

**Davetli Makale  
(Invited Paper)**

## HARİTACILIĞIN GELİŞİMİ VE EN SON YÖNTEMLER

Zekai ŞEN

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Hidrolik ve Su Kaynakları ABD, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye  
[zsen@itu.edu.tr](mailto:zsen@itu.edu.tr)

### Özet

Yeryüzü ve gökyüzünün tamamının veya bir kısmının belli bir ölçekte değişik yöntemlerle bir modelinin bir altlık üzerine çizilmesine harita denir. Harita özellikle arazi kullanımı, planlama ve yerel yönetimler için gerekli bilgilerin bir araya toplanarak yapılacak tasarımlarda başvurulabilecek çizimlerdir. Günümüzde bu daha ziyade yeryüzü şekilleri ve üzerinde cereyan eden olayların davranış biçimlerini zaman ve özellikle de mekanla olan değişimlerini içeren haritalar olarak anlaşılmaktadır. İnsanlığın ilk çağlarından beri var olan harita yapma fikri zamanla gelişerek bugünkü haline ulaşmıştır. Bu gelişmelere değişik kültürlerin katkısı olmuştur. Her ne kadar eski Yunan bilgini Batlamyus bugün için bir kaynak olarak gösterilmekte ise de haritacılıkta esas devrim niteliğindeki çalışmalar Müslüman bilginler tarafından yapılmıştır. Bunlar arasında özellikle El-İdrisi isimli bilim adamının yaptığı haritalar bugün batı tarafından kendisine bir teşekkür şeklinde onun ismi verilen yazılımlarda kanıtlanmıştır. Bu yazıda önce haritanın tanımı, anlamı ve tarihi seyri içindeki gelişiminden sonra son 40-50 yılda değişik araştırmacılar tarafında öne sürülen yöntemlerin eleştirel bir değerlendirilmesi yapılmış ve bölgesel bağımlılık adı altında yeni ve basit bir yöntem sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Boylam, Bölgesel Bağımlılık Fonksiyonu, El-İdrisi, Enlem, Geometrik Fonksiyonlar, Harita, Kriging

## Development of Surveying and Mapping Methods

### Abstract

Drawing of all or part of the earth and sky model in a scale to a coarser with different ways is named as mapping. Maps are the necessary designs for the drawing of information collected in the land use, planning and local government. Today, more than these, maps are understood as tools examine the behavior change of patterns and events of over time and space. Since the first age the idea of map making developed and reached the current situation. This development has been the contribution of different cultures. Although the ancient Greek scientist Batlamyus shown as a resource for today, mainly revolutionary works on the cartography of information were made by Muslims. Especially because of works of El-Idrisi, the name of Idrisi has been given to the software by West as a thank you. In this paper, the development of mapping in the last 40- 50 years and regional spatial autocorrelation subjects has been told.

**Keywords:** Longitude, Spatial Autocorrelation Function, El-İdrisi, Latitude, Geometric Functions, Map, Kriging

## 1. GİRİŞ

“Harita” kelimesi köken olarak Arapça “kharita” sözcüğünden gelmekte ve bunun tam anlamı ‘tesviye’ etmek yani yumuşak eğriler geçirmek demektir. Zaten Arapça’da bugün bile ‘Makhratah’ torna tesviye işlerinde kullanılan torna cihazı gibi demir malzemelere düzgün ve istenilen şekil verilmesi anlamına

*Bu makaleye atf yapmak için*

Şen Z. “Haritacılığın Gelişimi ve En Son Yöntemler” Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2009, 1(1) 11-21

*How to cite this article*

Şen Z. “Haritacılığın Gelişimi ve En Son Yöntemler” Electronic Journal of Map Technologies, 2009, 1(1) 11-21

gelir. Haritacılıkta bu, mevcut yeryüzü şekillerinin düzgün olarak kağıtlara yansıtılarak o bölgenin çok küçük ölçekte de olsa bir modelinin çıkarılması anlamına gelir. Burada geometri yani şekil bilgisini harita yapmaktan soyutlamak mümkün değildir. Bir bakıma harita bir yerin küçük ölçekte benzerinin bir düzlem üzerine yansıtılması anlamına gelir. İnsanların yazının bulunmasından bile önce zihinlerinde belledikleri şekiller ilk devirlere kadar dayanmaktadır. O devirlerde yapılan haritalarda yazı ve hesaplamalardan ziyade görsel ölçek küçükleme ile yapılan değişik şekil ve resimler bulunmaktaydı.

## 2. TARİHİ GELİŞME

İslam dininden önce müslümanlar arasında harita yapmak pek bilinmemektedir ama eski Yunan medeniyetinde özellikle ikinci asırda yaşayan İskenderiyeli Batlamyus (Ptolomy) tarafından yapılan ilk harita daha sonraki yıllarda coğrafya alanındaki haritalara bir esas teşkil etmiştir. Özellikle konum tespiti için harita öncülere gezip dolaşarak ve başkaları ile tartışarak eksiklikleri tamamlayarak sözel bilgilerden ölçüm olmadan temsili olarak yapılan çizimlerdir. İlk yapılan haritalar değişik beldelerin ve buralara ulaşılmasını sağlayan yolları içeren çizimlerdir. Yapılan ilk haritalar sadece yeryüzündeki konumları belirlemek için değil gökyüzündeki yıldızların ve gezegenlerin konumlarını belirlemek içinde olanlardır. Bunlar da astronomi çalışmalarının ilk örneklerini meydana getirmiştir. Bunun için yeryüzü ve gökyüzünü haritalama amacı ile enlem ve boylamlara bölünerek bir ağ şebekesi oluşturulması düşüncesi ortaya çıkmış ve bugüne kadar da kullanıla gelmiştir. İşte bu ağların ortaya konulmasında esas hesaplama yöntemlerine Müslüman bilim adamlarından El-Harizmi (770-840), El-Batani (859-929) ve bugün bile adına batılılar tarafından bir teşekkür olarak yazılım yazılmış olan büyük coğrafya bilgini El-İdrisi (1099-1165) öncülük etmiştir [1]. Bunlardan ilk iki isim hesaplamaların yapılmasına katkıda bulunmuş ama El-İdrisi enlem ve boylamların kesim noktalarını esas alarak bugünkü modern haritacılığın esaslarını ortaya koymuştur. Bu bakımdan her ne kadar eski Yunan alimlerinden Batlamyus ilk haritayı temsili olarak çizmiş ise de enlem ve boylamların kullanılması ona ait değildir ve böylece Müslüman bilim adamları ve özellikle de El-İdrisi modern haritacılığın babasıdır. Kristof Kolomb'un kullandığı harita da El-İdrisi tarafından yapılmıştır. Onun en önemli eseri Arapça dilinde yazılmış olan *Nuzhat al-Mushtaq fi Ikhtiraq al-Afaq* (İklimlerde Seyahat Etmek İsteyenin Mutluluğu) isimli kitabıdır. El-İdrisi'nin yaptığı dünya haritası Şekil 1'de sunulmuştur. Yatay eksende Romen rakamları ile yapılan sınıflamaya dikkat ediniz. İdrisi'nin 1154'de Palermo Kralı için çizdiği dünya haritası verdiği ayrıntılar bakımından gelecek dönemin öncü yapıtlarından biri olarak kabul edilmiş ve 17. Yüzyıl Ortaçağ haritacılığına yenilikler getirmiştir.

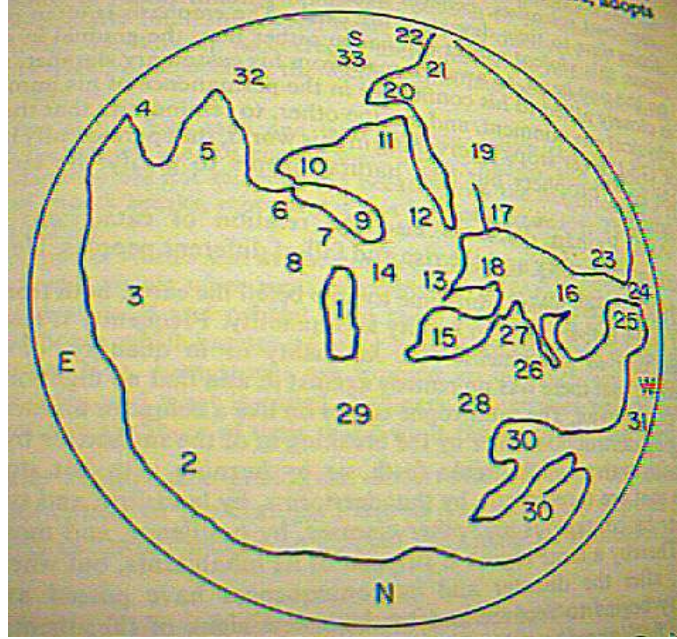


Şekil 1. El-İdrisi dünya haritası

Diğer taraftan El-Biruni (973-1051) isimli bir Müslüman bilim adamının enlem ve boylamlar olmadan çizdiği çok eski dünya haritalarından biri de Şekil 2'de temsili olarak sunulmuştur. Burada harita baş

aşağı gösterilmiştir. O devirlerde Müslüman bilim adamları Mekke şehri aşağıda kalmasın diye haritaları bugünkünün aksine kuzey kutbu aşağıda olacak biçimde çizerlerdi.

Diğer taraftan, Piri Reis (1470-1554) Osmanlı Donanması'nın hakim olduğu denizlere ait "Kitab-ı Bahriye" adındaki eserinde çeşitli yerlere ait haritalarda gemiciliğe ait akıntılar, sığ yerler, tehlikeli kayalık yerlere ait bilgileri de vermiştir. Aslında Amerika kıtasının keşfindeki bilimsel arka bahçe hep Müslüman bilim adamları tarafından hazırlanan harita ve gemicilik donanımları sayesinde olmuştur. Ne yazık ki bu gerçekler bugün için bile ülkemizde bilinmemekte ve her şeyin sanki sıfırdan hep batılılar tarafından bugünkü haritacılık, bilim ve teknoloji seviyesine ulaştığını söyleyen yanlış, eksik ve ezbere bilgiler hüküm sürmektedir.



Şekil 2. El-Biruni dünya haritası

Günümüzde harita denilince coğrafya ve astronomi alanlarındaki haritaların dışında sayısız olarak ortaya çıkan, çok farklı değişkenlerin alan ve zaman dağılımlarını gösteren iki boyutlu çizimler de anlaşılmaktadır. Mesela, coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile her bir değişkenin (sıcaklık, yağış, bitki örtüsü, jeoloji, arazi kullanımı, toprak nem, deprem, vb.) alan dağılımları ayrı ayrı belirlendikten sonra bunların üst üste bindirilmesi ile daha karışık ve anlamlı haritaların elektronik ortamda elde edilmesi mümkün olmaktadır.

## 2.1 Haritalama Esasları

Son 50-60 yıl içinde elektronik ortamda bilgisayarların kullanılması ile otomatik olarak haritalamaların yapılması için değişik yaklaşım ve yöntemler ileriye sürülmüştür. Tarihi gelişim açısından bakılacak olursa bu yöntemlerin hedefi eş değer (tesviye) eğrilerinin elde edilmesi için yapılması gereken alansal hesaplamaları (alansal enterpolasyon ve ekstrapolasyonlar) temin edebilecek açılımlar olarak bakılabilir. Haritalama yapılırken aşağıdaki adımların öncelikle hazırlanmış olması gereklidir;

- 1) Haritası yapılacak yerin bir ölçek dahilinde konumunun enlem ve boylamları ile sınırlanması,
- 2) Haritası yapılması istenen değişkenin bu alan içinde değişik konumlarda ölçülmüş değerlerinin elde edilmesi,
- 3) Harita alanı üzerine istenilen çözünürlükte düzgün bir ağ şebekesinin oturtulması,

- 4) Ölçüm konumlarından bu ağın düğüm noktalarındaki aynı değişkenin değerinin ne olacağını öngören bir hesaplama yönteminin geliştirilmesi,
- 5) Düzgün ağ düğüm noktalarında elde edilen değerlerin kullanılması ile bu alan üzerinde,
  - a) Eş değer eğrilerinin çizilmesine yarayacak bir haritalama yönteminin geliştirilmesi,
  - b) Alt kareciklerin (piksellerin) 0 ile 256 arasında değişik parlaklık derecelerinde her birinin renklendirilmesi (grileştirilmesi)
- 6) Elde edilen haritadan daha önce ölçüm yapılmış olan yerlerdeki değişkenin bu sefer öngörülerinin yapılması. Böylece kaç tane ölçüm noktası varsa o kadar ölçüm ve öngörü değerleri mevcuttur,
- 7) Ölçüm ve öngörü değerlerinin birbirine pratik bakımdan kabul edilebilecek bir hata sınırı dahilinde (mesela  $\pm \% 5$  veya  $\pm \% 10$ 'luk hata) yakınlığını belirtecek bir hata sınavasının yapılması,
- 8) Bu hata sınavası sonucunda istenilen hata sınırları içinde kalınıyorsa haritanın olduğu gibi kullanılabilceği aksi takdirde yenileme işlemlerinin yapılması ile hata sınırı düşünceye kadar bu işleme devam edilmesi gereklidir.

## 2.2 Klasik Yazılım Yöntemleri

Önceki kısımda özellikle 4. adımdaki işlemlerin yapılabilmesi için değişik araştırmacılar tarafından alan içinde interpolasyon yapmak için yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin tümüne burada geometrik ağırlıklı yöntemler denir ve hepsi sadece mantık ve akılcı çıkarımlarla teklif edilmiştir. Kavramsal olarak teklif edilen bu yaklaşımlarda aşağıdaki noktalar göz önünde tutulmalıdır.

- 1) Bir alanda noktalar ne kadar birbirine yakın ise o iki nokta arasındaki bölgesel nitelikte denilecek (mesafe ile değişen) ilişki o kadar kuvvetli olur. Bunun anlamı iki nokta arasındaki mesafe azaldıkça aradaki ilişki katsayısı artar ve en sonunda bu iki nokta üst üste düşerse aralarındaki bağımlılık tam olur. Bunun anlamı sıfır mesafede bağımlılık 1'e eşittir.
- 2) İki nokta birbirinden uzaklaştııkça aralarındaki ilişki 1'den başlamak üzere mesafe ile azalır. Bu azalma doğrusal değil de eğriseldir.
- 3) Belirli bir mesafeden sonra iki nokta artık birbirini hiç etkilemez hale gelir yani çok büyük mesafelerde ilişki sıfıra yaklaşır. İşte ilişkinin 1 olduğu sıfır mesafesinden, sıfır olduğu mesafeye kadar olan iki nokta arasındaki uzaklığa 'tesir yarıçapı' denir.
- 4) Yukarıdaki durumların geçerli olması için göz önünde tutulan değişkenin bölgesel olarak her yönde sürekli olduğu ve asla kesikliliğin bulunmadığı farz edilir.

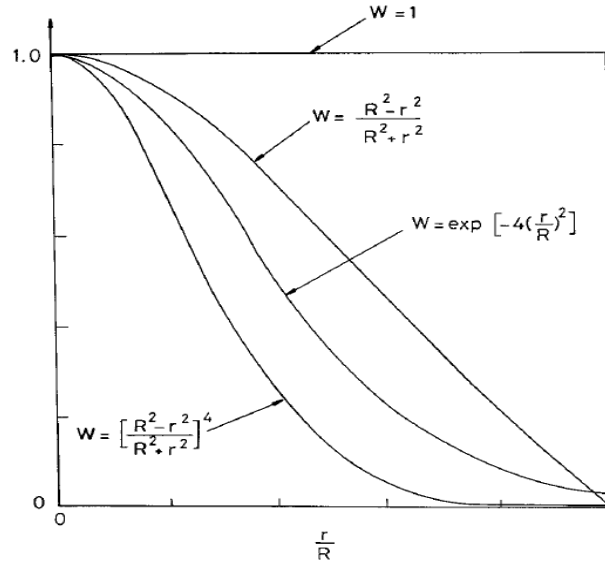
Bu konuda ilk yapılan çalışmalar sonucundaki fikirler Gilchrist and Cressman [2] tarafından her bir noktanın etrafında dönel bir parabolik yüzeyin olduğu varsayımına dayanmaktadır. Aynı yıllarda Bergthorsson and Döös [3] ilk tahmin değerini diye alansal tahminleri yaparak daha sonra bunların ölçüm noktasındakilere uyup uymadığı kontrol etmiştir. Burada da önceki kısımdaki 7. ve 8. adımların kullanılması yoluna gidilmiştir. Böylece 'ardışık yaklaşımlar' denilen bir yöntem ortaya çıkmıştır. Daha sonra Cressman [4] önceden belirlenen bir R tesir mesafesi üzerinde etkinliğini gösterecek bir fonksiyonla bölgesel bağımlılığı temsil etmeye çalışmıştır. Bunu yaparken önce R değerini büyük, daha sonra da sırası ile 2 veya 3 adıma kadar varan ve gittikçe küçük R mesafelerini göz önünde tutan bir şekilde yapmayı önermiştir. Barnes [5] yaklaşan ağırlıklı ortalamalar çözümlemesini tavsiye etmiştir. Bu çözümleme rastgele dağılmış olan kayıt noktalarının bulunması halinde istenildiği kadar ayrıntılı yaklaşım yapılabilceğini göstermiştir. Burada iki boyutta değişim gösteren bir atmosfer değişkeninin birbirinden bağımsız olan çok sayıdaki Fourier dalgalarının üst üste bindirilmesi ile ölçümlere oldukça yakın tahmin değerlerinin hesaplanması mümkündür. Goodin et al. [6] o zamana kadar geliştirilmiş olan yöntemlerin çok az konumda ölçüm bulunması durumunda kıyaslamalı çalışmalarını yapmıştır. Onlara göre bir alt haritalama alanında ikinci dereceden bir polinomun alansal değişimi kullanması halinde ağırlıklı olarak mesafelerin de göz önünde tutulması ile çok iyi sonuçlara varılabileceği, hesaplama maliyeti ile hata limiti arasında bir denge gözetilerek gösterilmiştir. Koch et. al [7] Barnes yöntemini daha da geliştirerek

etkileşimli bir yazılım geliştirmiştir. Bu yaklaşımda yapılan hesaplamaların uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen bilgilerle birleştirilmesi sonucunda daha iyi tahminler elde edileceği gösterilmiştir. Cressman ve Barnes yöntemleri kuvvet parametreleri ile tesir yarıçapları azaltılabilir veya büyütülebilir.

Herhangi bir haritalama yaklaşımında bir noktadaki bilinmeyen harita değerinin kendisine yakın ve tesir eden ölçümlerin ağırlıklı ortalaması olarak hesaplanacağı akıllıca bir düşüncüdür. Eğer  $Z_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) tane ölçüm değeri bir bölgede gelişigüzel noktalarda bulunuyorsa bunlardan harita değeri bilinmeyen başka bir konumdaki  $Z_?$  Değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$Z_? = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

Bu ağırlıklı ortalama denklemi değişik disiplinlerde yaygın olarak kullanılır. Cressman [4], Gandin ve Barnes [5] tarafından önerilen ağırlıklı ortalamalarda ağırlıkların ( $W$ ) belirlenmesi için ağırlıkların mesafe ile değişimini gösteren fonksiyonlar kullanılmaktadır. Ancak bu fonksiyonların hiç biri ölçümlere dayanmamaktadır ve sadece akılcı olarak önerilmişlerdir. Bunlardan birkaçı Şekil 3'de gösterilmiştir



Şekil 3. Ağırlık fonksiyonları

Akılcı olarak mantık kullanılarak önerilen bu ağırlık fonksiyonlarında aşağıda sayılan eksiklikler mevcuttur.

(a) Bunlar haritası yapılacak olan değişkenin bölgesel değişkenlik özelliklerini yansıtamazlar. Mesela meteoroloji disiplininde Cressman [4] tarafında önerilen ağırlık fonksiyonu şöyledir.

$$W(r_{i,E}) = \begin{cases} \frac{R^2 - r_{i,E}^2}{R^2 + r_{i,E}^2} & \text{for } r_{i,E} \leq R \\ 0 & \text{for } r_{i,E} \geq R \end{cases} \quad (2)$$

burada  $W(r_{i,E})$  Denklem (1)'de  $W_i$  ile gösterilen ağırlıkları;  $r_{i,E}$  harita değeri bilinmeyen noktanın konumu ile herhangi bir ölçüm noktasının konumu arasındaki mesafeyi;  $R$  ise öznal olarak tespit edilen tesir yarıçapını gösterir.

(b) Ağırlık fonksiyonları tüm dünyada bu şekilde kullanılmasına karşın bunlar sadece küçük alanlar için güvenilir olabilir. Mesela, aynı çalışma sahasında birbirine yakın iki nokta oldukça farklı ağırlık değerine sahip olabilir.

(c) Geometrik ağırlık fonksiyonları yüzey topografyasını hesaplara yansıtamazlar ve bu nedenle sadece bir ilk yaklaşım yöntemi olarak kullanılmalıdırlar.

Cressman yaklaşımının genelleştirilmiş hali bir  $\alpha$  parametresinin ithal edilmesi ile aşağıdaki formu alır.

$$W(r_{i,E}) = \begin{cases} \left( \frac{R^2 - r_{i,E}^2}{R^2 + r_{i,E}^2} \right)^\alpha & \text{for } r_{i,E} \leq R \\ 0 & \text{for } r_{i,E} \geq R \end{cases} \quad (3)$$

Burada  $\alpha$ 'nın ilave edilmesi ile ağırlık fonksiyonuna bir esneklik kazandırılmıştır ancak yukarıda sayılan eksiklikleri ortadan kaldıramamıştır. Ağırlık fonksiyonlarının bir başka şekli Sasaki ve Barnes [5] tarafından verilen bir üssel ifadedir.

$$W(r_{i,E}) = \exp \left[ -4 \left( \frac{r_{i,E}}{R} \right)^2 \right] \quad (4)$$

Hakikatte ağırlık fonksiyonunun ölçüm yapılmış haritalama değişkeninin bölgesel bağımlılığını temsil etmesi gereklidir. Bu yönde Matheron tarafından öne sürülen yarı-Varyogram (YV) hesaplaması önemli bir aşamayı teşkil etmektedir. Herhangi bir YV değişik konumlara sahip yerlerde yapılmış ölçümleri ihtiva eder ve hesaplamalarda sadece konumlar arasındaki mesafeyi değil buna ilave olarak yapılan ölçümler de göz önünde tutulur. Şen [8] tarafından açıklandığı üzere YV her zaman bölgesel değişkenliği iyi temsil edemez.

### 2.3 Bölgesel Bağımlılık Fonksiyonu

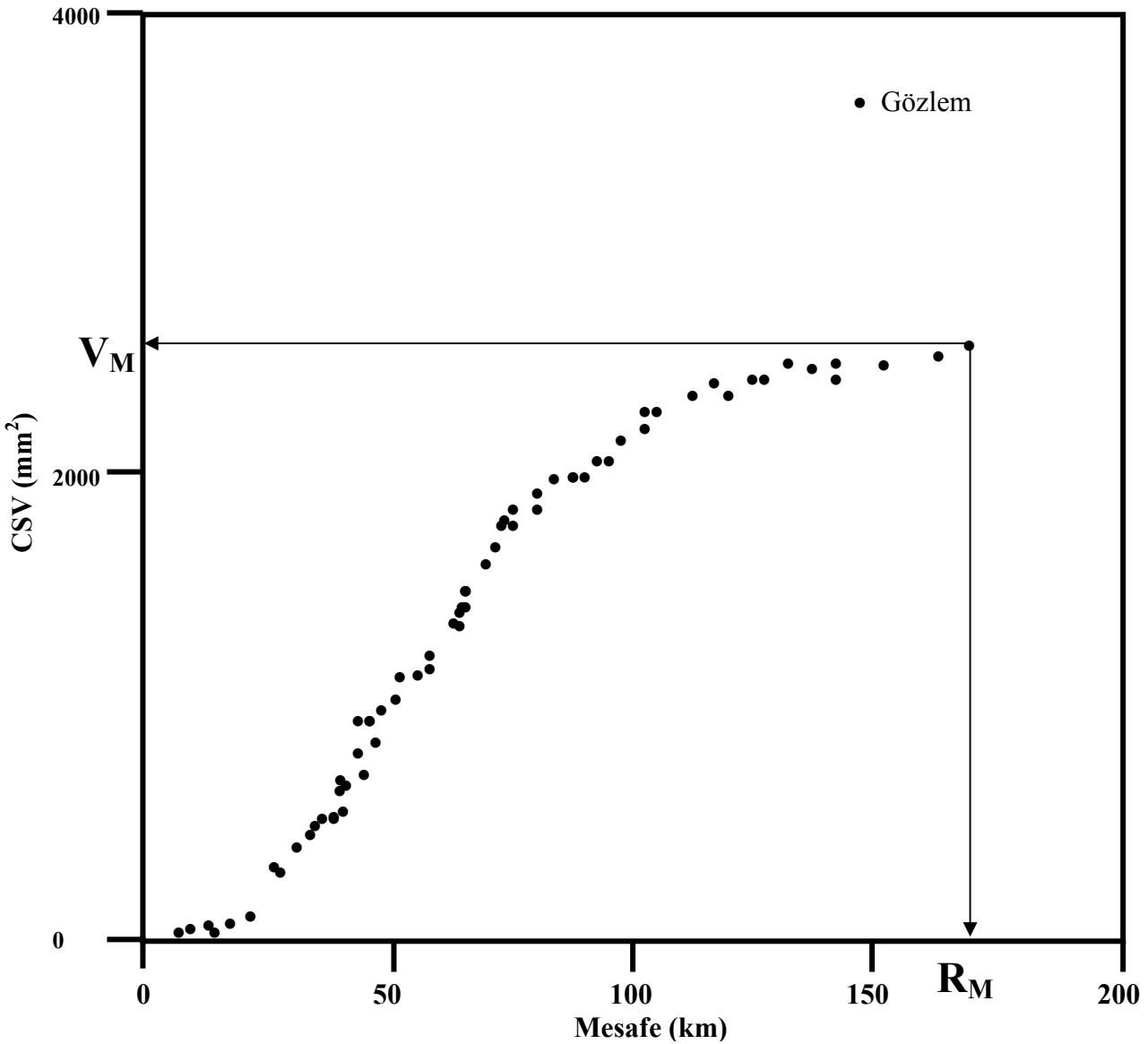
Önceki kısımda sayılan yöntemlerin hemen hepsi ya ölçümlerden bağımsız veya bazı ön kabulleri içerdiği için bölgesel değişkenin bağımlılık yapısını tam anlamı ile temsil edemez. Bunların yerine Şen [8] tarafından geliştirilmiş toplam yarı-Varyogram (TYV) yönteminin kullanılması önerilmiştir. Bunun YV'dan en önemli farkı mesafe aralıklarında aritmetik ortalama olarak bölgesel değişkenliğinin bağımlılığının zedelenmesi yerine hiç aritmetik ortalama almadan doğrudan doğruya YV değerlerinin ardışık toplamlarının alınması esasına dayanır. Böylece TYV asla azalmayan ve gittikçe artan bir şekil arz eder. Ayrıca Şen [11, 12] tarafından bir nokta etrafında hesaplanabilen noktasal TYV (NTYV) yöntemi geliştirilerek her ölçüm noktasının etrafında o noktaya ait bölgesel değişkenliği gösteren ağırlık fonksiyonunun elde edilmesi söz konusudur. Bu yöntemde her nokta için o noktadan ölçüm noktalarına olan mesafe ile bu noktalar arasındaki bağımlılığın bir ölçütünü gösterir. Buradan bölgesel bağımlılık katsayısını elde etmek için aşağıdaki adımların yapılması gerekir. Uygulama için daha önceden yazar tarafından yapılmış olan İstanbul yağışlarının Ocak ayı TYV'ı kullanılmıştır.

1) Elde edilen TYV'in en büyük değeri,  $V_M$ , ile buna karşı gelen en büyük mesafe,  $R_M$  Şekil 4'deki TYV saçılma diyagramından bulunur.

2) TYV'daki mesafeleri  $R_M$ 'ye TYV değerlerini de  $V_M$  değerine bölerek yatay ve düşey eksenlerde 0 ile 1 arasında değişen standart TYV fonksiyonu elde edilir. Bu bölmelerle elde edilen standart TYV boyutsuzdur.

3) Standart TYV değerlerinin 1'den çıkarılması ile daha önceki kısımlarda akılcı olarak çıkarılmış olan ağırlık fonksiyonu ölçümlerden elde edilmiş olur. Bu şekilde elde edilen eğriye bölgesel bağımlılık fonksiyonu adı verilir. Şekil 5'de hem sunulan yöntem hem de akılcı olarak verilen yöntemlerin bir kıyaslaması verilmiştir.

Bu şekilde  $R_M$  mesafesinden sonra bulunan ölçüm değerlerinin harita için hesaplanacak noktadaki değere bir etkisinin olmayacağı kolayca görülür çünkü bu mesafeden sonraki mesafelerin ağırlık katsayılarının hepsi sıfıra eşittir [10].



Şekil 4. İstanbul yağışlarının Ocak ayı TYV'ı [10] (Şen, 1997)

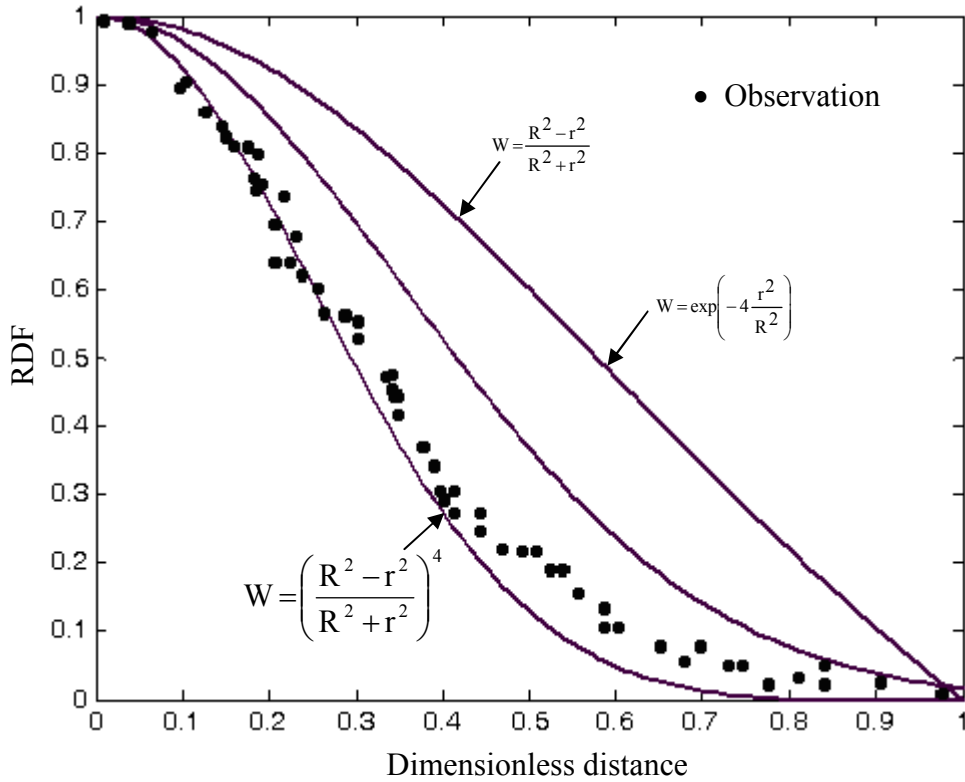
Harita yapılırken duyarlılığın daha da artırılması için burada ardışık yaklaşımlı bir yöntem de sunulmuştur. Bunun için her bir ölçüm noktasının tesir yarıçapı ayrı ayrı belirlenerek haritası yapılacak alan için bir yarıçaplar eş değer haritası ortaya çıkarılır (Şekil 6). Böylece istenen herhangi bir noktada (ölçüm noktası olmasa bile) tesir yarıçapının ne kadar olacağı bu haritadan kolayca okunabilir. İşte okunan bu tesir yarıçapı, yarıçap olmak üzere hesaplanacak nokta etrafında çizilen dairenin içinde kalan

ölçüm noktasındaki değişken değerleri hesaplanacak noktadaki değişkenin tahmini için kullanılabilir konumları içerir [9]. Bu ardışık yaklaşım yönteminin uygulanması için aşağıdaki adımların icra edilmesi gereklidir.

1) Önce hesaplanacak noktaya en yakın olan tek bir ölçüm noktasını düşünürsek bunun o noktada tahmin edilecek değere eşit olduğu Denklem (1)'den görülür.

2) Bundan sonra hesaplanacak noktaya en yakın olan iki ölçüm noktası göz önünde tutularak o noktanın değeri yine Denklem (1) ve elde edilmiş olan bölgesel bağımlılık fonksiyonundan bulunur. Artık iki nokta göz önünde tutulduğundan hesaplanan değer ağırlıklı olarak bu iki değer arasındadır ve aradaki fark hatayı gösterir. Bu hatanın karesi alınarak bu aşmadaki hatanın karesi bulunur.

3) Önceki adımda yapılanlar 3, 4, 5 vb. ölçüm noktaları göz önünde tutularak yinelenir. Bu durumda her bir aşamada bir hata kareleri değeri elde edilir. İşte bunlardan en az hatayı veren ölçüm noktası sayısı artık hesaplanması gerekli noktadaki bölgesel değişkenin değeridir.



Şekil 5. İstanbul yağışlarının Ocak ayı bölgesel bağımlılık fonksiyonu ve akılcı ağırlık fonksiyonları

4) Yukarıdaki adımda söylenenlerin hepsi teker teker her bir hesaplama noktası için tekrarlanır. Doğal olarak hesaplama noktaları haritası yapılacak olan alanın üzerine geçirilen bir ağ şebekesinin düğüm noktalarından ibarettir.

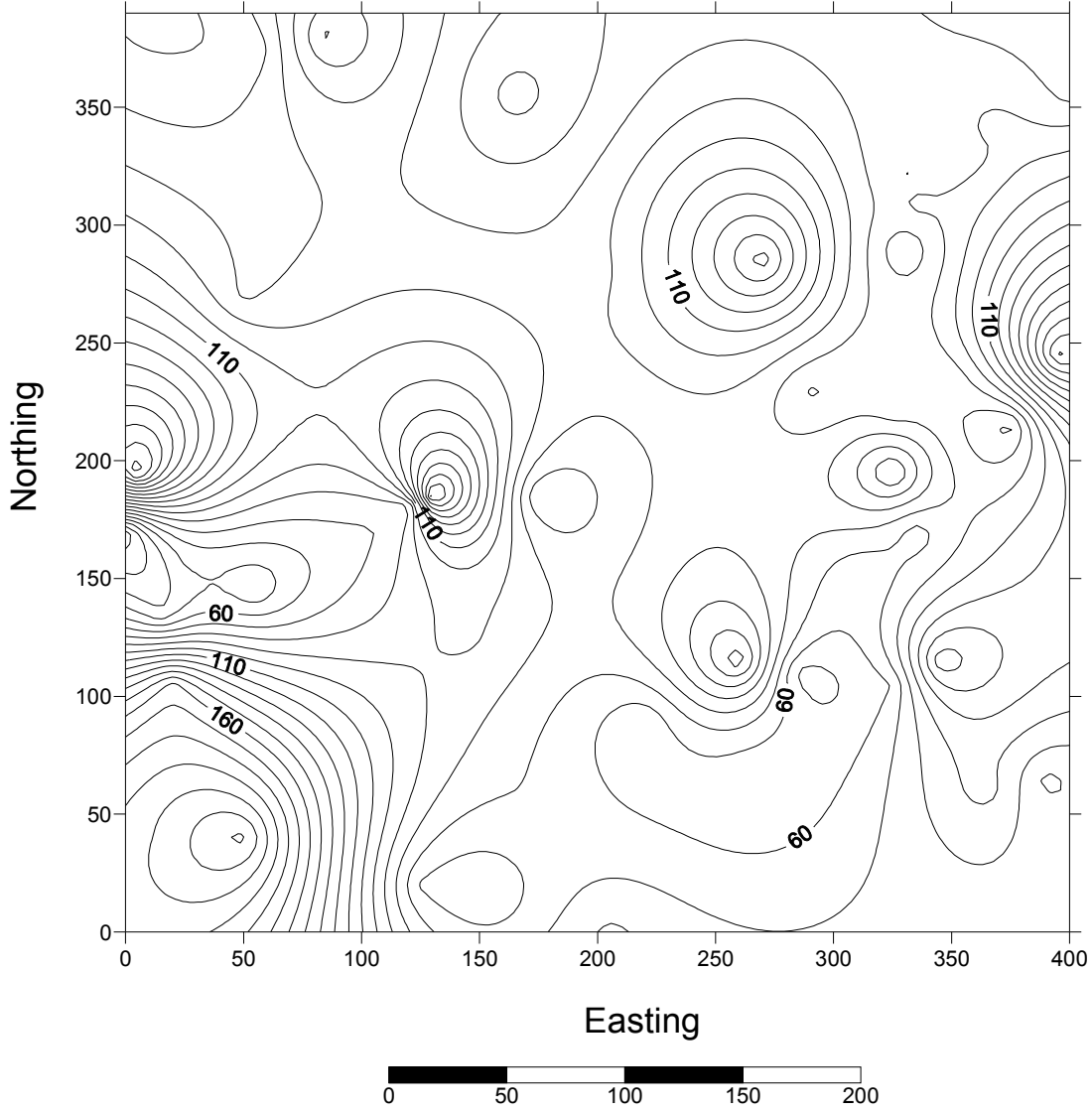
5) Tüm düğüm noktalarındaki hesaplamalar bitirildikten sonra bir haritalama yöntemi ile (mesela Kriging) haritanın yapılması tamamlanır.

## 5. SONUÇLAR

Harita yapmak insanlığın tarihi kadar eski bir faaliyeti gösterir ve asırlar boyu gelişerek bugünkü haritalama yöntemlerinin kullanılmasına kadar ulaşmıştır. Bu faaliyetler bir dizi medeniyetlerin katkıları ile ortaya çıkmıştır. Bu medeniyetler arasında en etkin olarak göze çarpan Müslüman bilim adamlarının Ortaçağda ileriye sürdükleri ve bugünün haritalama tekniklerinin tohumlarını içeren yöntem ve önerilerdir. Genel olarak haritalama için önce haritası yapılacak olan değişkenin gelişigüzel veya nadiren de olsa düzgün noktalarda yapılan bir takım ölçümlerinin bulunması gereklidir. Önerilerden çoğu



haritalama için akılcı ve mantık kurallarından hareketle ve hiçbir ölçüm verisinin katkısı göz önünde tutulmadan belirtilen ağırlık fonksiyonlarından ibarettir. Bunlar mesafe ile hesaplanacak noktaya verilecek ağırlık katsayılarının hesaplanmasına yarar. Burada yazar tarafından ölçümlerden yola çıkarak bulunan önerilmiş bölgesel bağımlılık fonksiyonu ve ardışık yaklaşımlar yöntemi ile nasıl harita yapılabileceğinin esasları kısaca verilmiştir.



Şekil 6. Tesir yarıçapı haritası (m)

## 6. KAYNAKLAR

1. Şen, Z., 2006, "Batmayan Güneşlerimiz" Bilim Serisi, Altın Burç Yayınları, 103 sayfa
2. Gilchrist, B., Cressman, G. P., 1954, "An experiment in objective analysis", Tellus, 6, 309–318
3. Bergthorsson, P., and Döös, B. R., 1955, "Numerical weather map analysis", Tellus, 7, 329–340
4. Cressman, G. P., 1959, "An operational objective analysis system", Mon. Wea. Rev., 87, 367
5. Barnes, S. L., 1964, "A technique for maximizing details in numerical weather map analysis", J. Appl. Meteor., 3, 396–409
6. Goodin, W. R., McRea, G. J., Seinfeld, J. H., 1979, "A comparison of interpolation methods for sparse data: Application to wind and concentration fields", J. Appl. Meteor., 18, 761–771

7. Koch, S. E., Des Jardins, M., Kocin, P. J., 1983, "An iterative Barnes objective map analysis scheme for use with satellite and conventional data", *J. Appl. Meteor.*, 22, 1487–1503
8. şen, Z., 1989. Cumulative semivariogram models of regionalized variables. *Int. J. Math. Geology*, Vol. 21, No. 3, pp. 891-903.
9. şen, Z. (2009), *Spatial Modeling Principles in Earth Sciences*. Springer-Verlag, 320 pp (in print).
10. şen, Z., 1997. Objective Analysis by Cumulative Semivariogram Technique and Its Application in Turkey. *J. Applied Meteorology*. 36, 1712-1724.

### Yararlanılan Diğer Kaynaklar

- Barnston, A.G., H.M. van den Dool, S.E. Zebiak, T.P. Barnett, M. Ji, D.R. Rodenhuis, M.A. Cane, A. Leetmaa, N.E. Graham, C.F. Ropelewski, V.E. Kousky, E. A. O'Lenic and R.E. Livezey, 1994: Long-lead seasonal forecasts-Where do we stand? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 75, 2097-2114.
- Bouraoui, F., Vachaud, G., Li, L.Z.X., Le Treut, H., Chen, T., 1999. Evaluation of the impact of climate changes on water storage and groundwater recharge at the watershed scale. *Climate Dynamics* 15, 153–161.
- Buma, J., Dehn, M., 2000. Impact of climate change on a landslide in South East France, simulated using different GCM scenarios and downscaling methods for local precipitation. *Climate Research* 15 (1), 69–81.
- Cannon, A.J., Whitfield, P.H., 2002. Downscaling recent streamflow conditions in British Columbia, Canada using ensemble neural network models. *Journal of Hydrology* 259 (1), 136–151.
- Cavazos, T., 1997. Downscaling large-scale circulation to local winter rainfall in north-eastern Mexico. *International Journal of Climatology* 17 (10), 1069–1082.
- Cortes, C., Vapnik, V., 1995. Support vector networks. *Machine Learning* 20, 273–297.
- Crane, R.G., Hewitson, B.C., 1998. Doubled CO<sub>2</sub> precipitation changes for the Susquehanna Basin: Down-Scaling from the Genesis General Circulation Model. *International Journal of Climatology* 18, 65–76.
- Crane, R.G., Yarnal, B., Barron, E.J., Hewitson, B., 2002. Scale interactions and regional climate: Examples from the Susquehanna River Basin. *Human and Ecological Risk Assessment* 8 (1), 147–158.
- Cristianini, N., Shawe-Taylor, J., 2000. *An Introduction to Support Vector Machines and other Kernel-based Learning Methods*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Faucher, M., Burrows, W.R., Pandolfo, L., 1999. Empirical-statistical reconstruction of surface marine winds along the western coast of Canada. *Climate Research* 11 (3), 173–190.
- Georgakakos, K.P., Smith, D.E., 2001. Soil moisture tendencies into the next century for the conterminous United States. *Journal of Geophysical Research – Atmospheres* 106 (D21), 27367–27382.
- Hassan, H., Hanaki, K., Matsuo, T., 1998. A modeling approach to simulate impact of climate change in lake water quality: Phytoplankton growth rate assessment. *Water Science and Technology* 37 (2), 177–185.
- Haykin, S., 2003. *Neural Networks: A comprehensive foundation*. Fourth Indian Reprint, Pearson Education, Singapore, pp. 842.
- Hewitson, B.C., Crane, R.G., 1996. Climate downscaling: Techniques and application. *Climate Research* 7, 85–95.
- Jasper, K., Calanca, P., Gyalistras, D., Fuhrer, J., 2004. Differential impacts of climate change on the hydrology of two alpine river basins. *Climate Research* 26 (2), 113–129.
- Kettle, H., Thompson, R., 2004. Statistical downscaling in European mountains: verification of reconstructed air temperature. *Climate Research* 26 (2), 97–112.

- Kim, M.K., Kang, I.S., Park, C.K., Kim, K.M., 2004. Superensemble prediction of regional precipitation over Korea. *International Journal of Climatology* 24 (6), 777–790.
- Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. W., Döll, P., Jimenez, B., Miller, K., Oki, T., Sen, Z., & Shiklomanov, I. (2008) The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. *Hydrol. Sci. J.* 53(1), 3-10.
- Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K., Oki, T., Şen, Z. & Shiklomanov, I. (2007) Freshwater resources and their management. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ed. by M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden & C. E. Hanson), 173–210. Cambridge University Press, UK. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter3.pdf>
- Misson, L., Rasse, D.P., Vincke, C., Aubinet, M., Francois, L., 2002. Predicting transpiration from forest stands in Belgium for the 21st century. *Agricultural and Forest Meteorology* 111 (4), 265–282.
- Mpelasoka, F.S., Mullan, A.B., Heerdegen, R.G., 2001. New Zealand climate change information derived by multivariate statistical 638 S. Tripathi et al. and artificial neural networks approaches. *International Journal of Climatology* 21 (11), 1415–1433.
- Olsson, J., Uvo, C.B., Jinno, K., Kawamura, A., Nishiyama, K., Koreeda, N., Nakashima, T., Morita, O., 2004. Neural networks for rainfall forecasting by atmospheric downscaling. *Journal of Hydrologic Engineering* 9 (1), 1–12.
- Sailor, D.J., Hu, T., Li, X., Rosen, J.N., 2000. A neural network approach to local downscaling of GCM output for assessing wind power implications of climate change. *Renewable Energy* 19 (3), 359–378.
- Sasaki, Y., 1958. An objective analysis based on variational method, *Journal of Meteorological Society of Japan*, Vol. 36, No. 3, pp. 77-88.
- Sastry, P.S., 2003. An introduction to support vector machines. In: Misra, J.C. (Ed.), *Computing and Information Sciences: Recent Trends*. Narosa Publishing House, New Delhi.
- Schmidt, M., Glade, T., 2003. Linking global circulation model outputs to regional geomorphic models: a case study of landslide activity in New Zealand. *Climate Research* 25 (2), 135–150.
- Scholkopf, B., Burges, C., Smola, A. (Eds.), 1998. *Advances in Kernel Methods – Support Vector Learning*. MIT Press.
- Schoof, J.T., Pryor, S.C., 2001. Downscaling temperature and precipitation: A comparison of regression-based methods and artificial neural networks. *International Journal of Climatology* 21 (7), 773–790.
- Shivam, T., 2004. Downscaling of General Circulation Models to Assess the Impact of Climate Change on Rainfall of India, ME thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India.
- Snell, S.E., Gopal, S., Kaufmann, R.K., 2000. Spatial interpolation of surface air temperatures using artificial neural networks: Evaluating their use for downscaling GCMs. *Journal of Climate* 13 (5), 886–895.
- Solecki, W.D., Oliveri, C., 2004. Downscaling climate change scenarios in an urban land use change model. *Journal of Environmental Management* 72 (1–2), 105–115.
- Tatli, H., Dalfes, H.N., Montes, S., 2004. A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey. *International Journal of Climatology* 24 (2), 161–180.
- Trigo, R.M., Palutikof, J.P., 1999. Simulation of daily temperatures for climate change scenarios over Portugal: a neural network model approach. *Climate Research* 13 (1), 45–59.
- Tripathi, S., Srinivas, V.V., and Nanjundiah, R. S., (2008). Downscaling of precipitation for climate change scenarios: A support vector machine approach. *Journal of Hydrology*, 330, 621-640.
- Vapnik, V.N., 1995. *The Nature of Statistical Learning Theory*. Springer Verlag, New York.
- Vapnik, V.N., 1998. *Statistical Learning Theory*. Wiley, New York.