., (1997). 1:25000 ölçekli haritalardan otomatik genelleştirme ile 1:50000 ölçekli haritaların üretimi, *Doktora Tezi*, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bildirici, İ.Ö., (2004) Building and road generalization with the CHANGE generalization software on Turkish topographic base map data , *Cartography and Geographic Information Science*, 31(1), 43-54
- Bildirici, İ.Ö. ve Uçar, D., (1997). Coğrafi bilgi sistemleri ve genelleştirme, 6. *Harita Kurultayı*, 75-83, Ankara.
- Bildirici, İ.Ö., Uçar, D., (2000) Sayısal kartografyada genelleştirme yaklaşımları , *YTÜ Dergisi*, 2000/3, 69-89 , İstanbul
- Bilgi S., (2012). Çok ölçekli kartografik gösterimlerde mekansal bilginin nicelik analizi, *Doktora tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Björke J.T., (1996). Framework for entropy-based map evaluation. *Cartography and Geographical Information Systems*, Vol 23-2, 78-95.
- Gold, C.M., (1992). *The meaning of "neighbour"*, in: Theories and methods of spatial temporal reasoning in geographical space, 220-235, Berlin: Springer-Verlag.
- Knöpfli, R., (1983). Communication theory and generalization, In: Taylor, D.R.F., (ed), *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography*, 177-218, John Wiley & Sons Ltd.
- Lee Y.C. and Li, Z.L., (2000). Taxonomy of space tessellation, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 55(4), 139-149.
- Li Z. and Huang P., (2002). Quantitative measures for spatial information of maps, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol:16, 699-709.
- Neumann, J., (1994). The topological information content of a map: An attempt at a rehabilitation of information theory in cartography, *Cartographica*, 1994, 31(1), 26-34.
- Shannon, C. and Weaver, W., (1949). *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press,

- Urbana-USA.
- Shannon, C.E., (1948). *A mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA.
- Spiess, E., (1983). Revision of topographic maps, photogrammetric and cartographic methods of the Fribourg test, *The Photogrammetric Record*, 11, 61, 29-42.
- Sukhov, V.I., (1970). *Application of information theory in generalization of map contents*, International Yearbook of Cartography, 41-47.
- Sukhov V.I., (1967). Information capacity of a map entropy, *Geodesy and Aerophotography*, 10,4, 212-215.
- Sukumar, N., Moran, B., Semenov,A., Belikov, V.V., (2001). Natural neighbour Galerkin methods, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 50, 1-27.
- Timpf, S. and Devogele, T., (1997). New tools for multiple representations, *ICC'97*, 1381-1386, Stockholm.
- Uçar D., (1992). Semantics of the map, *The Cartographic Journal*, 29, 151-153.
- Uluğtekin, N., (2011). *Kişisel görüşme*, İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi, 5 Eylül 2011, İstanbul.
- Watson, D.F. and Philip, G.M., (1984). Triangle based enterpolation, *Mathematical Geology*, 16, 8, 779-795.
- Worboys, M.F., (1995). *GIS: A computing perspective*, ISBN 0 7484 0064 8, Taylor & Francis Ltd.
- Yanalak M., (2001). Yüzey modellemede üçgenleme yöntemleri, *Harita Dergisi*, 126, 58-69.
- Yanalak, M., (1997). Sayısal arazi modellerinden hacim hesaplarında en uygun enterpolasyon yönteminin araştırılması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.