

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

**ADANA İKLİM KOŞULLARINDA SICAKLIK STRESİNİN ALANSAL
DAĞILIMININ SÜT SIĞIRCILIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burcu SALDAMLI
Danışman: Doç. Dr. Suna AKKOL

VAN – 2023

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

**ADANA İKLİM KOŞULLARINDA SICAKLIK STRESİNİN ALANSAL
DAĞILIMININ SÜT SIĞIRCILIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burcu SALDAMLI

VAN – 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootečni Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Suna AKKOL danışmanlığında, Burcu SALDAMLI tarafından sunulan “Adana İklim Koşullarında Sıcaklık Stresinin Alansal Dağılımının Süt Sığırcılığı Açısından Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 28/03/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Suna AKKOL

İmza:

Üye: Doç. Dr. Pınar BOSTAN

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Aslı AKILLI

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun / / tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

Burcu SALDAMLI

ÖZET

ADANA İKLİM KOŞULLARINDA SICAKLIK STRESİNİN ALANSAL DAĞILIMININ SÜT SIĞIRCILIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

SALDAMLI, Burcu

Yüksek Lisans Tezi, Zootečni Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Suna AKKOL

Mart 2023, 71 sayfa

İklim koşullarının tüm canlılar üzerinde etkisi olduğu gibi süt sığırları üzerinde de etkisi söz konusudur. Yüksek verimli süt sığırları üzerinde çeşitli iklim parametreleri besin kompozisyonu kadar önemli etkiye sahiptir. Son yıllarda hızlanan küresel ısınmanın etkisiyle süt sığırları üzerindeki sıcaklık stresi artmakta ve bunun önemli bir sonucu olarak süt verimlerinde kayıplar meydana gelmektedir. Süt sığırlarında görülen sıcaklık stresi, havanın sıcaklığı ve nemi kullanılarak geliştirilmiş indeksler yardımı ile belirlenir. Bu indeksler aynı zamanda süt sığırlarının maruz kaldığı stresin düzeyinin belirlenmesine de hizmet etmektedir. Bu indeksler, “Sıcaklık-Nem İndeksi” olarak literatürde bilinmektedir (SNİ veya THI).

Sıcaklık stresi, tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz süt sığırcılığında önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Bu çalışmada, özellikle sıcak iklime sahip olan Adana ilinde süt sığırcılığının ekonomik olarak yapılacağı alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Adana ili otomatik meteorolojik gözlem istasyonundan alınan veriler kullanılmıştır. İstasyon verileri THI değerlerine çevrilmiş ve daha sonra bu değerlere IDW (Inverse Distance Method) OK (Ordinary Kriging) ve UK (Universal Kriging) yöntemleri uygulanmıştır. OK ve UK yöntemleri HKO ve belirleme katsayısı bakımından değerlendirilmiş ve Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarının tamamı için UK yönteminin OK yönteminden daha iyi tahmin ürettiği ve UK yöntemi kullanıldığında sonuçlarının dikkate değer ölçüde iyileştiği sonucuna varılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre Adana ilinde hangi bölgelerde sıcaklık stresi gelişmediği veya oluşan sıcaklık stresinin daha düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ulaşılan sonuçlar, süt sığırcılığının sıcaklık stresi gelişmeyen bölgelerde yapılmasının tavsiye edilmesinin yanı sıra sıcaklık stresinin oluşacağı tahmin edilen bölgelerdeki mevcut işletmelerde sıcaklık stresini azaltıcı gerekli tedbirlerin alınmasına, planlama aşamasındaki işletmelerin projelerine dahil edilmesi sağlanarak işletmelerin ekonomik çalışmalarına katkı sağlamış olacaktır.

Anahtar kelimeler: Mekansal veri, Süt sığırları, Sıcaklık nem indeksi, Variogram



ABSTRACT

EVALUATION OF SPATIAL DISTRIBUTION OF HEAT STRESS IN ADANA CLIMATE CONDITIONS IN TERMS OF DAIRY CATTLE

SALDAMLI, Burcu

M.Sc. Thesis, Department of Animal Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Suna AKKOL

March 2023, 71 pages

Climatic conditions have an impact on dairy cattle as well as on all living things. Various climatic parameters have an important effect on high-yielding dairy cattle as well as nutrient composition. With the effect of accelerating global warming in recent years, heat stress on dairy cattle has increased and as a result of this, losses in milk yields occur. Heat stress in dairy cattle is determined with the help of indices developed using the temperature and humidity of the air. These indices also serve to determine the level of stress to which dairy cattle are exposed. These indices are known as the "Temperature-Humidity Index" (THI).

Heat stress causes significant yield losses in dairy cattle farming in our country, as it does all over the world. In this study, it is aimed to determine the areas where dairy cattle breeding will be done economically, especially in Adana, which has a hot climate. For this purpose, the data obtained from the Adana meteorological station were used. The station data were converted to THI values and then the IDW (Inverse Distance Method), OK (Ordinary Kriging) and UK (Universal Kriging) methods were applied to the values. When the MSE and determination coefficients obtained from the OK and UK methods, which are among these applied methods, are evaluated for the months of June, July, August and September, it is concluded that the UK method produces a better estimation than the OK method and the results are significantly improved when the UK method is used.

According to the results obtained, it was determined in which regions in Adana that heat stress did not develop or was at a lower level. The results obtained in the study, in addition to recommending dairy cattle breeding in regions where heat stress does not develop, will contribute to the economic work of the enterprises by taking the necessary measures to reduce the heat stress in the existing enterprises in the regions where heat stress will occur, and by including the enterprises in the planning stage in their project.

Key words: Dairy cattle, Spatial data, Temperature humidity index, Variogram

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen teşvik edici sözleriyle akademik yolda yürüme fırsatı sunan danışmanım Sayın Doç. Dr. Suna AKKOL’a teşekkür ederim. Ayrıca Sayın Doç. Dr. Pınar BOSTAN ve Dr. Öğr. Üyesi Aslı AKILLI’ya değerli zamanlarını ayırarak, tezimin jürisine katılmaları ve tezi geliştirici fikir ve öneriler getirmeleri hususunda teşekkürü borç bilirim. Hayatım boyunca beni destekleyen, haklarını asla ödeyemeyeceğim annem, babam ve kardeşime teşekkürlerimi sunarım.

2023

Burcu SALDAMLI

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1 Materyal	13
3.2 Yöntem.....	13
3.2.1 Kriging Enterpolasyon Yöntemi	13
3.2.1.1 Ordinary Kriging	20
3.2.1.2 Universal Kriging.....	24
3.2.2 Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW)	25
3.2.3 Çapraz Geçerlilik (Cross-Validation)	25
3.3 Sıcaklık-Nem İndeksi Değerlerinin Hesaplanması	27
4. BULGULAR.....	29
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	61
KAYNAKLAR.....	65
ÖZ GEÇMİŞ.....	71



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4. 1 Haziran ayı THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri	35
Çizelge 4. 2 Temmuz ayı THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri	42
Çizelge 4. 3 Ağustos ayı THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri	50
Çizelge 4. 4 Eylül ayı THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri	57
Çizelge 4. 5 Haziran-Eylül ayları THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri	60



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Sıcaklık-nem indeksi sınıflandırma.....	5
Şekil 3.1 Semivariogram parametreleri	17
Şekil 3.2 Kriging Yöntemi Uygulama Aşamaları	19
Şekil 3.3 Adana İli OMGİ dağılımı	28
Şekil 4. 1 Haziran ayı günlük değerleri için THI değerlerinin mekânsal dağılımı.....	29
Şekil 4. 2 Adana il sınırlarıyla birlikte Haziran ayı için IDW haritası	30
Şekil 4. 3 Haziran ayı OK yarı-variogram.....	30
Şekil 4. 4 Haziran ayı THI değerleri için OK tahmin haritası.....	30
Şekil 4. 5 Haziran ayı UK yarı-variogram.....	30
Şekil 4. 6 Haziran ayı THI değerleri için UK haritası	30
Şekil 4. 7 Haziran ayı THI değerleri için OK model ile standart sapma haritası	30
Şekil 4. 8 Haziran ayı THI değerleri için UK model ile standart sapma haritası	30
Şekil 4. 9 Temmuz ayı günlük değerleri için THI değerlerinin mekânsal dağılımı	36
Şekil 4. 10 Adana il sınırlarıyla birlikte Temmuz ayı IDW haritası.....	37
Şekil 4. 11 Temmuz ayı OK yarı-variogram	38
Şekil 4. 12 Temmuz ayı THI değerleri için OK haritası	38
Şekil 4. 13 Temmuz ayı UK yarı-variogram	39
Şekil 4. 14 Temmuz ayı THI değerleri için UK haritası	40
Şekil 4. 15 Temmuz ayı THI değerleri için OK standart sapma haritası.....	41
Şekil 4. 16 Temmuz ayı THI değerleri için UK standart sapma haritası.....	41
Şekil 4. 17 Ağustos ayı günlük değerleri için THI değerlerinin mekânsal dağılımı	43
Şekil 4. 18 Adana il sınırlarıyla birlikte Ağustos ayı IDW haritası.....	43
Şekil 4. 19 Ağustos ayı OK yarı-variogram	45
Şekil 4. 20 Ağustos ayı THI değerleri için OK haritası	45
Şekil 4. 21 Ağustos ayı UK yarı-variogram	46
Şekil 4. 22 Ağustos ayı THI değerleri için UK haritası	46
Şekil 4. 23 Ağustos ayı THI değerleri için OK model ile standart sapma haritası.....	47
Şekil 4. 24 Ağustos ayı THI değerleri için UK model ile standart sapma haritası.....	48

Şekil 4. 25 Eylül ayı günlük değerleri için THI değerlerinin mekânsal dağılımı.....	50
Şekil 4. 26 Adana il sınırlarıyla birlikte Eylül ayı IDW sonuçları	51
Şekil 4. 27 Eylül ayı OK yarı-variogram.....	52
Şekil 4. 28 Eylül ayı THI değerleri için OK haritası	52
Şekil 4. 29 Eylül ayı UK yarı-variogram.....	53
Şekil 4. 30 Eylül ayı THI değerleri için UK haritası	54
Şekil 4. 31 Eylül ayı THI değerleri için OK model ile standart sapma haritası	55
Şekil 4. 32 Eylül ayı THI değerleri için UK model ile standart sapma haritası	56
Şekil 4. 33 Sırasıyla Haziran (a), Temmuz (b), Ağustos (c), ve Eylül (d) ayları THI değerleri için OK haritaları	58
Şekil 4. 34 Sırasıyla Haziran (a), Temmuz (b), Ağustos (c), ve Eylül (d) ayları THI değerleri için UK haritaları	59

1. GİRİŞ

Dünya süt üretiminin %52.4'ü başta Hindistan olmak üzere AB ve ABD tarafından karşılanmaktadır. Dünya süt üretimi içinde süt sığırlar tarafından karşılanan kısım %83.4 olup ilk sırayı almaktadır. İkinci sırada %14 ile manda yer almaktadır. Bunu %2 ile keçiler, %1 ile koyunlar ve %0.03 ile develer takip etmektedir. Türkiye'de sığircılık alanında yapılan üretim diğer hayvansal üretim kollarında yapılanlardan çok daha fazla ilgi görmektedir. Süt sığircılığının tercih edilme nedenlerinden ilki süt üretiminde birim başına en yüksek verimin elde edilmesidir. Zira süt sığırlarının laktasyon süresi uzun olup farklı iklim koşullarına uyum sağlama konusunda zorluk çekmemektedirler (Akman vd., 2013). 2021 yılı itibariyle Türkiye sığır varlığının %49'u kültür ırkı olup ilk sırayı almaktadır. Sığır varlığı içindeki melez ırkların oranı %43 ve yerli ırkların oranı %8'dir. Yetiştirilen sığırlar içinde kültür ırkı olan Siyah-Alaca (Holstein) ırkı ilk sırada yer almaktadır (TİGEM, 2021). Genotip ne kadar iyi olursa olsun çevresel koşullar yeterince iyileştirilmediği sürece en iyi ve yüksek verime ulaşmak mümkün olmayacaktır. Süt üretim miktarı ve kalitesinin artırılması için genotiple birlikte çevresel koşulların iyileştirilmesine de ihtiyaç vardır. Çevresel koşullar içinde iklim, özellikle küresel ısınmanın etkisiyle önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

Sığırların vücut sıcaklığında değişikliğe neden olan parametrelerin bileşkesi olarak ortaya çıkan sıcaklık stresi en yalın tabiriyle, bir hayvanın vücut ısı dengesini korumak için vücut tarafından üretilen ısıyı dağıtamadığı zaman meydana gelmektedir (Çelik, 2021). Çevre tarafından sığır üzerinde oluşan bu stresin çevresel kombinasyonları, sıcaklık, bağıl nem, rüzgar, radyasyon ve yağış benzeri bileşenlerdir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda sıcaklık stresi seviyesini sayısal olarak ifade etmek için farklı çevresel faktörleri barındıran birçok indeks önerilmiştir. Fakat, bunların kullanımları eksik veri nedeniyle sonuç üretmekte yetersiz kalmıştır. Süt sığırlarında sıcaklık stresi üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu sıcaklık .ve bağıl nemi temel parametre olarak varsaymaktadır (Akyüz vd., 2010; Kibar vd., 2018 Çelik, 2021).

Yüksek sıcaklık ve nemle birlikte oluşan sıcaklık stresini kantitatif olarak ifade etmekte kullanılan yöntem "Sıcaklık-Nem İndeksi" (SNI veya THI)'dir. Yüksek sıcaklık

nem indeks değerleri süt sığırlarında sıcaklık stresine neden olmaktadır. Sıcaklık stresi süt verim miktarı, dl verimi ve hayvanın genel sağlığı üzerinde olumsuz etkiye sahip olan bir olgudur.

Yaz aylarında sıcaklık ve nem değerlerinin yüksek olduğu Akdeniz bölgesinde özellikle Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında THI değerlerinin yüksek olması kağınılmazdır. Bunun doğal bir sonucu olarak süt sğircılığı yapılan işletmelerdeki hayvanlar bu aylarda sıcaklık stresine maruz kalabilmektedir. Bu bölgedeki süt sğircılığı ile uğraşan işletmeler sıcak yaz aylarında hayvanlarını sıcaklık stresine karşı korumada çeşitli sıkıntılar yaşamaktadırlar.

Süt sğircılığında sıcaklık stresinin meydana geldiği dönemlerde süt ve diğer verimlerde meydana gelen azalma için çeşitli önlemler alınmaktadır (Kibar vd., 2018; Karaca 2021; elik, 2021). Ancak sıcaklık stresinin meydana gelebileceği bölgelerin önceden bilinmesi önlemlerin zamanında alınmasına ve böylece verimlerde meydana gelmesi muhtemel kayıplarda azalmaya imkan sağlayacaktır. Diğer bir ifade ile sıcaklık stresinin meydana gelebileceği bölgelerin belirlenmesi sayesinde, süt sğircılığının sıcaklık stresi gelişmeyen bölgelerde yapılmasının tavsiye edilmesi, sıcaklık stresinin oluşacağı tahmin edilen bölgelerdeki mevcut işletmelerde sıcaklık stresini azaltıcı gerekli tedbirlerin alınması, planlama aşamasındaki işletmelerin projelerinin buna göre planlanması sağlanarak işletmelerin ekonomik çalışmalarına katkı sağlanmış olacaktır. Sıcaklık stresi bakımından uygun yerlerin seçimi, işletme ekonomisine sağlayacağı katkıyla birlikte hayvan refahı açısından da önemli olmaktadır. Bu alışmada, Ters Mesafe Ağırlıklı (Inverse Distance Weighted: IDW), Ordinary Kriging (OK) ve Universal Kriging (UK) enterpolasyon yöntemleri kullanılarak Adana ili için sırasıyla Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarına ait THI verilerinin mekânsal dağılımı belirlenmiştir.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Süt sığırları diğer tüm canlılarda olduğu gibi çevre koşullarından etkilenmektedir. Süt sığırları için çevresel koşullar, bakım ve beslemenin yanı sıra iklim faktörleri şeklinde özetlenebilir. Sıcaklık, nem, hava hareketleri ve havanın temizliği iklim faktörleri içinde yer almaktadır (Mutaf ve Sönmez, 1984). Bu faktörlerden sıcaklığın süt sığırların performansını olumsuz etkilediği bilinmektedir. Ancak sıcaklık stresi sadece yüksek hava sıcaklığı, nispi nem ve güneşin etkisiyle ortaya çıkan radyasyon gibi faktörlerin etkisiyle ortaya çıkmaktadır (Alkoyak ve Çetin, 2016). Sıcaklık stresi, süt sığırının optimal vücut sıcaklığının artmasına sebep olan faktörlerin bileşkesi olarak tanımlanabilir. Süt sığırlarında sıcaklık stresi, bir süt hayvanın vücut ısı dengesini koruyabilmek amacıyla vücut tarafından üretilen ısıyı dağıtamadığı zaman ortaya çıkmaktadır. Termal konforu bozularak sıcaklık stersine giren süt sığırında verimi ve üreme performansını olumsuz etkileyecek fizyolojik bozukluklar meydana gelebilir. Dolayısıyla THI değerlerinin belirli seviyelerin üzerine çıkması süt sığırlarında süt üretimini, döl verimini ve genel sağlığını olumsuz şekilde etkileyen ciddi bir problem olduğu bildirilmiştir (Özkütük ve Göncü, 1996; Hansen 2007; Rhodas vd., 2009, Smith vd., 2013).

Süt sığırıcılığında süt verimi ekonomik bakımından önemli bir faktördür. Dolayısıyla süt sığırıcılığında sığır başına en yüksek süt veriminin elde edilmesi esas amaçtır. Verimin genel olarak çevre ve genotip etkisi altında olduğu, çevre şartları iyi olmadığı sürece genotip ne kadar iyi olursa olsun verimin genotipten beklenen düzeye ulaşamayacağı açıktır (Özer vd., 2001).

Sıcaklık Nem İndeksi (THI) sıcaklık stresini kantitatif olarak ifade etmek için kullanılır. THI değerleri hesaplanırken, kuru termometre sıcaklığı ıslak termometre sıcaklığı, çiğ noktası sıcaklığı ve havanın bağıl nem içeriği gibi bazı iklim parametreleri kullanılır. Elde edilen THI değerleri sıcaklık stresinin düzeyleri hakkında bilgi verir. THI değerleri farklı eşitlikler kullanılarak elde edilmektedir. Literatürleri ile birlikte sekiz farklı eşitlik sırasıyla aşağıda verilmiştir.

$$THI1 = (1.8 \times Tdb + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH)(1.8 \times Tdb - 26.8)] \text{ (NRC, 1971)} \quad (2.1)$$

$$THI2 = Tdb + 0.36xTdb + 41.2 \text{ (Yousef, 1985)} \quad (2.2)$$

$$THI3 = (0.35xTdb + 0.65 \times Twb) \times 1.8 + 32 \text{ (Bianca,1962)} \quad (2.3)$$

$$THI4 = (0.55xTdb + 0.2 \times Tdp)x1.8 + 32 + 17.5 \text{ (NRC, 1971)} \quad (2.4)$$

$$THI5 = (0.15xTdb + 0.85 \times Twb)x1.8 + 32 \text{ (Bianca, 1962)} \quad (2.5)$$

$$THI6 = [0.4x(Tdb + Twb)]x1.8 + 32 + 15 \text{ (Thom, 1959)} \quad (2.6)$$

$$THI7 = (Tdb + Twb)x0.72 + 40.6 \text{ (NRC, 1971)} \quad (2.7)$$

$$THI8 = (0.8xTdb) + [(RH/100)x(Tdb - 14.4)] + 46.4 \text{ (Mader vd., 2006).} \quad (2.8)$$

Burada, Tdb = Kuru termometre sıcaklığını, RH= Nem oranını, Twb=Islak termometre sıcaklığını ve Tdp=Çiğ noktası sıcaklığını göstermektedir.

Gaughan vd. (2008), THI değerinin 72 ve üzerine çıktığı durumlarda sıcaklık stresinin başladığını bildirmişlerdir. THI değerinin 72 olması mevcut sürüdeki ortalama verime sahip bir süt sığırının etkilendiği iklim faktörlerinden etkilendiği noktayı göstermektedir. Moran (2005), Zimbelman vd. (2009), Wheelock vd. (2010) THI değerlerini aşağıdaki gibi sınıflandırmaya tabi tutmuşlardır.

THI 72'den küçükse, düşük stres veya stres yok,

THI 72-78 arası ise orta düzeyde stres var,

THI 79-89 arası ise şiddetli stres var,

THI 90-98 arası ise çok şiddetli stres var demektir.

THI 98'den büyükse ineğin ölümü gerçekleşir.

Süt veriminde düşüşler THI değerinin 65 ve üzerine çıkması ile başladığı (Zimbelman vd., 2009) ve bu THI değerinden sonra orta ve yüksek düzeyde ısı stresine maruz kalmanın süt sığırlarında verimi belirgin düzeyde aşağı çektiği (Bohmanova vd., 2008) bildirilmiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı tarafından Sıcaklık-Nem indeksi programı için faydalanılan denklem ve tablo aşağıdaki gibidir. (Nadaroğlu vd., 2022). Burada THI değeri $THI = (0.55xTdb + 0.2 \times Tdp)x1.8 + 32 + 17.5$ (NRC, 1971) eşitliği kullanılarak elde edilmiştir. Burada Tdb = Kuru termometre sıcaklığını (°C), RH ise % olarak nispi nemi ifade etmektedir.

Sıcaklık		Nispi Nem (%)																					
°F	°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
72	22	64	65	65	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72	72	
73	23	65	65	66	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	71	72	72	73	73	
74	23.5	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	
75	24	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	
76	24.5	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	
77	25	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	
78	25.5	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	
79	26	67	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	76	76	77	77	78	78	79	
80	26.5	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	76	77	78	78	79	79	80	
81	27	68	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	78	79	80	80	81	
82	28	69	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	81	81	82	
83	28.5	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82	83	
84	29	70	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	83	83	84	
85	29.5	70	71	72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	
86	30	71	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86	
87	30.5	71	72	73	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	85	86	87	
88	31	72	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	86	87	88	
89	31.5	72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	
90	32	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90	
91	33	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90	91	
92	33.5	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	90	91	92	
93	34	74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	85	85	86	87	88	89	90	91	92	93	
94	34.5	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	86	86	87	88	89	90	91	92	93	94	
95	35	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	
96	35.5	75	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	
97	36	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	95	96	97	
98	36.5	76	77	78	80	80	82	83	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	98	
99	37	76	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	98	99	
100	38	77	78	79	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	96	98	99	100	
101	38.5	77	79	80	81	82	83	84	86	87	88	89	90	92	93	94	95	96	98	99	100	101	
102	39	78	79	80	82	83	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	97	98	100	101	102	
103	39.5	78	79	81	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	94	96	97	98	99	101	102	103	
104	40	79	80	81	83	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101	103	104	
105	40.5	79	80	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100	101	102	103	105	
106	41	80	81	82	84	85	87	88	89	90	91	93	94	95	97	98	99	101	102	103	104	106	
107	41.5	80	81	83	84	85	87	88	89	91	92	94	95	96	98	99	100	102	103	104	106	107	
108	42	81	82	83	85	86	88	89	90	92	93	94	96	97	98	100	101	103	104	105	107	108	
109	43	81	82	84	85	87	89	89	91	92	94	95	96	98	99	101	102	103	105	106	108	109	
110	43.5	81	83	84	86	87	89	90	91	93	94	96	97	99	100	101	103	104	106	107	109	110	
111	44	82	83	85	86	88	90	91	92	94	95	96	98	99	101	102	104	105	107	108	110	111	
112	44.5	82	84	85	87	88	90	91	93	94	96	97	99	100	102	103	105	106	108	109	111	112	
113	45	83	84	86	87	89	91	92	93	95	96	98	99	101	102	104	105	107	108	110	111	113	
114	45.5	83	85	86	88	89	92	92	94	96	97	99	100	102	103	105	106	108	109	111	112	114	
115	46	84	85	87	88	90	92	93	95	96	98	99	101	102	104	106	107	109	110	112	113	115	
116	46.5	84	86	87	89	90	93	94	95	97	98	100	102	103	105	106	108	110	111	113	114	116	
117	47	85	86	88	89	91	93	94	96	98	99	101	102	104	106	107	109	111	112	114	115	117	
118	48	85	87	88	90	92	94	95	97	98	100	102	103	105	106	108	110	111	113	115	116	118	
119	48.5	85	87	89	90	92	94	96	97	99	101	102	104	106	107	109	111	112	114	116	117	119	
120	49	86	88	89	91	93	95	96	98	100	101	103	105	106	108	110	111	113	115	117	118	120	
Hafif Stres		Stres					Yoğun Stres					Aşırı Stres					Ölüm						

Şekil 2. 1 Sıcaklık-nem indeksi sınıflandırma (Nadaroğlu vd., 2022)

Yaslıoğlu ve İlhan (2016) yaptıkları “Güney Marmara Süt Sığırısı Yetiştiriciliğinin Isı Stresi Yönünden Değerlendirilmesi” isimli çalışmalarında; yaz aylarındaki dış ortam sıcaklıklarının yükselmesi ile barınak içi sıcaklıklarını artırdığı ve nemin etkisiyle birleşerek süt sığırlarının sıcaklık stresine girdiğine vurgu yapmışlardır. Çalışmalarında yaz aylarında sıcaklık stresine maruz kalan süt sığırlarının süt verimlerinde düşüş olduğunu ortaya koymuşlardır. Balıkesir, Bursa ve Çanakkale illerinde yürütülen bu çalışmada aynı zamanda sıcaklık stresine giren süt sığırlarının yem tüketimi azaldığı ve bunun bir sonucu olarak süt verimlerinin düştüğü sonucuna varılmıştır.

Akyuz vd. (2010) yaptıkları çalışmada; Sıcaklık stresinin süt sığırlarının süt üretimi ve üremesi üzerinde olumsuz etkileri olduğu çalışmalardan yola çıkarak, sığırları ve diğer hayvanları etkileyen sıcaklık stresinin belirlenmesi amacıyla en yaygın ve uygun kullanılan indeksin Sıcaklık-Nem İndeksi (THI) olduğu sonucuna varmışlardır. THI 72’de hafif sıcaklık stresinin başladığı, stresin 78’de orta seviyelere ulaştığı ve 79’da şiddetli seviyelere yükseldiği kabul edilir. Bu çalışmanın amacı, sıcaklık nem indeksi kullanılarak süt sığırları için yılın kritik dönemini belirlemektir.

Dinçel ve Dikmen (2013) yaptıkları çalışmada, ülkemizde, süt sığırısı yetiştiriciliğinin sıklıkla yapıldığı (Marmara, Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu) bölgelerde sıcak stresinin etkisi yoğun bir şekilde hissedilmekte olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda araştırmacılar, sıcaklık stresinin temel etkisinin; yem tüketiminin azalması, verim özelliklerindeki düşüş ve bazı yetiştiricilik hastalıklarının görülme sıklığının artması şeklinde karşımıza çıkması bakımından önemini araştırmışlardır.

Kibar vd. (2018), çalışmalarında sıcaklık-nem indeksine göre Siirt ilindeki süt sığırlarında meydana gelen sıcaklık stresinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Meteoroloji istasyonlarından elde edilen sıcaklık ve nem değerleri kayıtlarından yararlanılarak THI değerleri elde edilmiştir. Belirlenen alanda Haziran- Eylül aylarında THI değerlerinin 65 ve 72 değerlerini aştığını, dolayısıyla süt sığırlarının sıcaklık stresine maruz kaldığını ancak Pervari ve Erzurum ilçelerine göre süt sığırcılığı yapılmasına daha uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Karaca (2021), çalışmasında Hatay il merkezi ve THI değerleri için dağılımı belirleyerek THI değerlerinin haritalanmasını yapmıştır. Haritalamaya göre sıcaklık

stresinin ortaya çıktığı alanlar için sıcaklık stresinin etkisini azaltmak amacıyla önleyici tedbirleri alınması gerektiği sonucuna varmıştır.

Çelik (2021), Diyarbakır ilinin ilçelerine ait Haziran, Temmuz, ağustos ve Eylül aylarına ait THI değerlerini hesaplayarak sıcaklık stresinin süt kayıpları üzerindeki etkisinin tespit edilmesi üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmasında Diyarbakır il ve ilçelerinde Temmuz ve Ağustos aylarında süt sığırlarının sıcaklık stresine maruz kalması nedeniyle süt veriminde kayıplar olduğunu ortaya koymuştur. Süt kaybını önleyebilmek için sıcaklık stresinin etkisinin azaltılmasına yönelik uygulamaların yapılmasının önemini ortaya koymuştur.

Çetin ve Tülücü (1998) yaptıkları çalışmada Doğu Akdeniz Bölgesinde aylık yağış miktarının haritalanması için konumsal dağılımı Ordinary kriging yöntemi kullanımı ile oluşturulmuştur. Yapılan işlemler sonucunda elde edilen bulgular Doğu Akdeniz Bölgesine en uyumlu yarı-variogramın, küresel yarı-variogram modeli olduğu saptanmıştır. Ordinary Kriging yöntemi aracılığıyla hata değerleri ve tahmin değerlerinin haritası yapılmıştır.

Aydın ve Raja (2016), çalışmalarında Doğu Afrika'nın bir ada ülkesi olan Mauritius'in yıllık ortalama toplam yağış dağılışı modeli oluşturmuşlardır. Yağış dağılım modeli deterministik yöntemlerden, Thiessen Polygon (TP) ve Inverse Distance Method (IDW) ile stokastik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yağış modellerinin doğruluğu Çapraz Geçerlilik (Cross-Validation) yöntemiyle test edilmiştir. Yapılan çalışmada, stokastik yöntemin deterministik yöntemlere nazaran daha doğru tahmin yaptığı sonucuna varılmıştır.

Yavuz (2010), yaptığı çalışmada Türkiye'deki farklı iklim verilerinin hem zamansal hem de mekânsal analizi için Ordinary Kriging, RBF (radial basis function), IDW (inverse distance weighting) enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuca binayen en uygun yöntemin Ordinary kriging yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır.

Şensoy vd. (2007), Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nce kullanılan ArcGIS yazılımının yağış, sıcaklık gibi konuları nasıl haritaladığı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca ArcGIS programının hangi alanlarda kullanıldığı bilgisine ulaşılmaktadır.

Yang vd. (2011), IDW, OK ve TPF enterpolasyon yöntemleri yardımıyla aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri ArcGIS programında analiz edilmiştir. Kullanılan yöntemler arasında en uygun yöntemin Ordinary kriging yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

Taşana ve Demir (2017), Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile belirlenmesi adlı çalışmasında Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW), Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK), Birleştirilmiş Kriging (COK) metotları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; demir haritalarının dağılımında en düşük hata kare değerleri veren RBF, IDW ve SK yöntemleri en iyi sonucu vermiştir. Mangan dağılımları için ise IDW ve SK yöntemleri en doğru sonuçları verdiği gözlemlenmiştir.

Eriş (2011), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, kıyı alanlarda yağışın topografya ile olan ilişkisini ve yağışın dağılımını belirlemek amacıyla yağış dağılımı haritası yapılırken, IDW, OK, RBF ve çoklu lineer regresyon yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlerin gerçeği ne kadar temsil ettikleri karşılaştırılmıştır.

Alaboz vd. (2020) yaptıkları çalışmada deterministik ve stokastik modeller uygulamış ve sonucu değerlendirilmiştir. Stokastik yöntemlerden de Ordinary Kriging ve Cokriging modelleri seçmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, toprakların tarla kapasitelerine ait dağılımlarının elde edilmesinde en uygun model Ordinary Kriging'in Gaussian olarak belirlenmiş ve RMSE: % 4.289; MAE: % 3.267 sonucunu vermiştir. Solma noktası değerlerinin uzaysal dağılımında Cokriging'in en uygun model olduğu RMSE: % 3.187 ; MAE: % 2.450 sonuçlarına ulaşılmıştır. Toprakların su içeriklerinde ise en düşük RMSE : %1.421 ve MAE : % 1.115 ile IDW en uygun model olarak belirlenmiştir

Karaman vd. (2012), bazı enterpolasyon yöntemlerini kullanarak tarım arazisinde konuma bağlı organik madde değişimlerinin elde edilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda en uygun yöntemin Ordinary Kriging yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

Akyürek vd. (2013), yaptıkları çalışmada Kocaeli ili için 2013 yılındaki Haziran-Ağustos ayları arasındaki hava kirletici değişkenleri kullanılarak farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal analiz yapılmıştır. Çalışma sonucunda en uygun yöntemin Ordinary Kriging olduğu sonucuna varılmıştır.

Bostan (2013) yapılan tez çalışmasında, yağışın mekânsal dağılımını incelemek için farklı yöntemler kullanılmıştır. Yağışın mekânsal-zamansal dağılımının araştırılmasında

Ordinary kriging ve Universal Kriging yöntemleri kullanılmıştır. En uygun sonucun Ordinary Kriging yöntemi ile elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Özçakal (2014), Ege Bölgesi'nin yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak yaptığı doktora tezinde, parametrelerin (yağış, sıcaklık) konumsal değişimleri incelenmiştir. Kriging yöntemi aracılığı ile konumsal değişim haritalanmıştır.

Kuzucu (2016) tezinde, Seyhan Havzası'nda 30 tane gözlem istasyonundan elde edilen veriler aracılığıyla mekansal analiz yapılmış ve kuraklık faktörü değerlendirilmiştir. Mekânsal analiz yapılırken Ordinary Kriging yöntemi kullanımı uygun bulunmuştur.

Gündoğdu (2017), yaptığı çalışmasında ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon, lineer regresyon ve co-kriging yöntemlerinin yardımıyla Türkiye'deki 264 meteoroloji istasyonundan alınan aylık ortalama yağış verilerinin haritalanması yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuca göre en uygun yöntemin co-kriging yöntemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Javari (2017), çalışmasında 140 meteoroloji istasyonundan elde edilen aylık ortalama yağış verilerini kullanarak mekânsal dağılımı ve tahminleri yapmayı hedeflemiştir. Bu amaçla 8 farklı enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler arasında en uygun yöntemin Ordinary Kriging olduğu tespit edilmiştir.

Berndt ve Haberlandt (2018), çalışmalarında farklı iklim parametreleri için mekânsal tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan enterpolasyon yöntemleri arasında Kuzey Almanya'da yağış, sıcaklık, nem ve güneşlenme süresi gibi parametreler için kriging yönteminin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Hüsrevoğlu (2018), 265 meteoroloji istasyonundan 30 yıllık aylık ortalama yağış verileri yardımıyla Türkiye'deki yağış miktarlarını mekânsal olarak Ordinary Kriging yöntemi ile haritalandırmıştır.

Uğurlu ve Koç (2019), yaptıkları çalışmada sıcaklık-nem indeksi seviyesinin süt sığırlarının verimlilikleri üzerine etkisi hakkında bilgi verilmiştir. Bu sebeple sıcaklık-nem seviyesinin süt sığırlarında üreme ve süt verimi performansını yaz aylarında etkilediği sonucu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, farklı sığır ırklarının sıcaklık stresine duyarlılıklarının da farklı olduğu ifade edilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda, sıcaklık-nem indeksi değerinin 1 birimlik artışının günlük süt verimini 180–360 g aralığında azalttığı sonucuna varılmıştır.

Kibar vd. (2018), Türkiye genelinde bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında sıcaklık stresi bakımından barınakları değerlendirmiştir. Türkiye'deki iklim şartları dikkate alındığında hemen her bölgede bu sorunla karşılaşma olasılığının olduğunu vurgulamıştır. Verim kayıplarının önüne geçilebilmesi için THI değerleri dikkate alınarak doğru serinletme sistemlerinin kullanılmasını önermiştir.

Herbut ve Angrecka (2012) Polonya'da 174 baş Holstein-Friesian cinsi süt sığırı üzerinde yaptıkları çalışmada, süt verimlerine göre yüksek, orta ve düşük verimli olmak üzere üç gruba ayırdıkları süt sığırlarının, yaz ayları boyunca süt verimlerini takip etmişler ve sıcaklık-nem indeksi kullanarak analiz etmişlerdir. Bulgularına göre, sıcaklık-nem indeksinin sınır değeri olarak kabul edilen 72 değerinin üzerindeki her bir birim artış için, en yüksek süt verimine sahip grupta 0.36 kg, orta verime sahip grupta 0.28 kg ve düşük verime sahip grup üzerinde ise 0.18 kg azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Yılmaz vd. (2022), Türkiye'nin uzun dönem ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerlerinin üç farklı enterpolasyon yöntemi ile tahmini başlıklı çalışmasında Türkiye'nin uzun vadeli aylık ortalama sıcaklıkları üç farklı enterpolasyon yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Bunlar Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi (Inverse Distance Weighting, IDW), Kriging ve Radyal Tabanlı Fonksiyon (Radial Basis Function, RBF) yöntemleridir. Elde edilen sonuçlara göre değerlendirme yapıldığında Kriging yönteminden elde edilen sonuçların en güçlü sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. İkinci sırada RBF yönteminden elde edilen sonuçların olduğu son olarak ise; IDW yönteminin gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Ayeong vd. (2018), Güney Kore'de belirli tarihlerde ölçülmüş olan anlık sıcaklık ve yağış verilerini kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada Kriging, Co-Kriging ve IDW yöntemlerini kullanmışlardır. Bu tarihler 31 Mart, 21 Haziran, 23 Eylül ve 24 Aralık'tır. Elde ettikleri sonuçta Kriging yöntemlerinin sıcaklık tahmininde başarılı sonuçlar ürettiği; IDW yönteminin ise yağış verilerinde yapılan tahminlerde daha doğru sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Yeşilkanat vd. (2014), çalışmalarında jeostatistik tahmin yöntemlerinden ordinary kriging ve universal kriging kullanarak Artvin ilindeki doğal kaynak sularında ölçülen toplam alfa ve toplam beta aktivitesinin örnek alınmamış noktalarda tahmini değerleri

hesaplanmış. Ek olarak; hesaplamalardan elde edilen verilerin yardımı ile alfa ve beta aktiviteleri için tanımlayıcı haritalar üretilmiştir. Çalışma alanını temsil edecek şekilde 102 istasyondan su örnekleri alınmıştır. Çalışmanın sonucunda universal kriging yönteminin ara değer tahmininde ordinary kriging yönteminden daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Oluşturulan haritalarda küçük alanlı yerel değişimlerin daha iyi gözlemlendiği haritalar karşılaştırıldıklarında görülmektedir.

Gözükara G. (2021), yapılan çalışmada tahıl yetiştirilen toprakların bazı özelliklerinin farklı enterpolasyon yöntemleri ile dağılım durumları değerlendirilmiş. Konumsal dağılımların haritaları için farklı yarı-variogram modelleriyle (Spherical, Exponential ve Gaussian) Kriging (ordinary, simple ve Universal) ve ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW) enterpolasyon modelleri karşılaştırılmıştır. Enterpolasyon modellerinin gerçeği temsil etme açısından başarı performansları hata kareler ortalaması karekökü parametresi kullanılarak belirlenmiştir. Modeller arasındaki tahmin performanslarına göre; Ordinary ve Universal kriging enterpolasyon modellerinin Simple Kriging ve IDW enterpolasyon modellerine göre daha düşük hata kareler ortalaması karekökü değerine bağlı olarak daha başarılı enterpolasyon modelleri olduğu belirlenmiştir. Exponential yarı-variogram modelin, Spherical ve Gaussian yarı-variogram modellerine göre daha düşük hata kareler ortalaması karekökü değerine sahip olması sebebiyle en başarılı yarı-variogram modeli olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, her bir toprak özelliğinin dağılım haritalarının oluşturulması için Ordinary ve Universal kriging enterpolasyon tekniği ve Exponential yarı-variogram modelinin en başarılı tahmin performansına sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada MGM'nin veri havuzundan Adana ilindeki mevcut 32 istasyondan alınan günlük kayıtlar kullanılmıştır. Bu istasyon verilerinden Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında meydana gelmesi muhtemel sıcaklık stresi değerlerinin hesaplanması için gerekli olan günlük sıcaklık ve nem değerleri 2022 yılı için elde edilmiştir. İstatistik analizler için R ve SAS versiyon 9.4 (SAS Institute Inc.) paket programları kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

Bu başlık altında çalışmada kullanılan yöntemler ve detayları verilmiştir.

3.2.1 Kriging Enterpolasyon Yöntemi

Bu yöntemi ilk geliştiren 1951 yılında Güney Afrikalı D. G. Krige isimli maden mühendisidir. Kriging (KRG) yöntemi çevre, meteoroloji, maden, jeoloji, inşaat gibi birçok mühendislik dalına araştırma konusu olmuştur. Genellikle fotogrametrik ve kartografik çalışmalar ile uzaktan algılamada kullanılmaktadır. Kriging yöntemi birçok alanda kullanılabilen geoistatistiksel bir enterpolasyon yöntemi olarak bilinmektedir (Golden Software Surfer, 2002).

Bu yöntem en iyi lineer yansız tahminci (BLUE) veya en iyi lineer yansız kestirici (BLUP) ile matematiksel jeodezide en küçük kareler yöntemine göre dengeleme, filtreleme (süzgeçleme) ve prediksyon (enterpolasyon, extrapolasyon) problemlerinin bir arada çözüldükleri dengeleme hesabının en genel biçimi olarak tanımlanır (Boogaart vd., 2002). Kriging enterpolasyon yöntemi, etrafındaki bilinen yakın dayanak noktalarındaki verileri alıp kullanarak bu noktalar dışındaki hesap noktalarındaki verilerin optimum değerlerini kestiren enterpolasyon metodudur (Barton vd., 1999). Bu yöntemde bir alanda enterpole edilecek olan parametrelerin bölgesel bir değişken olduğu düşünülerek, birbirine yakın olan noktalardaki verilerin değerlerinin korelasyonlu olabilmesi için, konum olarak bölgesel değişken devamlı bir çeşitlilik belirtir (Bolat, 2013).

Kriging tekniğinin temeli bölgesel değişkenler teorisine dayanmaktadır. Konumsal değişim, yüzey uzunluğunca yükseklikler tarafından ifade edilen olaylarda istatistiksel olarak homojen haldedir. Bu teknikte ölçme noktaları arasındaki en uygun ağırlıkları tespit etmek için konumsal bağımlılığın bulunması gerekir. Bulunması gereken konumsal bağımlılık ya bir variogram fonksiyonu ya da kovaryans fonksiyonu kullanıldığı zaman tanımlanabilir (Deutsch ve Journal, 1992). Kriging interpolasyon metodunda, bilinmeyen alanlar için yapılan interpolasyon değerlerinin yakındaki dayanak noktalarla daha çok etkileşim sağlayan bir ağırlık modeli kullanılmaktadır (İnal ve Yiğit, 2003).

KRG interpolasyon tekniği ile yapılan kestirim hesabının geçerliliği ya da doğruluğunu etkileyen bazı faktörler vardır. Bu faktörler;

- Dayanak noktalarının interpolasyon uygulanacak alan içerisindeki konumları ile dayanak noktalarının yeryüzünü yansıtmaya yeteneği
- Kullanılacak dayanak noktalarının ölçü kalitesi ile nokta sayısı
- Dayanak noktalarıyla tahmini yapılacak noktalar arasındaki mesafe ve bu noktaların birbirine yakın olmasıdır (Mert, 2005).

KRG interpolasyon tekniğinin genel denklemi;

$$N_p = \sum_{i=1}^n W_i Z_i \quad (3.1)$$

şeklinde gösterilir.

Burada;

n : N_p nin interpolasyonunda kullanılacak dayanak nokta sayısı

N_p : Aranılan ondülasyon değeri

W_i : N_p nin hesabında kullanılan her bir Z_i ye karşılık ağırlık değeri

Z_i : N_p nin hesabında kullanılan noktaların geoid ondülasyon değerleri

Kullanılan bu temel denklem incelendiğinde en temel sorunun, W_i ağırlık değerlerinin en düzgün şekilde belirlenmesi gerektiği görülür. Burada W_i ağırlık değeri iki türlü seçilmelidir.

- Yansızlık koşulu için $E[N_p - Z_i] = 0$ eşitliğinin sağlanabilmesi için kriging tekniğinin genel denklemindeki $\sum W_i = 0$ olmalıdır (Bu koşulda Z_i gerçek olan fakat bilinmeyen değeri, N_p kestirilen değeri tanımlamaktadır).

- Hata varyansının küçük olması koşulu için $\text{var } E[N_p - Z_i] = \text{minimum}$ olmalıdır (Yaprak, 2007).

Söz edilen bu ağırlıklar variogram modellerinin doğrudan fonksiyonlarıdır. Kriging ağırlıkları enterpolasyon değerini doğrudan etkiler ve enterpolasyon değerinin iyi olması için ağırlıkların yansız olması gerekmektedir. Bu durum Kriging yöntemini diğer yöntemlerden ayıran özelliklerden birisidir (Isaaks ve Srivastava, 1989). Bir çalışma alanında Kriging enterpolasyon metodu kullanılacaksa, çalışma alanında bulunan verilerden faydalanarak deneysel variogram modeli elde edilmeli ya da seçilen variogram modelinin parametre değerleri bilinmelidir. Elde edilen deneysel variogram modeli kullanılarak bilinmeyen teorik modele ait parametreler bulunmalıdır (İnal ve Yiğit, 2003).

Variogramın Modellenmesi: Variogram, değişkenin enterpolasyonunda merkezi bir rol oynar. Geçerli bir variogram modeli, jeostatistiksel verilerin mekansal varyasyonunu temsil eder. Mekansal tahmin (enterpolasyon) gerçekleştirilmeden önce uygun model seçilir ve modelin parametreleri belirlenir. (Müller ve Zimmerman, 1997; Zimmerman, 1991).

Mekânsal varyasyon, semivaryans kullanılarak ölçülebilir. Uzaklığın bir fonksiyonu olarak semi-varyansın grafiğine semivariogram denir. Semi-varyans sabit bir mesafe bölümlerine ayrılmış bütün olası noktalar arasındaki farkların varyanslarının yarısıdır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Teorik olarak örneklemeler arasındaki konumsal bağımlılık derecesinin bir ölçütüdür. Noktalar arasındaki semi-varyansın büyüklüğü noktalar arasındaki mesafeye bağlıdır.

Denklem 3.2’de gösterildiği gibi ilgilenilen değişkenin iki konumdaki değerleri (Snepvangers vd., 2003; Getthing vd., 2007; Hengl, 2009; Heuvelink ve Griffith, 2010):

$$\gamma(h) = 1/2 \sum [(z(s) - z(s + h))^2] \quad (3.2)$$

Burada $z(s)$; s noktasındaki örnek değeri, $z(s+h)$: s 'den h kadar uzaklıktaki $s+h$ noktasındaki ölçüm. Bu değerler mekansal gecikme mesafesine karşı çizilebilir ve bu çizime, değerlerin her gecikmeye göre yayılımını gösteren “variogram bulutu” denir. Prensipte variogram bulutu kullanarak bir model oluşturmak mümkündür, ancak uygulamada tamamen imkansız olabilir. Çünkü, mekânsal korelasyonu variogram bulutundan değerlendirmek, variogram bulutu üzerinde çok fazla gözlem çifti olduğu için zordur. Değişkenlerin hepsini kullanmak yerine, her gecikmede semi-varyansların ortalamalarının alınması tercih edilir.

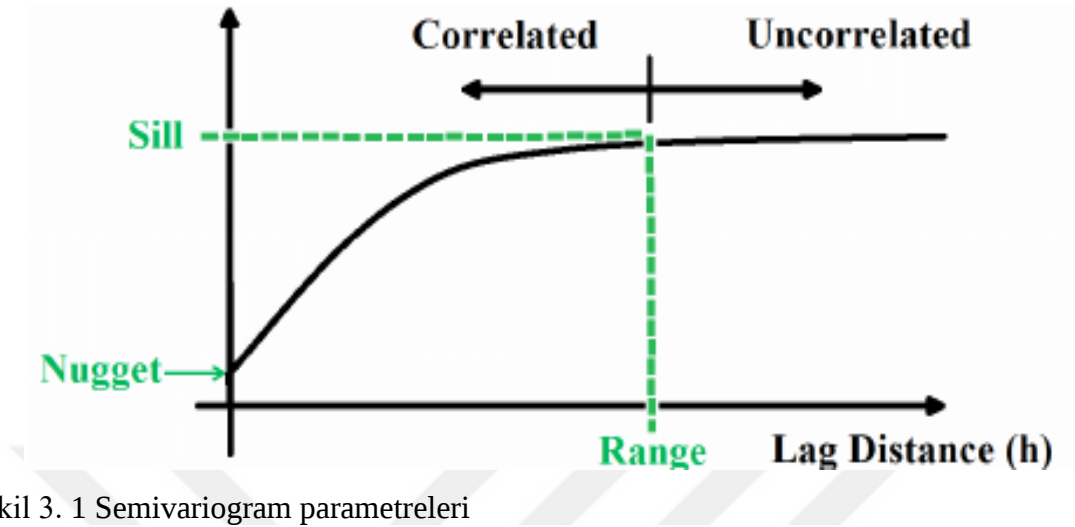
$$\gamma(h) = 1/(2m(h)) \sum_{i=1}^{n(h)} [(z(s_i) - z(s_i + h))^2] \quad (3.3)$$

Burada $m(h)$, gecikme vektörü h ile ayrılan veri noktası çiftlerinin sayısıdır. h sıralı bir diziyi değiştirerek deneysel veya örnek variogramı oluşturan semi-varyanslar elde edilir.

Herhangi bir gecikme için ortalama semi-varyans, nokta çiftleri arasındaki bireysel gecikme mesafelerini kutulara gruplayarak elde edilebilir. Ortalama alma bir dizi gecikme seçilerek gerçekleştirilir. Ortalama alma, bir dizi gecikme, h_j , $j=1,2$, sabit artışlarla d seçilerek ve ardından korelasyon yapılarak gerçekleştirilir. Her h_j genişliği d olan ve $h_j - d/2$ ve $h_j + d/2$ ile sınırlanan bir bölme ile her bir nokta çifti, $h_j \pm d/2$ ile ayrılır $\gamma(h_j)$ değerini tahmin etmek için kullanılır.

Gecikme mesafesi ve artış, variogram sonucunu etkilediği için önemlidir. Doğru karar, veri sayısına, dağılımına ve temel alınan verinin biçimine bağlıdır.

Webster ve Oliver (2007)'a göre, başlangıç noktası olarak en yakın komşular arasındaki ortalama ayrılma mesafesi d kullanılabilir. Range, sill ve nugget olarak tanımlanan semi-variogram parametreleri Şekil 3.1'de verilmiştir. Variogram eğrisi "range" olarak adlandırılan belirli bir gecikme mesafesinde düzleşir. Nokta çiftleri birbirlerinden range mesafesinden daha uzakta ise mekânsal olarak bağımsızdır ve otokorelasyon 0 olur. Variogram en büyük değere y ekseninde sahiptir ve bu durum geostatistikte “sill” olarak adlandırılır. Teorik olarak, sıfır ayırma mesafesinde variogram değeri sıfır olmalıdır. Bununla birlikte, küçük ayırma mesafesinde, ölçümler arasındaki fark genellikle sıfıra eğilimli değildir ve "nugget etkisi" olarak adlandırılır.



Şekil 3. 1 Semivariogram parametreleri

Semivariogramla ilgili 2 varsayımda bulunulmuştur.

1. Durağanlık: $z(s)$ ve $z(s+h)$ semivaryansı sadece h mesafeye bağlıdır. Diğer bir ifade ile, rastgele dağılım her yerde aynı özelliklere sahiptir. (Webster and Oliver, 2007)
2. İzotropi: Semivaryans, h uzunluğunun bir fonksiyonudur. Eğer varyasyon izotropikse, semivariogramda yön farkı yoktur (Webster ve Oliver, 2007).

Hava durumu ile ilgili son kullanıcılar için anlamlı çıktılar elde etmek amacıyla kullanılması gereken yöntemlerden biri de enterpolasyondur. Birçok enterpolasyon tekniği geliştirilmiş olmasına rağmen meteoroloji verileri için en iyi çıktıyı veren yöntem Krigingdir (Oreal-Timer ve Webster, 1990; Krivoruchko 2006). Jeostatistiksel analiz geliştirilen bir kod parçası aracılığı ile farklı programlama dillerinde Jeostatistiksel Kriging fonksiyonu çağrılarak yapılmaktadır. Bu fonksiyonun girdileri şunlardır:

- 1) Konumsal nokta katmanı (örneğin çalışmadan son okunan ve veri tabanına gönderilen kayıtlar);
- 2) Z değeri alanı (örneğin çalışmada sıcaklık alanı);
- 3) Raster çıktı yüzeyi (herhangi raster bir dosya);
- 4) Kriging modeli (örneğin ordinary, universal);
- 5) Semivariogram (örneğin dairesel) . Bunların yanında varsayılan değerlere sahip olan başka girdi parametreleri de vardır.

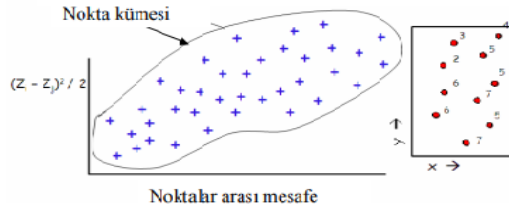
Kriging, verilerde konumsal olarak korelasyonlu bir mesafe veya yönsel sapma olduğu durumlarda daha uygun bir yöntemdir.

Tosunoğlu (2007) tarafından bildirildiğine göre Kriging yönteminin diğer yöntemlere göre daha fazla tercih edilmesinin en önemli sebebi esnek bir yapıda olmasıdır. Kriging yönteminde ağırlıklar belli kurallara göre oluşturulur ve veriler sistematik bir şekilde analiz edilerek variogram fonksiyonu oluşturulur. Oluşturulan variogram fonksiyonu ise ağırlıkların oluşturulmasında kullanılır (Başbozkurt vd., 2013).

Kriging yönteminin uygulama aşamaları özetlenmiş olarak Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

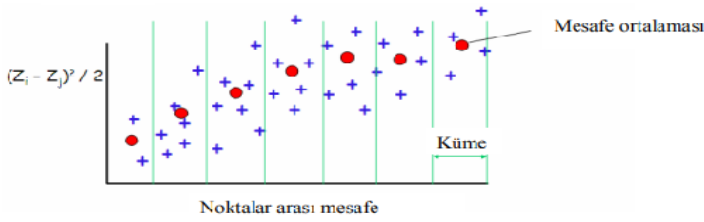


1. İŞLEM



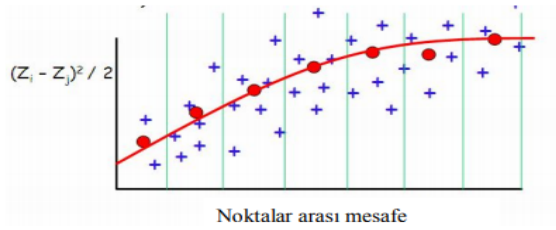
- Verilerin uzaysal değişimlerine göre Z değerlerinin variogramla uzaysal varyasyonunun tanımlaması yapılır.

2.İŞLEM



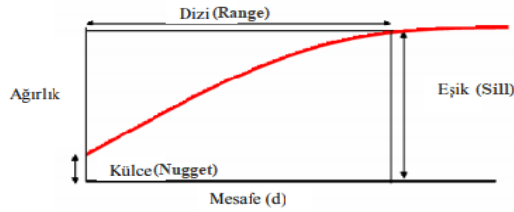
- Diyagram küme serilerine ayrılarak her küme için Z değerlerinin ortalamaları bulunur.

3.İŞLEM

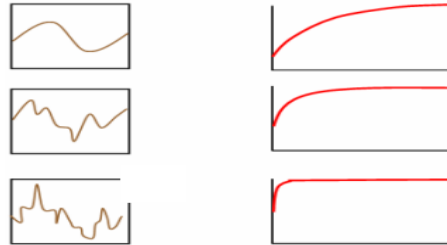


- Uzaysal değişimleri bir fonksiyonla özetler. Birden fazla seçenek mümkündür. (Dairesel, küresel, Gaussian, Üssel,vb.)

4.İŞLEM



- Yüzey profillerini ve onların değişim diyagramlarının modellenmesi gösterilmektedir. Range (mesafe) azaldığında, nugget (külçe) arttığında bölgesel olarak varyasyon yüzeyinin doğruluğu artmaktadır.



5.İŞLEM

- Türetilen ağırlıkların tanımlanması, ağırlıkları oluşturmak için uyarlanmış eğri değişikliklerinin kullanılması aşamasıdır. Çoğu zaman yakın değerler daha fazla ağırlığa sahiptirler, ancak yön de önemli olabilir. Kriging'in bazı şekilleri şöyledir:Basit, Düzenli, Evrensel, Yardımcı kriging (cokkriging), Belirleyici (indicator), Disjunctive.

Şekil 3.2 Kriging yöntemi uygulama aşamaları

Kriging yöntemleri bugün yaygın bir şekilde birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Kullanılan bu Kriging yöntemleri;

- Ordinary (Punctual) Kriging
- Simple Kriging
- Block Kriging
- Indicator Kriging
- Universal Kriging
- Regresyon Kriging
- Cokkriging

olarak sıralanabilir (Yaprak, 2007).

3.2.1.1 Ordinary Kriging

OK yönteminde bilinmeyen değerlerin tahmini, değişkenlerin durağan ve ortalamanın sabit olduğu varsayımına göre gerçekleştirilir. Tahmin ağırlıkları yarı-variogram modellerine dayanır. Bu yöntem yansızdır. Çünkü tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki ortalama farkın sifıra eşit olmasını amaçlar. Aynı zamanda tahmin hatalarının varyansını en düşük seviyede tutmaya çalışarak işlemi gerçekleştirir ve sonuçta en iyi tahmini oluşturur. OK yönteminin özellikleri aşağıda verilmiştir.

- ❖ OK, yansız tahminler oluşturur. Yansız olduğundan emin olmak için Kriging ağırlıkları toplamı 1'dir.
- ❖ OK, tahmin hata varyansının minimum seviyede olmasını sağlar.
- ❖ OK ağırlıkları, gözlem noktasından tahmin edilecek olan noktaya olan mesafeyi (ne kadar uzaksa, o kadar az ağırlık vererek) ve gözlem noktalarının kümelenmesini (kümelenmiş gözlem noktaları için daha az ağırlık vererek) dikkate alır.
- ❖ OK, tam bir enterpolasyon yapar. Gözlem noktasındaki tahmin ile o noktadaki veri değeri birbirinin aynısıdır. Gözlem noktalarında belirsizlik yoktur.
- ❖ OK, Kriging ağırlıkları 0 veya 1'den daha büyük değerden daha küçük olduğundan (ağırlıkların toplamı yine de 1'dir), en küçük veya en büyük gözlem değerinden daha küçük veya büyük tahminler verir.

- ❖ Mekânsal korelasyonun anisotropik paternleri, yönlü yarı-variogramlar kullanılarak hesaba alınır.
- ❖ OK tahminlerinin doğruluğu, büyük oranda yarı-variogram modelinin deneysel yarı-variogramı ne kadar iyi açıkladığına bağlıdır. Kriging'in esas olarak en yakın gözlem noktasını kullanmasından dolayı, orijinin yakınındaki yarı-variogramın şekli özellikle önemlidir. Örneğin, artan bir kontrolsüz etki Kriging tahminlerini daha çok gözlem verilerinin basit bir ortalaması haline getirebilir.
- ❖ OK'nın yumuşatma etkisi vardır. Bu etki birçok gözlem verisinin bir tahmin yapmak için bir araya gelmesinin sonucudur ve böylece tahmin değerlerinin varyasyonunu azaltır. Bu özellik sadece Kriging değil, diğer enterpolasyon yöntemleri için de geçerlidir.
- ❖ OK, negatif Kriging ağırlıklarının oluşmasıyla sonuçlanarak, negatif Kriging tahminlerine yol açabilir. Ancak, birçok yer bilimi uygulamalarında ilgili değişken pozitifdir. Bu durumda negatif Kriging tahminleri bu gibi değişkenler için sıfır olarak belirlenmelidir.

Ordinary Kriging yönteminde bölgesel değişkenlerin durağan ve ortalamanın sabit olduğu varsayımına göre çözüme gidilir.

Variogram fonksiyonundan ağırlıkların belirlenmesin de aşağıdaki yol izlenir.

Ağırlıklar,

$$Var[\hat{Z}_p - Z_p] = \min \quad (3.4)$$

olması koşuluna göre türetilen

$$\begin{aligned} W_1 \gamma(h_{11}) + W_2 \gamma(h_{12}) + \dots + W_n \gamma(h_{1n}) &= \gamma(h_{1p}) \\ W_1 \gamma(h_{21}) + W_2 \gamma(h_{22}) + \dots + W_n \gamma(h_{2n}) &= \gamma(h_{2p}) \\ W_1 \gamma(h_{n1}) + W_2 \gamma(h_{n2}) + \dots + W_n \gamma(h_{nn}) &= \gamma(h_{np}) \end{aligned} \quad (3.5)$$

lineer denklem sistemine göre çözümlenir. Matris gösterimi ile

$$\gamma W = \gamma_0 \quad (3.6)$$

yazılabilir.

Burada;

γ : dayanak noktaları arasında oluşan olası tüm çiftlerin variogram değerlerine ilişkin n-boyutlu kare matris

W : n-boyutlu ağırlık bilinmeyenleri vektörü

γ_0 : enterpole edilecek nokta ile dayanak noktaları arasındaki variogram değerleri vektörü (n-boyutlu)

Ayrıca enterpolasyonun yansız olması için;

$$\sum_{k=1}^n W_k = 1 \quad (3.7)$$

şartı ileri sürülür. Bu durumda yukarıda bahsedilen lineer sistem denkleminde yerine koyulursa

$$W_1 \gamma(h_{11}) + W_2 \gamma(h_{12}) + \dots + W_n \gamma(h_{1n}) = \gamma(h_{1p})$$

$$W_1 \gamma(h_{21}) + W_2 \gamma(h_{22}) + \dots + W_n \gamma(h_{2n}) = \gamma(h_{2p})$$

$$W_1 \gamma(h_{n1}) + W_2 \gamma(h_{n2}) + \dots + W_n \gamma(h_{nn}) = \gamma(h_{np})$$

$$W_1 + W_2 + \dots + W_n = 1 \quad (3.8)$$

şeklini alır.

Denklem sistemine bakıldığında n tane bilinmeyen ve (n+1) tane denklem vardır. Çözümün yansız olması için (X) Lagrange çarpanı eklenir. Lagrange çarpanı ile denklem sayısı bilinmeyen sayısına eşitlenir. Denklem sistemi :

$$\begin{aligned} W_1 \gamma(h_{11}) + W_2 \gamma(h_{12}) + \dots + W_n \gamma(h_{1n}) + \lambda &= \gamma(h_{1p}) \\ W_1 \gamma(h_{21}) + W_2 \gamma(h_{22}) + \dots + W_n \gamma(h_{2n}) + \lambda &= \gamma(h_{2p}) \\ W_1 \gamma(h_{n1}) + W_2 \gamma(h_{n2}) + \dots + W_n \gamma(h_{nn}) + \lambda &= \gamma(h_{np}) \\ W_1 + W_2 + \dots + W_n &= 1 \end{aligned} \quad (3.9)$$

Matris gösterimi ile ;

$$\gamma W = \gamma_0 \quad (3.10)$$

yazılabilir.

Burada ;

$$\begin{bmatrix} \gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & .. & \gamma(h_{1n}) & 1 \\ \gamma(h_{21}) & \gamma(h_{22}) & .. & \gamma(h_{2n}) & 1 \\ . & . & .. & . & . \\ \gamma(h_{n1}) & \gamma(h_{n2}) & .. & \gamma(h_{nn}) & 1 \\ 1 & 1 & .. & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

$$W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ . \\ W_P \\ \lambda \end{bmatrix} \quad \gamma_0 = \begin{bmatrix} \gamma(h_{1p}) \\ \gamma(h_{2p}) \\ . \\ \gamma(h_{np}) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

olmak üzere W bilinmeyenler vektörü ,

$$W = \gamma^{-1} \gamma_0 \quad (3.13)$$

formülü ile hesaplanır ve enterpolasyon noktasının Kriging varyansı,

$$\sigma^2_{OK} = W^T \gamma_0 \quad (3.14)$$

denkleminde göre bulunur.

Ağırlıklar belirlendikten sonra Kriging genel denkleminde çalışma bölgesindeki herhangi bir nokta için enterpolasyon değeri temel formülüne göre belli edilir. Ağırlıklar kovaryans fonksiyonlarından ya da variogram fonksiyonlarından yararlanılarak bulunabilir. Genellikle geoistatistikte ağırlıklar variogram parametrelerine yukarıdaki denklem sistemlerine göre bulunur. Çalışma bölgesindeki herhangi bir P noktasında enterpolasyon değerine ulaşmak için kullanılan dayanak nokta sayısı hesap edilecek ağırlıkların sayısını

etkilemektedir. Her bir dayanak noktası için bir ağırlık hesap edilmektedir. Farklı konumlarda olan ve aynı noktaları dayanak noktası olarak kullanan noktalarda ağırlık farklı olacaktır. Bu durumda Kriging algoritmasında her bir yeni nokta için ağırlık hesabının tekrarlı olarak hesap edilmesi manasına gelmektedir.

3.2.1.2 Universal Kriging

Pratikte çoğu zaman, bölgesel değişkenlerin durağanlık özelliği taşımadığı ve bir trend gösterdiği durumlarla karşılaşılabilir. Verilerin bir trend göstermesi ve bu trendinde hesaba katılarak Kriging sisteminin çözümü Universal Kriging olarak adlandırılır. Trend olarak genellikle 1. ya da 2. dereceden polinomlar veya fourier serisi düşünülür.

Birinci olarak, bölgeye uyan bir global trend yüzeyi geçirilir ve trend yüzeye göre belirlenen ondülasyon değerleri ölçü değerlerinden çıkarılır elde kalan kalıntı hataları ile hesap yapılır. Gerçek yüzeyi elde etmek için trend değeri işlemler sonunda geri eklenir (Isaaks ve Srivastava, 1989).

Birinci durumda yapılması gereken trend parametreleri çözülür, elde edilen trend yüzeyinden ölçüler çıkarılır ve kalıntı hataları elde edilir, kalıntılardan deneysel variogram modeli oluşturulur ve seçilen variogram fonksiyonuna ait bilinmeyen parametreler çözülür, daha sonra Ordinary Kriging yöntemi uygulanır ve son olarak elde edilen değerlere trend değeri geri eklenir.

İkinci olarak da trend bilinmeyen parametreleri Ordinary Kriging denklemlerine sınırlandırıcı diğer denklemler olarak eklenir ve ağırlıklarla birlikte eşzamanlı olarak çözüme gidilir (Bardosy, 2002).

Universal kriging kullanma süreci aşağıdaki adımlarla açıklanabilir:

- 1) Verilerimizin doğasına göre trendin neden var olduğunu anlamak gerekir,
- 2) Mümkünse trendin basit bir formunun kullanılması ve mevcut verilerin ötesinde ekstrapolasyondan kaçınılması gerekir,
- 3) Trend seçiminden sonra hata değeri (residual) elde etmek için gözlenen verilerden çıkarılır,
- 4) Bu hata değeri (residual) variogram hesaplaması ve mekansal tahmin için kullanılır
- 5) Son olarak, Kriging hata değeri (residual) trende geri eklenir.

3.2.2 Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW)

Bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. İlgili hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar gözetilerek ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değeri hesap edilir. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır. Bu yöntemde verilen genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi özellikler incelenmektedir. Verilerin sadece yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılması yapılmaktadır. Deterministik bir yöntemdir (Doğan vd., 2013). Ağırlıklı hareketli ortalama enterpolasyon için yaygın kullanılan bir yaklaşımdır. Farklı ağırlıklı fonksiyonların çeşitleri kullanılmış fakat IDW, CBS sistemlerindeki en ortak form olmuştur. IDW tam bir ara değer üreticisidir (enterpolatördür) öyle ki verilerin değerlerini pekiştirir. IDW tahmincisi aşağıdaki gibidir (Demircan vd., 2011);

$$z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad (3.15)$$

Tahminlerin yapıldığı X_0 lokasyonu, komşu ölçümleri n 'nin bir fonksiyonudur ($z(X_{0i})$ ve $i=1,2,...,n$); r gözlemlerin her birinin atanmış aralığını belirleyen üstür ve d gözlem lokasyonu X_i ile tahmin lokasyonu X_0 'ı ayıran mesafedir. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakınındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir.

3.2.3 Çapraz Geçerlilik (Cross-Validation)

Çapraz Geçerlilik, Kriging yöntemi içerisinde yer alan örnek noktalarındaki değerleri, çevresindeki değerlerle tahmin ederek, gerçek değerlerle tahmin değerlerini karşılaştıran, seçilen modelin güvenilirliğini test eden bir yöntemdir. Bu çalışmada Isaaks ve Srivastava

(1989)'nın belirttiği formüller uygulanmıştır. Gerçek değer ile tahmin edilen değer arasındaki hata payı ölçülür. Hata kare ortalama (Root Mean Square, RMSE) ve Belirleyicilik Katsayısı (Determination Coefficient, R^2) hata ölçüm yöntemleri kullanılmıştır. Bu ölçümler aşağıda belirtilen formüllerle ifade edilir;

$$RMSE = \sqrt{1/N \sum_{i=1}^N (\hat{Z}(X_i) - Z(X_i))^2}$$

$$r_{xy}^2 = 1 - \frac{\sigma_{y|x}^2}{\sigma_y^2}$$

$$\sigma_{y|x}^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$$

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (3.16)$$

$\hat{Z}(X_i)$ tahmin edilen değeri, $Z(X_i)$ gözlemlenmiş değerleri ifade etmektedir. $\sigma_{y|x}^2$ terimi x_i 'nin y_i 'ye arasındaki ilişkinin bir $y = a + bx$ doğrusu ile ifade edilmesinin kestirimi sırasında ortaya çıkan hata karelerinin toplamıdır. σ_y^2 ise, y için varyans değerini oluşturmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989). RMSE ortalama hata tahminini vermektedir (Willmott, 1982; Vicente-Serrano vd., 2003). Ortalama RMSE değeri istatistikte hata (residual) olarak da değerlendirilir ve bu değer sıfıra yakınlığı, tahmin edilen değer gerçeğe yakınlığını göstermektedir. RMSE değeri küçük ise, modelin daha doğru olduğu söylenir. R^2 ise, gözlem verisiyle tahmin değerleri arasındaki korelasyonu ifade etmektedir. Kısaca, ilişkinin gücünü göstermektedir.

3.3 Sıcaklık-Nem İndeksi Değerlerinin Hesaplanması

Sıcaklık-nem indeksi, süt sığırlarında sıcaklık stresini hafifletmek, yönetim stratejilerinin verimliliğine katkı sağlamak ve soğutma gereksinimlerini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Değişkenlik gösteren sıcaklık-nem indeksi değerlerine göre hayvanların biyolojik tepkileri değerlendirilerek hafif, orta ve şiddetli stres seviyeleri olarak kategorize edilmiştir.

Sıcaklık-nem indeksinin hesaplanmasında sıcaklık ve havanın nem içeriğini esas alan birçok eşitlik mevcuttur. Bu eşitliklerin bazıları hava sıcaklığının yanında direk ölçülmüş hava nemini kullanırken, bazıları ise ıslak termometre sıcaklığı veya çiğ noktası sıcaklığını kullanmaktadır. Meteoroloji istasyonlarından elde edilebilir verilerin durumuna göre bu eşitliklerden havanın sıcaklığı ve bağıl nemini esas alan aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (NOAA, 1976).

$$THI1 = (1.8 \times Tdb + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH)(1.8 \times Tdb - 26.8)] \quad (3.17)$$

Tdb: Kuru termometre sıcaklığı (°C)

RH: Havanın bağıl nem içeriği (%)

Bu çalışmada Adana ili otomatik gözlem sistemlerinden alınan veriler kullanılmış olup istasyon yerleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



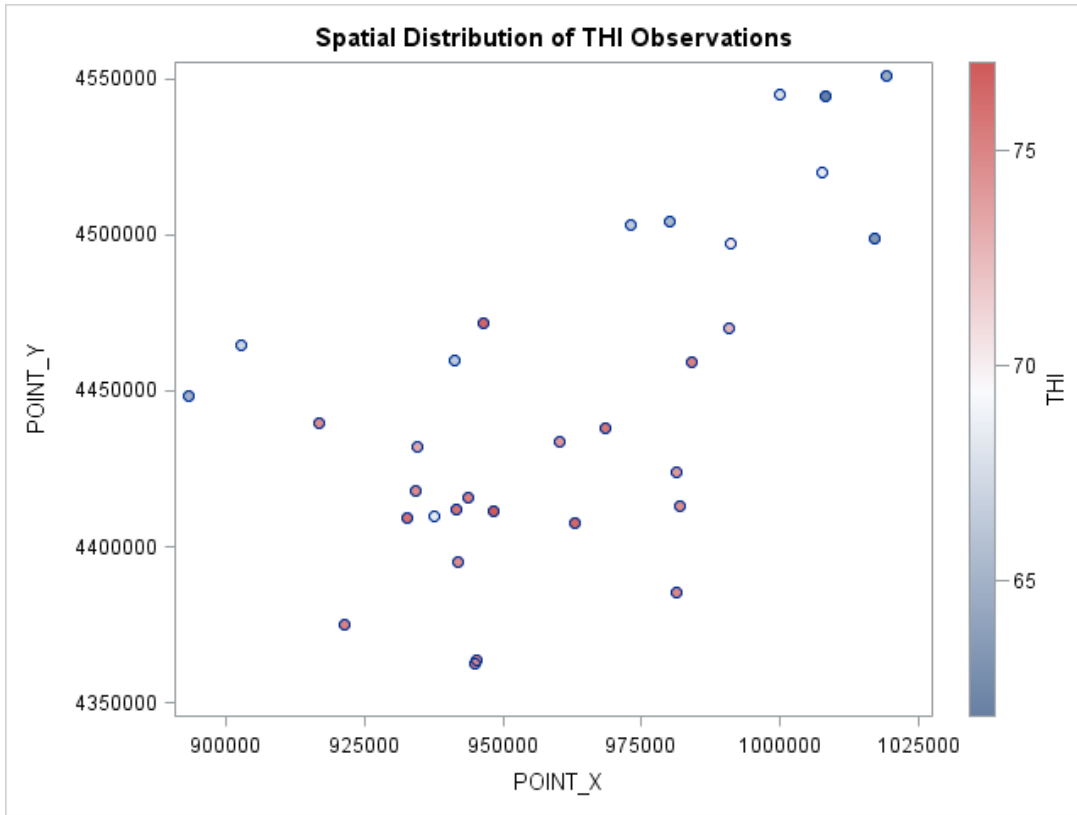
Şekil 3.3 Adana ili OMGİ dağılımı

Adana ilinde toplam 32 adet Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGI) bulunmaktadır.

Adana Bölge, Aladağ, Aladağ/Madenli Mevki, Ceyhan, Ceyhan Tigem, Çukurova, Feke, Feke/Kaleyüzü Köyü, Feke/Mansurlu Orman Sahası, İmamoğlu, Karaisali, Karaisali/Sadıkali Köyü (Çatalan Barajı), Karataş, Karataş/Konaklı Köyü, Kozan, Kozan/Acaryayla Orman Sahası, Pozantı, Pozantı/Akçatekir, Saimbeyli, Saimbeyli/Halilbeyli Köyü, Sarıçam, Sarıçam/Hacı Sabancı Osb, Sarıçam/Yağızlar Göleti, Tufanbeyli/Evci Köyü, Tufanbeyli, Tufanbeyli/Gezbeli Geçidi, Yumurtalık, Yüreğir/Çukurova Tarım Arş.(TAGEM), Karataş/Balıkçı Barınağı Mendirek, Seyhan, Adana Şakirpaşa Havaalanı ve İncirlik Meydan.

4. BULGULAR

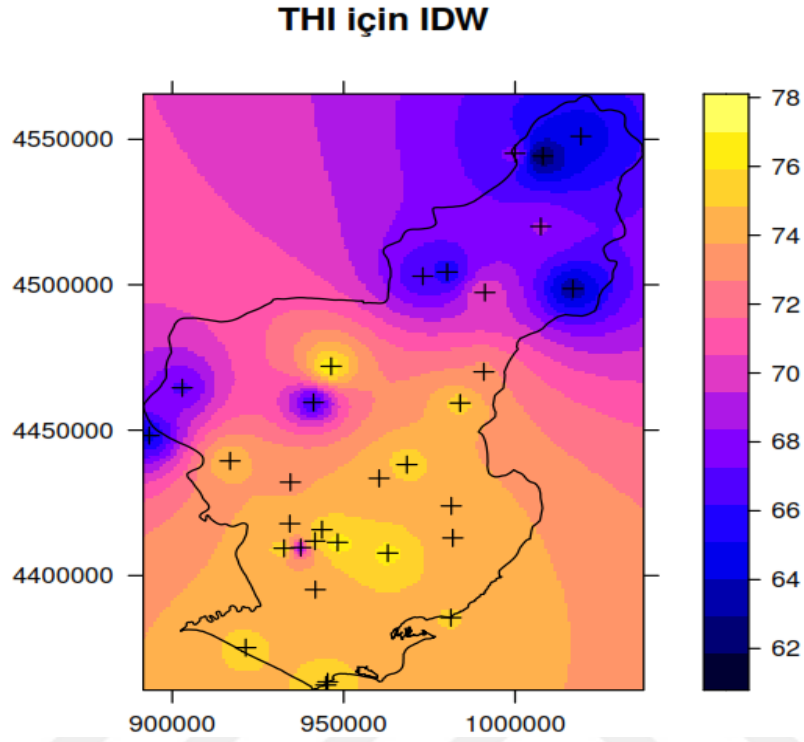
Adana ilinde 32 istasyondan alınan haziran ayı günlük sıcaklık ve nem değerleri kullanılarak elde edilen sıcaklık stresi indeks (THI) değerlerine ilişkin verinin mekânsal dağılımı incelenmiş ve Şekil 4.1’de verilmiştir. Alansal dağılım grafiği incelendiğinde kuzeye doğru gidildikçe THI değerlerinde azalma olduğu özellikle kuzeydoğu yönünde THI değerlerindeki azalmanın daha fazla olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4. 1 Haziran ayı günlük değerleri için THI değerlerinin mekânsal dağılımı

Şekil 4.1’de Maviden kırmızıya değişen renk skalasında sıcaklık nem indeks değerlerinin 75 üzeri olan alanların olduğu görülmektedir.

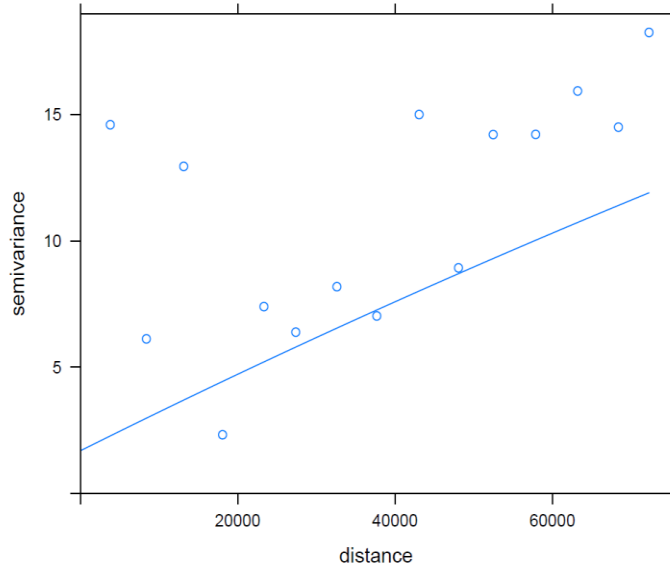
THI değerlerine ilişkin IDW sonuçları Şekil 4.2’de verilmiştir.



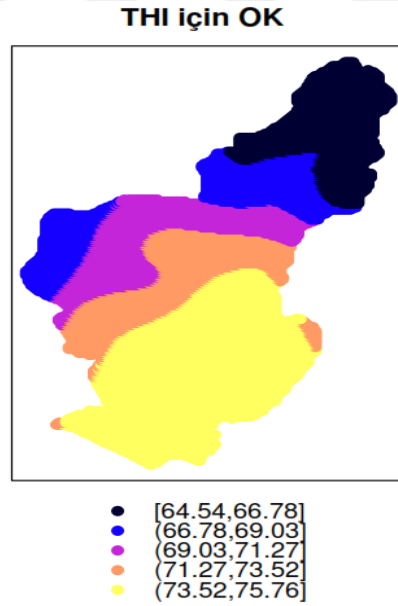
Şekil 4. 2 Adana il sınırlarıyla birlikte Haziran ayı için IDW haritası

IDW (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi) yöntemiyle mekânsal dağılım incelendiğinde Adana ilinin kuzeydoğusunda THI değerlerinin 60-70 arasında değerler aldığı, güney-güneybatı yönünde ise daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir. Özellikle Tufanbeyli, Saimbeyli, Feke, Pozantı, merkezi haricinde Aladağ ve Kozan ilçesinin kuzeydoğusu sıcaklık stresi açısından Haziran ayı için 72 sınırını aşmamıştır. Bunun yanında, riskli bölgeler haritada sarı tonlarıyla gösterilmiştir. 72-78 arası THI değerleri orta düzeyde stres oluşacağını ifade etmektedir. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak alan üzerindeki etki giderek azalır.

Kriging enterpolasyon yöntemi kullanılırken exponential yarı-variogram modelinin en başarılı tahmin performansına sahip olduğu tespit edilmiştir. OK enterpolasyon yöntemi için kullanılan exponential yarı-variogram Şekil 4.3'de, Bu yarı-variogram ile OK enterpolasyon yönteminden elde edilen tahmin haritası Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4. 3 Haziran ayı OK yarı-variogram

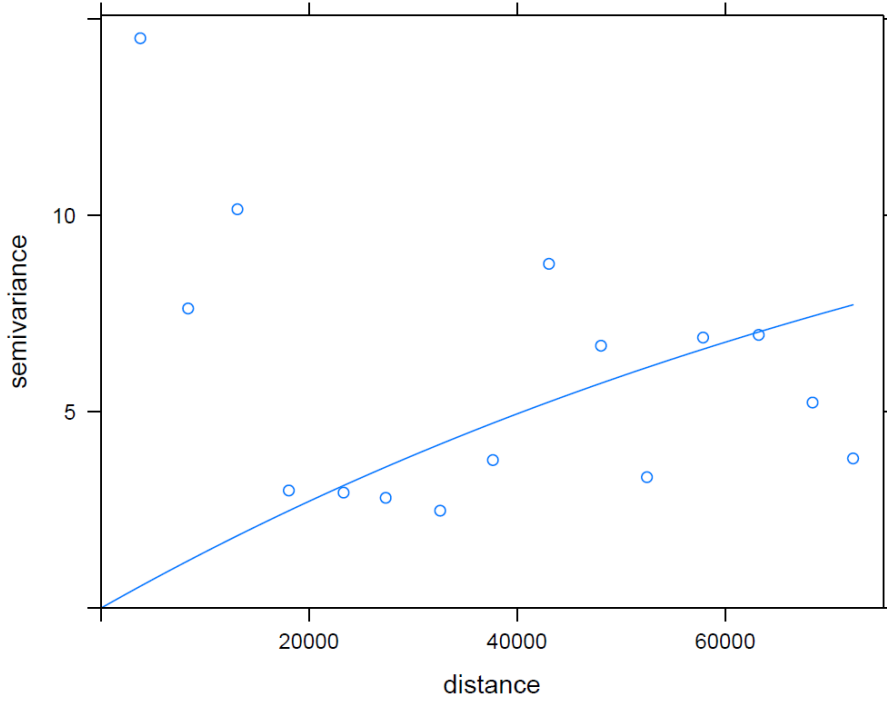


Şekil 4. 4 Haziran ayı THI değerleri için OK tahmin haritası

Şekil 4.3’de Exponential yarı-variogram modelinin aslında veriyi çok iyi temsil etmediği dikkat çekmektedir. Şekil 4.4’de OK yöntemi kullanılarak oluşturulan haritada renk geçişlerinin daha keskin olduğu gözlemlenmiştir. Haritayı incelediğimizde sıcaklık stresi açısından risk faktörünün minimum olduğu aralık siyah renkle gösterilmiştir. Orta düzey

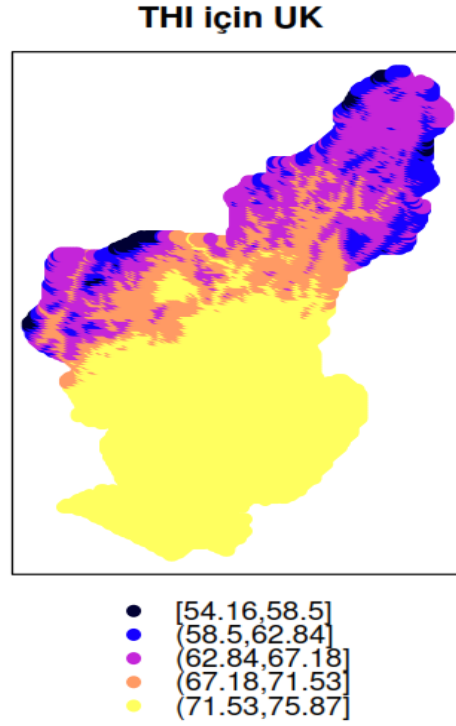
stres gelişen bölge turuncu ve sarı renkle gösterilmiştir. Bu ilçeler; Yumurtalık, Karataş, Çukurova, Sarıçam, İmamoğlu, Ceyhan ve Karaisalı'nın güneyidir.

UK (Universal Kriging) enterpolasyon yapılırken yükseklikler dikkate alınmış ve Haziran ayı için elde edilen sonuçlar Şekil 4.5'te ve UK enterpolasyon yönteminden elde edilen tahmin haritası Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4. 5 Haziran ayı UK yarı-variogram

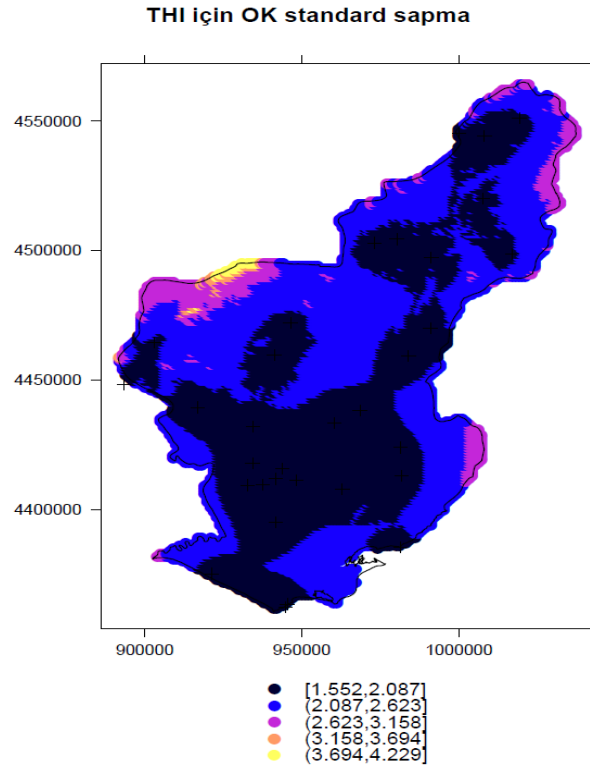
Şekilde UK yöntemi kullanılarak elde edilen verilerin uyumu exponential yarı-variogram modeli tarafından OK yönteminde olduğundan daha iyi açıklanmış gibi görülmektedir. Yani doğrunun gözlemlere uyumunun daha iyi olduğu gözlenmektedir.



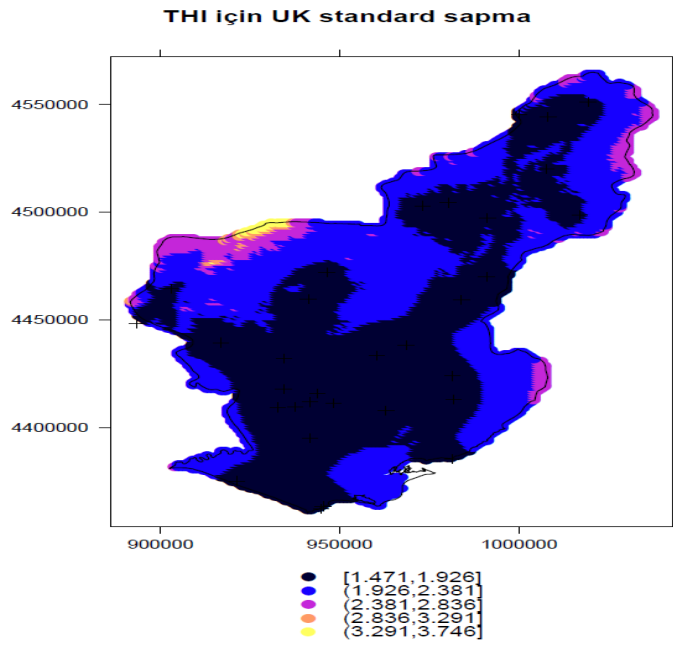
Şekil 4. 6 Haziran ayı THI değerleri için UK haritası

Yüksekliklerin de dikkate alınmasıyla UK ile elde edilen haritanın daha detaylı olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda universal kriging yönteminin ara değer tahmininde ordinary kriging yönteminden daha iyi sonuç verdiği belirlenmiş ve oluşturulan haritalarda küçük alanlı yerel değişimlerin daha iyi gözlendiği saptanmıştır.

OK ve UK yöntemlerinin tahmin doğruluğunu karşılaştırabilmek amacıyla yapılan CV sonuçları kullanılarak standart hatalara ilişkin haritalar elde edilmiş ve OK yöntemi için Şekil 4.7 ve UK yöntemi için Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4. 7 Haziran ayı THI değerleri için OK model ile standart sapma haritası



Şekil 4. 8 Haziran ayı THI değerleri için UK model ile standart sapma haritası

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de verilen haritalar dikkate alındığında istasyon noktalarından elde edilen değerlerin daha az standart hataya sahip olduğu, bu noktalardan uzaklaştıkça standart hata değerinin büyüdüğü görülmektedir. Şekil 4.7’de verilen haritada siyah renkli bölge en küçük standart hataya sahip alanı göstermekte olup 1.552-2.087 değerleri arasında olmuştur. Haritadaki sarı renkli kısım standart sapmanın en yüksek olduğu değer aralığını göstermektedir. Bu alandaki standart sapma 3.694-4.229 değerleri arasında değişmektedir. Şekil 4.8’de verilen harita UK sonuçlarına göre elde edilmiştir. Buna göre en küçük standart sapma değerleri 1.471 olup siyah renkli alan için standart sapma değerleri 1.471-1.926 arasında değişirken sarı renkli alan için standart sapma değerleri 3.291-3.746 arasında olmuştur. Dikkat edilecek olursa UK yöntemi ile elde edilen standart sapma değerleri OK yöntemi ile elde edilenlerden daha küçük olmuştur.

Çizelge 4.1’de Haziran ayı için kullanılan OK ve UK yöntemlerine ait hata kareler ortalaması (HKO) ve belirleme katsayıları (R^2) verilmiştir. Uygun model seçiminde küçük HKO, büyük belirleme katsayısına sahip olan yöntemin daha başarılı olduğu sonucu esas alınmıştır.

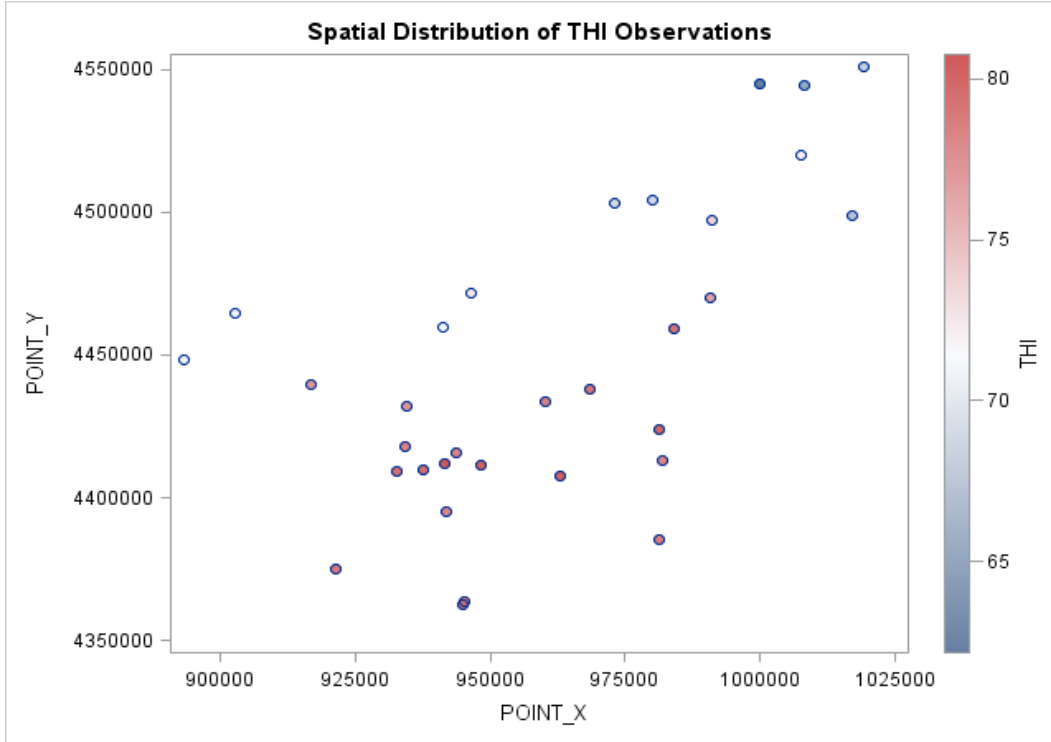
Çizelge 4. 1 Haziran ayı THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri

Kriging Yöntemleri	Uyum Kriterleri	
OK	Hata Kareler Ortalaması (HKO)	3.3988
	Belirleme Katsayısı (R^2)	0.4717
UK	Hata Kareler Ortalaması (HKO)	2.797
	Belirleme Katsayısı (R^2)	0.6471

Buna göre THI değerlerinin tahmininde UK, OK’dan daha küçük HKO ve daha büyük belirleme katsayısına sahip olmuştur. Dolayısıyla UK Haziran ayı THI değerlerini modellemede OK’dan daha başarılı bulunduğu söylenebilir.

Temmuz ayı günlük sıcaklık ve nem değerleri kullanılarak elde edilen sıcaklık stresi indeks (THI) değerlerine ilişkin verinin mekânsal dağılımı incelenmiş ve dağılıma ilişkin görsel Şekil 4.9’da verilmiştir. Alansal dağılım grafiği incelendiğinde kuzeye doğru gidildikçe THI değerlerinde azalma olduğu özellikle kuzey doğu yönünde THI değerlerindeki azalmanın daha fazla olduğu izlenmektedir. Daha sıcak ve nemli olan bölgeler

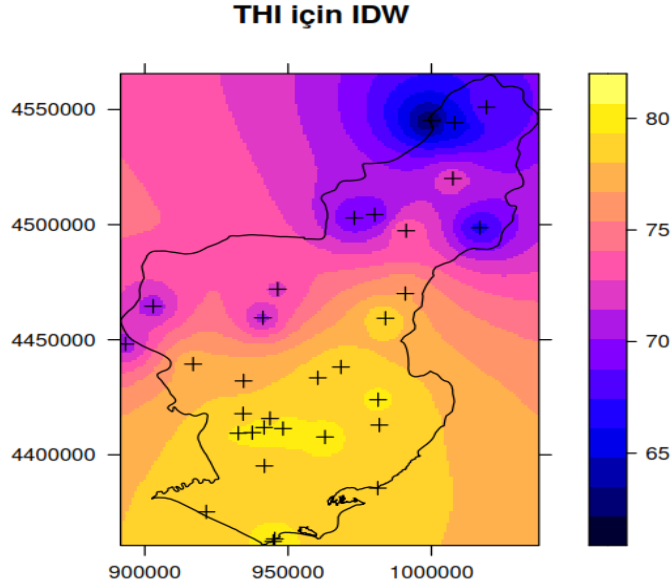
Haziran ayında da olduğu gibi yine güneybatı yönünde olduğu görülmektedir. İç kesimler ise Haziran ayına göre daha yüksek THI değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 4. 3 Temmuz ayı günlük değerleri için THI değerlerinin mekânsal dağılımı

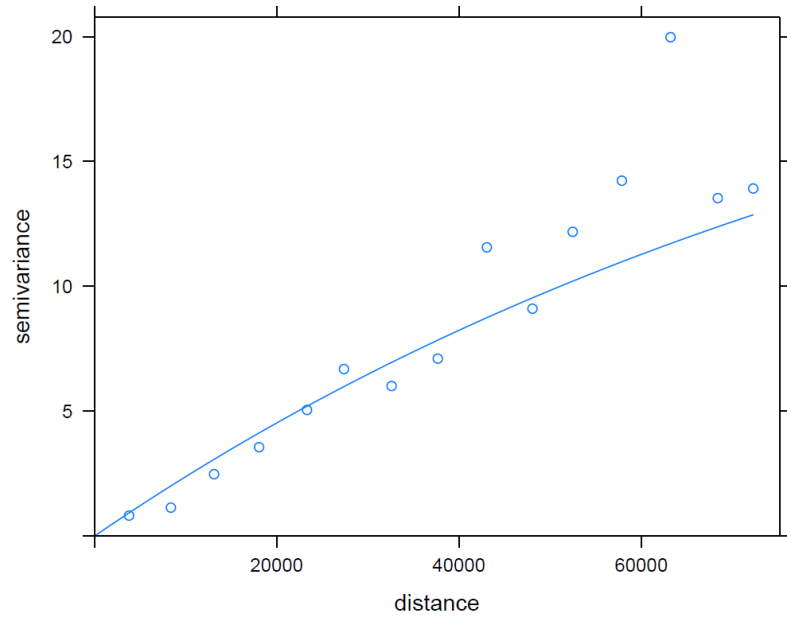
Şekil 4.10’da Adana ili için IDW interpolasyon sonucu verilmiştir. IDW yöntemiyle yapılan mekânsal dağılım incelendiğinde Temmuz ayında Adana ilinin kuzeydoğusunda THI değerlerinin 60-70 arasında değerler aldığı, güney yönünde ise daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir. Güney yönde THI değerleri 80’e kadar ulaşmaktadır. Riskli bölgeler haritada sarı tonları, pembe ve turuncu renkler ile gösterilmiştir. Bu renklere karşılık gelen değerler süt sığırcılığında hayvanların konfor alanının bozulduğunu ve stresin başladığını ifade etmektedir. Hatta hafif stres için başlangıç değeri olan 65 değeri çoktan aşılmıştır. 72 ve üstündeki değerler stresli alanları işaret etmektedir. Açık sarı tonları ile gösterilen alanlarda şiddetli stres durumu söz konusudur ve bu alanda THI değeri 80 civarındadır. THI değerinin 80 olması süt sığırının yoğun stres altında olduğunu gösterir ki bu haritaya göre Temmuz ayında Adana ilinin güney bölgesi süt sığırcılığı bakımından yoğun stresli bir alan

konumundadır. Bu ilçeler başlıca; Adana merkez, Sarıçam, İmamoğlu, Ceyhan, Yumurtalık, Karataş, Çukurova, Kozan merkezdir.



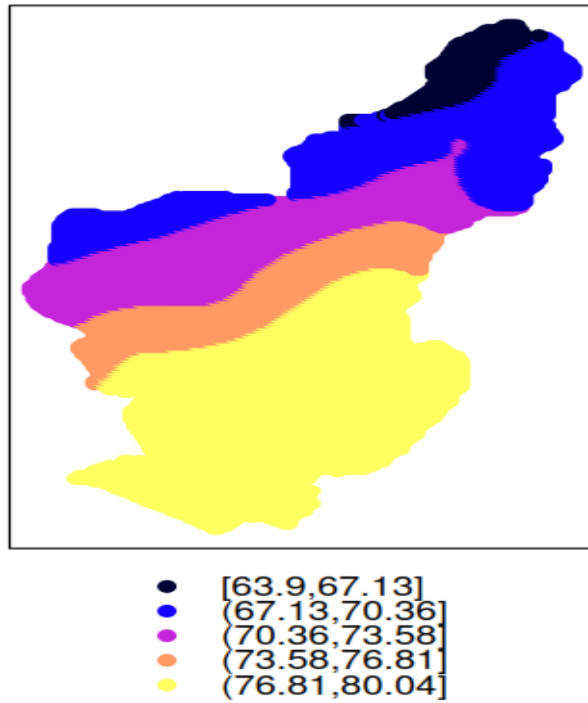
Şekil 4. 4 Adana il sınırlarıyla birlikte Temmuz ayı IDW haritası

OK enterpolasyon yöntemi için kullanılan exponential yarı-variogram Şekil 4.11’de, Bu yarı-variogram ile OK enterpolasyon yönteminden elde edilen tahmin haritası Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4. 5 Temmuz ayı OK yarı-variogram

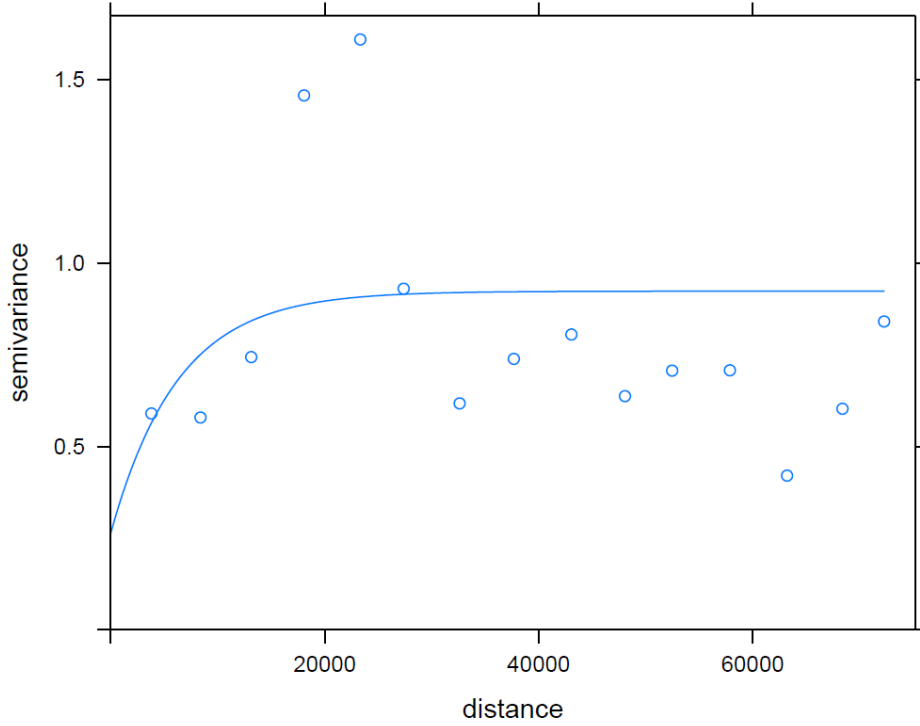
THI için OK



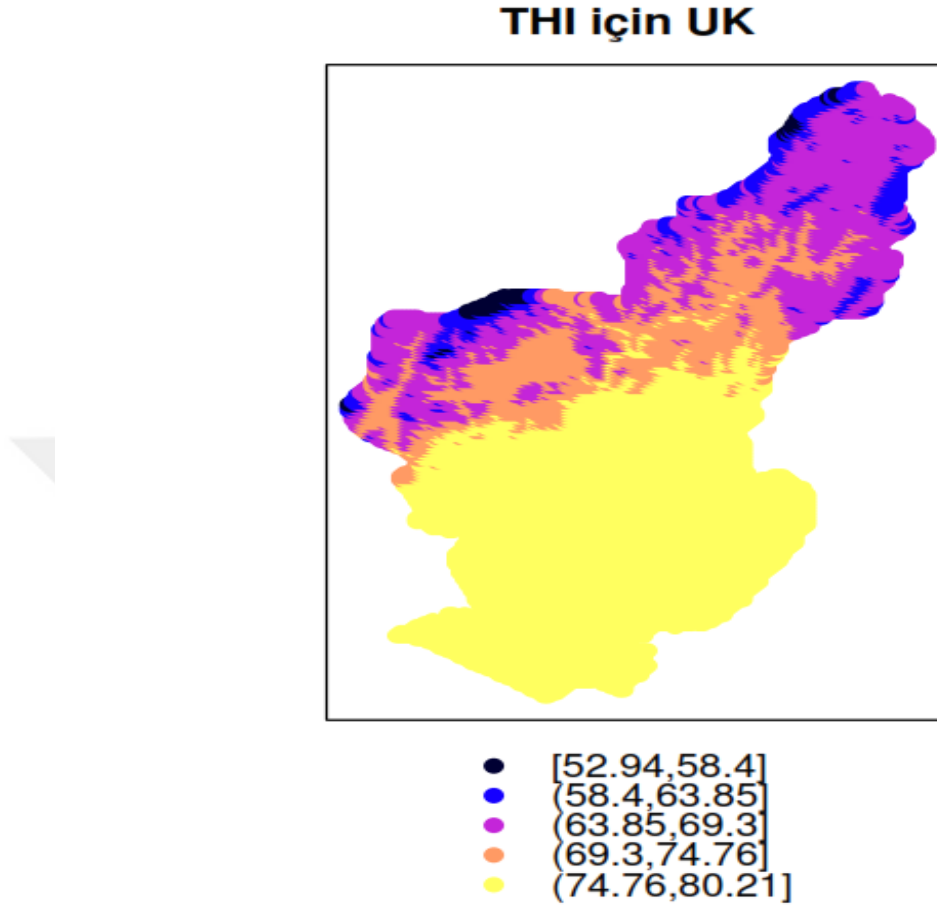
Şekil 4. 6 Temmuz ayı THI değerleri için OK haritası

Şekil 4.12’de Temmuz ayı için OK yöntemi kullanılarak oluşturulan harita incelendiğinde, sıcaklık stresinin oluşacağı bölge haritada Haziran ayına kıyasla daha geniş bir alana yayılmış olduğu gözlenmiştir. Renk skalasında sarı ve turuncu alanların sıcaklık stresi açısından riskli olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca sıcaklık stresi oluşan alanların Haziran ayına kıyasla daha yüksek indeks değerleri aldığı sonucuna varılmıştır. IDW haritasında 82 ve üzeri THI değerlerine rastlanırken, OK’de en yüksek 80 THI değerine ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

UK interpolasyon yapılırken yükseklikler dikkate alınmış ve Temmuz ayı için elde edilen exponential yarı-variogram modeli Şekil 4.13’te ve UK enterpolasyon yönteminden elde edilen tahmin haritası Şekil 4.14’te verilmiştir.



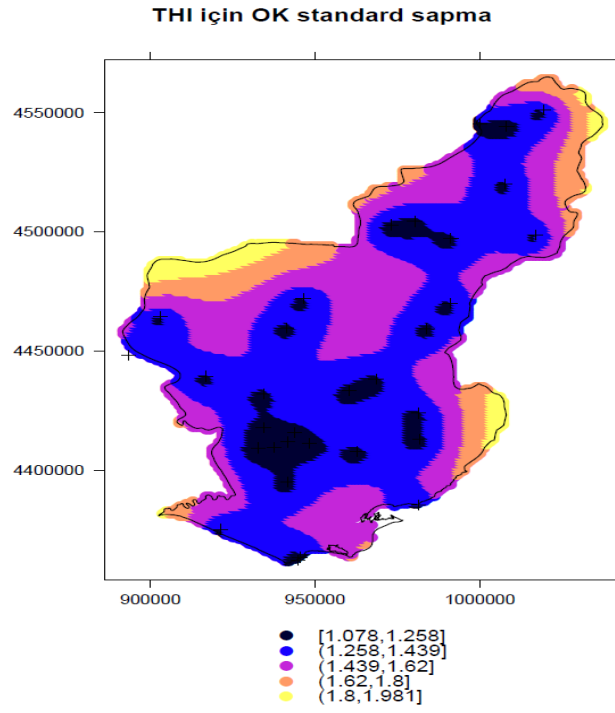
Şekil 4. 7 Temmuz ayı UK yarı-variogram



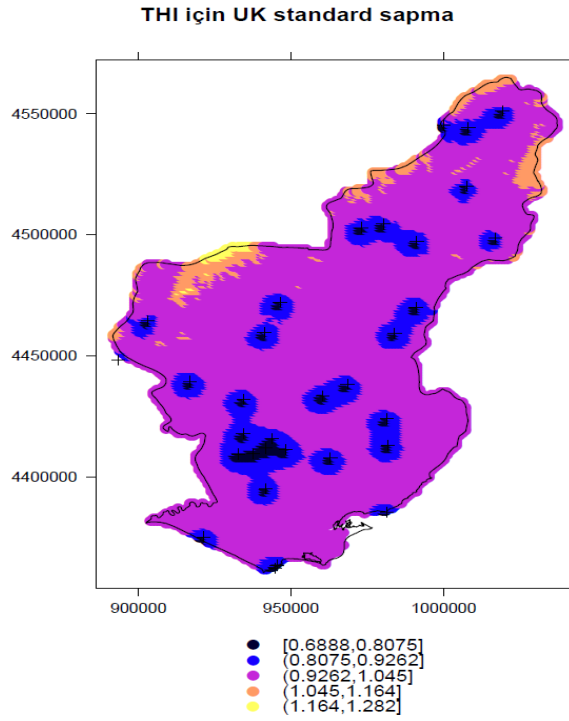
Şekil 4. 8 Temmuz ayı THI değerleri için UK haritası

UK yöntemi kullanılarak oluşturulan haritada, renk skalalarının değer aralıkları Haziran ayına kıyasla daha geniş ve en yüksek sıcaklık nem indeks değerinin şiddetli stres sınıflandırmasında bulunduğu sonucuna varılmıştır. Temmuz ayı için Adana'nın kuzeyi, özellikle kuzeydoğusu süt sığırcılığı açısından daha elverişli bölgeler olduğu saptanmıştır.

OK ve UK yöntemlerinin tahmin doğruluğunu karşılaştırmak amacıyla yapılan CV sonuçları kullanılarak standart hatalara ilişkin haritalar elde edilmiş ve OK yöntemi için Şekil 4.15 ve UK yöntemi için Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4. 9 Temmuz ayı THI değerleri için OK standart sapma haritası



Şekil 4. 10 Temmuz ayı THI değerleri için UK standart sapma haritası

Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da verilen haritalar dikkate alındığında istasyon noktalarından elde edilen değerlerin daha az standart hataya sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.15’te verilen haritada siyah renkli bölge en küçük standart hataya sahip alanı göstermekte olup 1.078-1.258 değerleri arasında olmuştur. Haritadaki sarı renkli kısım standart sapmanın en yüksek olduğu değer aralığını göstermektedir. Bu alandaki standart sapma 1.8-1.981 değerleri arasında değişmektedir. Şekil 4.16’da verilen harita UK sonuçlarına göre elde edilmiştir. Buna göre en küçük standart sapma değerleri 0.6888 olup siyah renkli alan için standart sapma değerleri 0.6888-0.8075 arasında değişirken sarı renkli alan için standart sapma değerleri 1.164-1.282 arasında olmuştur. Sonuç olarak UK yöntemi ile elde edilen standart sapma değerleri OK yöntemi ile elde edilenlerden daha küçük olmuştur.

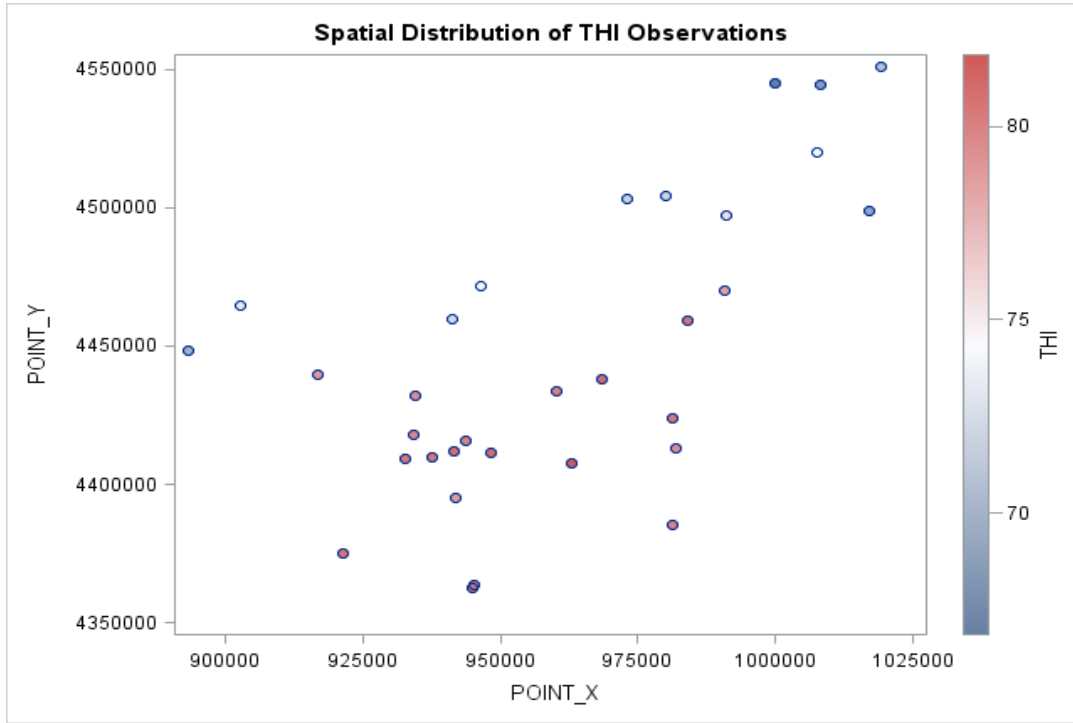
Çizelge 4.2’de Temmuz ayı için kullanılan OK ve UK yöntemlerine ait hata kareler ortalaması (HKO) ve belirleme katsayıları (R^2) verilmiştir.

Çizelge 4. 2 Temmuz ayı THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri

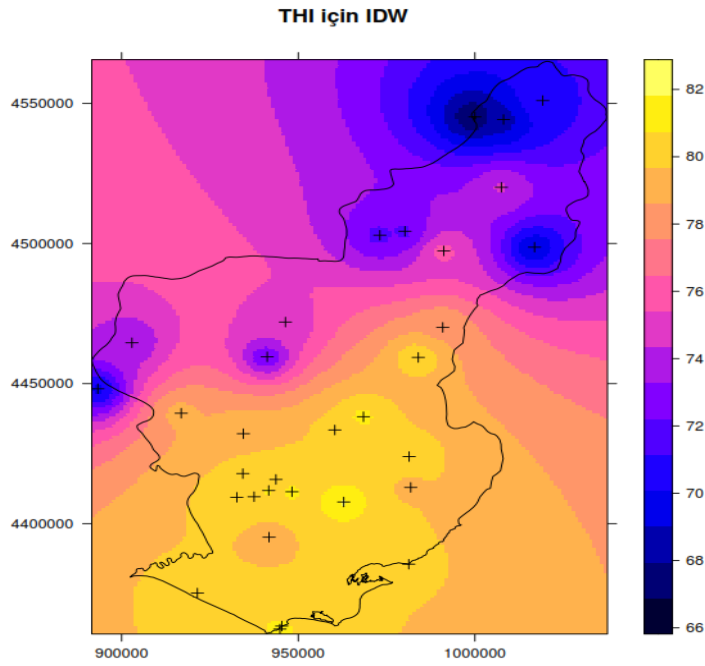
Kriging Yöntemleri	Uyum Kriterleri	
OK	Hata Kareler Ortalaması (HKO)	2.3433
	Belirleme Katsayısı (R^2)	0.7986
UK	Hata Kareler Ortalaması (HKO)	1.0070
	Belirleme Katsayısı (R^2)	0.9628

Buna göre THI değerlerinin tahmininde UK, OK’dan daha küçük HKO ve daha büyük belirleme katsayısına sahip olmuştur. Dolayısıyla UK Temmuz ayı THI değerlerini modellemede OK’dan daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

Ağustos ayı günlük sıcaklık ve nem değerleri kullanılarak elde edilen sıcaklık stresi indeks (THI) değerlerine ilişkin verinin mekânsal dağılımı incelenmiş ve Şekil 4.17’de verilmiştir. Mekansal dağılım grafiği incelendiğinde kuzeye doğru gidildikçe THI değerlerinde azalma olduğu özellikle kuzeydoğu yönünde THI değerlerindeki azalmanın daha fazla olduğu izlenmektedir. THI değerlerinin 78 üzerinde olduğu istasyonlar genel olarak güney ve güneybatı yönündedir.



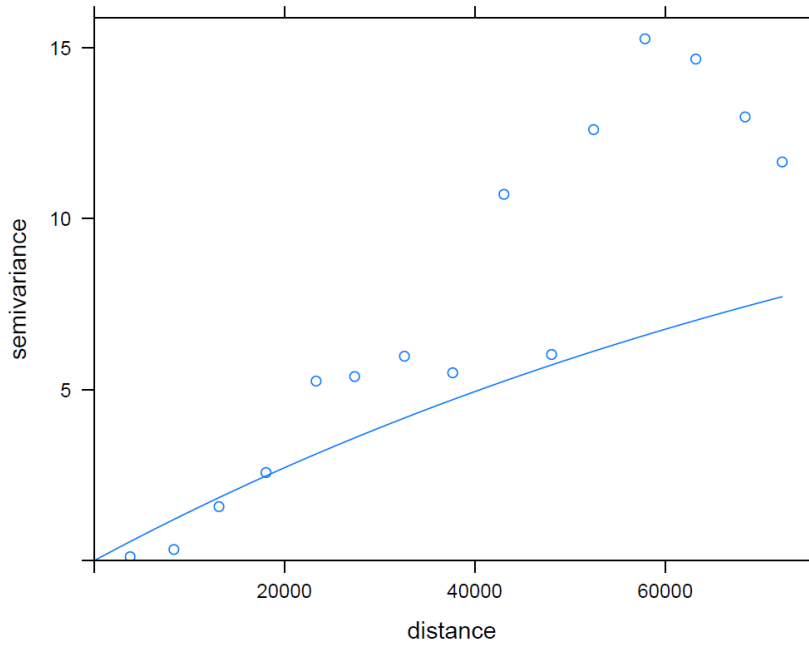
Şekil 4. 11 Ağustos ayı günlük değerleri için THI değerlerinin mekânsal dağılımı



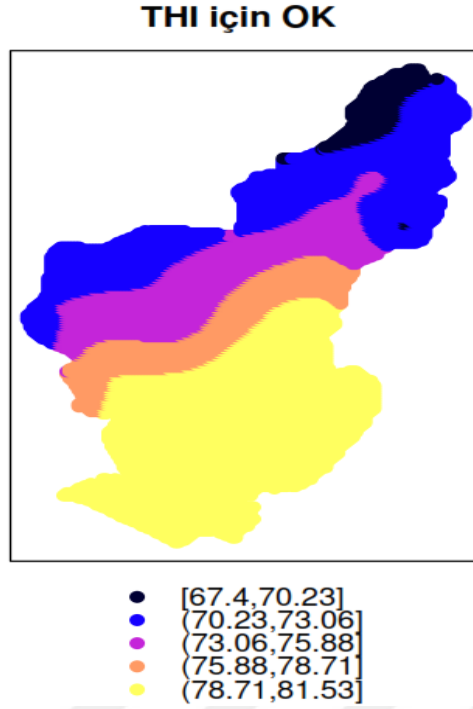
Şekil 4. 12 Adana il sınırlarıyla birlikte Ağustos ayı IDW haritası

Ağustos ayına ilişkin THI değerleri için IDW yöntemi kullanılarak elde edilen harita Şekil 4.18’de verilmiştir. IDW sonuçlarına göre Ağustos ayında Adana ilinde sıcaklık ve nem değerlerinin artışıyla THI yüksek değerlere ulaştığı gözlenmektedir. Risksiz alanların lacivert tonları ile gösterilen bölge olduğu görülmüştür. Buna göre süt sığırcılığının bu alanlarda yapılmasının daha verimli olacağı sonucuna varılmıştır. THI değerinin 78 ‘i aşması şiddetli stres durumunu ifade etmektedir. Bu bağlamda tedbir alınmazsa verim kayıplarının Ağustos ayında daha yoğun olabileceği öngörülmektedir.

Kriging enterpolasyon yöntemi kullanılırken exponential yarı-variogram modelinin en başarılı tahmin performansına sahip olduğu tespit edilmiştir. OK enterpolasyon yöntemi için kullanılan exponential yarı-variogram Şekil 4.19’da, bu yarı-variogram ile OK enterpolasyon yönteminden elde edilen tahmin haritası Şekil 4.20’de verilmiştir.



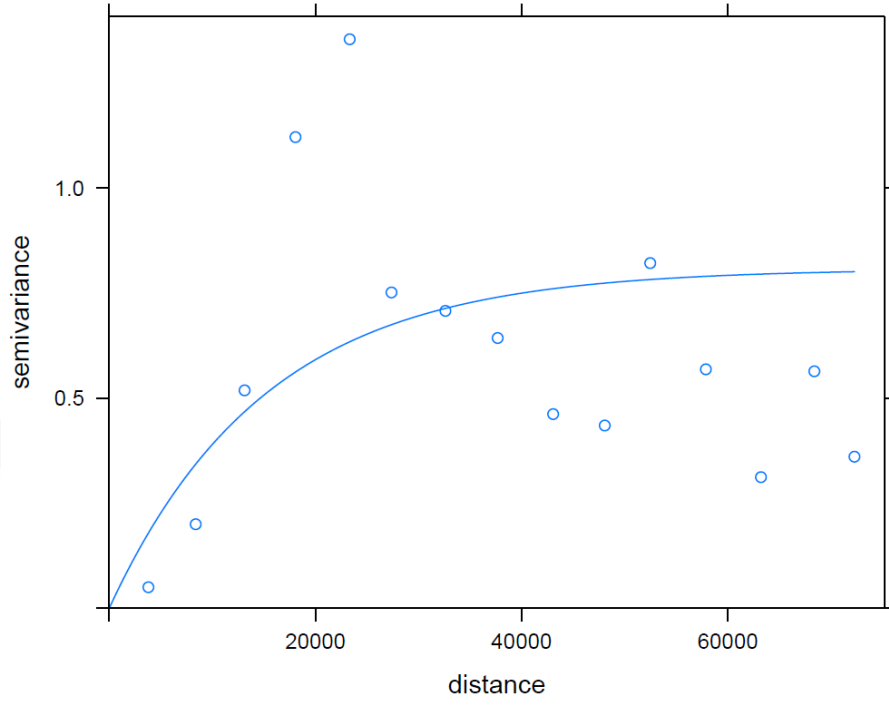
Şekil 4.19 Ağustos ayı OK yarı-variogram



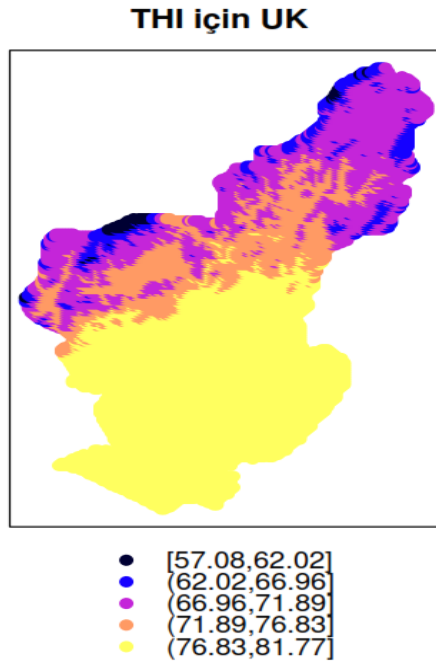
Şekil 4. 13 Ağustos ayı THI değerleri için OK haritası

Şekil 4.20’de OK sonuçlarına göre siyah ile gösterilen alanın süt sığırcılığı açısından daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Lacivert ile gösterilen alanların sıcaklık stresi açısından kısmen uygun, sarı ile gösterilen bölgenin şiddetli stres gelişen alan kategorisinde olduğu tespit edilmiştir.

UK enterpolasyon yapılırken yükseklikler dikkate alınmış ve Ağustos ayı için elde edilen harita Şekil 4.22’de verilmiştir. UK haritası oluşturulurken kullanılan yarı-variogram modeli Şekil 4.21’de verilmiştir.



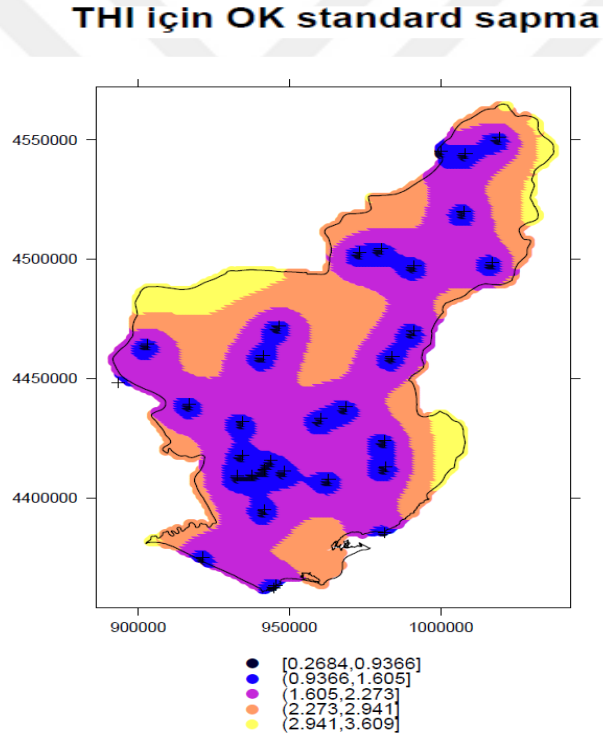
Şekil 4. 14 Ağustos ayı UK yarı-variogram



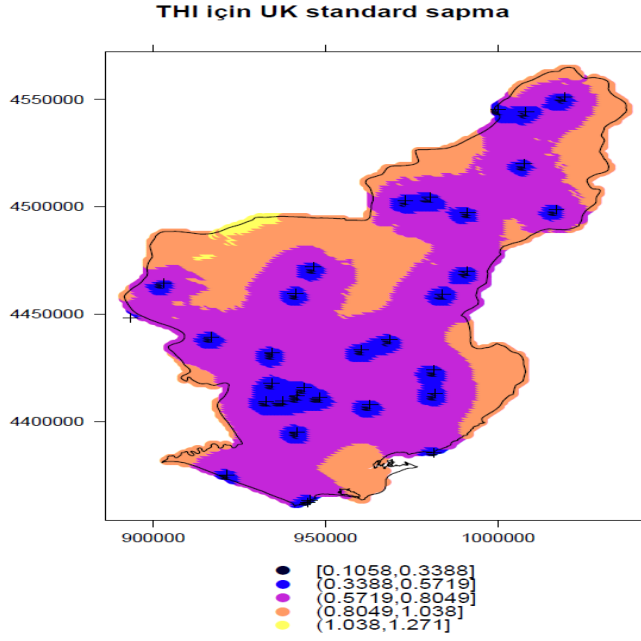
Şekil 4. 15 Ağustos ayı THI değerleri için UK haritası

UK yöntemi kullanılarak elde edilen haritaya göre, sarı ve turuncu renklerle belirtilen alanlar sıcaklık stresi açısından riskli alanlar olarak tanımlanmıştır. UK ile oluşturulan haritada küçük alanlı yerel değişimlerin daha iyi gözlendiği, OK ile kıyaslandığında daha net olarak görülmüştür. Lacivert alan içerisinde fakat 72 THI değerinin altında olan bölgeler için UK yöntemi ile oluşturulan haritanın daha açıklayıcı olduğu gözlemlenmiştir.

OK ve UK yöntemlerinin tahmin doğruluğunu karşılaştırabilmek amacıyla yapılan CV sonuçları kullanılarak standart hatalara ilişkin haritalar elde edilmiş ve OK yöntemi için Şekil 4.23 ve UK yöntemi için Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4. 16 Ağustos ayı THI değerleri için OK model ile standart sapma haritası



Şekil 4. 17 Ağustos ayı THI değerleri için UK model ile standart sapma haritası

Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te verilen haritalar dikkate alındığında istasyon noktalarından elde edilen değerlerin daha az standart hataya sahip olduğu, bu noktalardan uzaklaştıkça standart hata değerinin büyüdüğü görülmektedir. Şekil 4.23'te verilen haritada siyah renkli bölge en küçük standart hataya sahip alanı göstermekte olup 0.2684-0.9366 değerleri arasında olmuştur. Haritadaki sarı renkli kısım standart sapmanın en yüksek olduğu değer aralığını göstermektedir. Bu alandaki standart sapma 2.941-3.609 değerleri arasında değişmektedir. Şekil 4.24'te verilen harita UK sonuçlarına göre elde edilmiştir. Buna göre en küçük standart sapma değerleri 0.1058 olup siyah renkli alan için standart sapma değerleri 0.1058-0.3388 arasında değişirken sarı renkli alan için standart sapma değerleri 1.038-1.271 arasında olmuştur. Dikkat edilecek olursa UK yöntemi ile elde edilen standart sapma değerleri OK yöntemi ile elde edilenlerden daha küçük olmuştur.

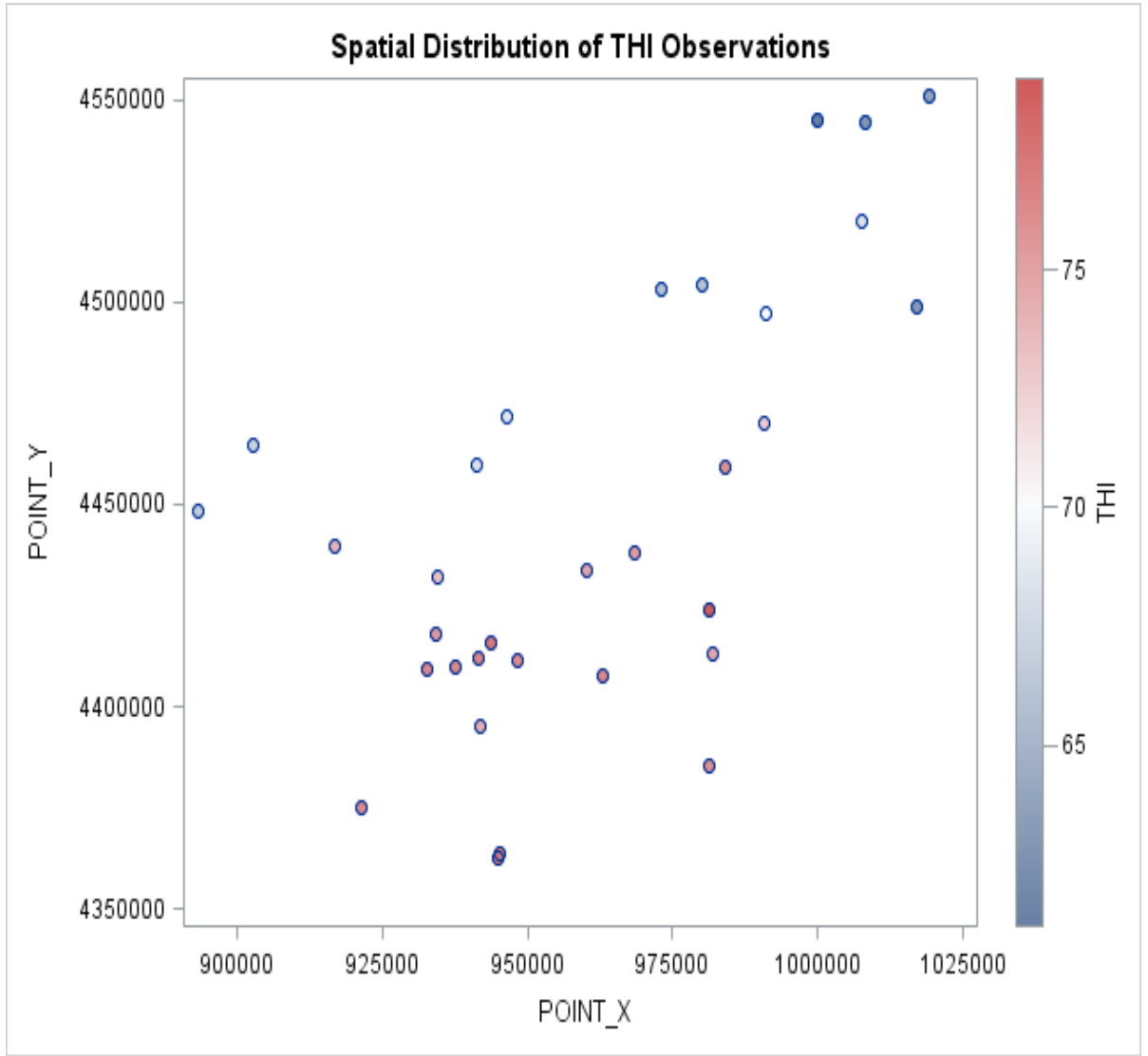
Çizelge 4.3'te Ağustos ayı için kullanılan OK ve UK yöntemlerine ait hata kareler ortalaması (HKO) ve belirleme katsayıları (R^2) verilmiştir.

Çizelge 4. 3 Ağustos ayı THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri

Kriging Yöntemleri	Uyum Kriterleri	
OK	Hata Kareler Ortalaması (HKO)	2.4488
	Belirleme Katsayısı (R^2)	0.7090
UK	Hata Kareler Ortalaması (HKO)	0.9498
	Belirleme Katsayısı (R^2)	0.9565

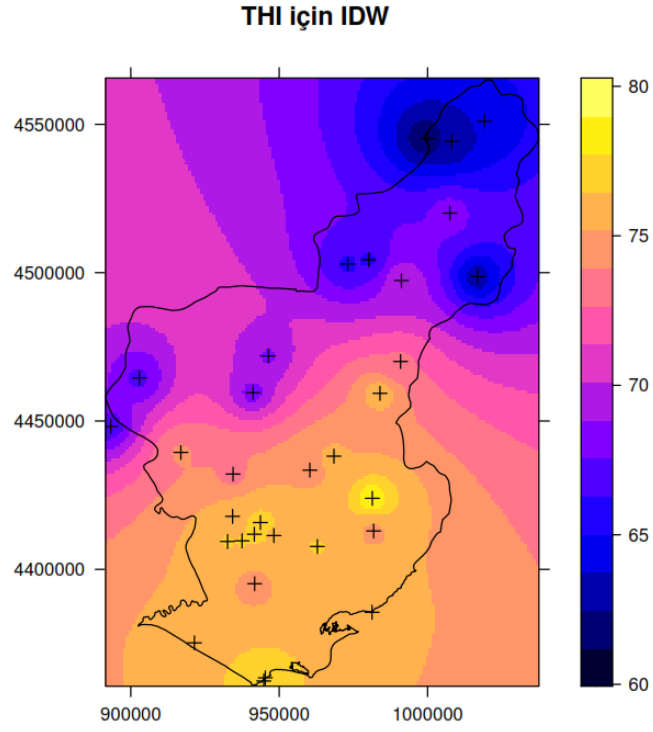
Buna göre THI değerlerinin tahmininde UK, OK'den daha küçük HKO ve daha büyük belirleme katsayısına sahip olmuştur. Dolayısıyla UK Ağustos ayı THI değerlerini modellemede OK'dan daha iyi bulunduğu söylenebilir.

Eylül ayı günlük sıcaklık ve nem değerleri kullanılarak elde edilen sıcaklık stresi indeks (THI) değerlerine ilişkin verinin mekânsal dağılımı incelendi ve elde edilen görsel Şekil 4.25'te verildi. Şekil 4.25'te maviden kırmızıya değişen renk skalasında verilen THI değerlerinin ve bu değerlerden 75 üzeri olan alanların olduğu görülmektedir. Bu alanların genel olarak güney, güneybatı yönünde dağılım gösterdiği izlenmektedir.



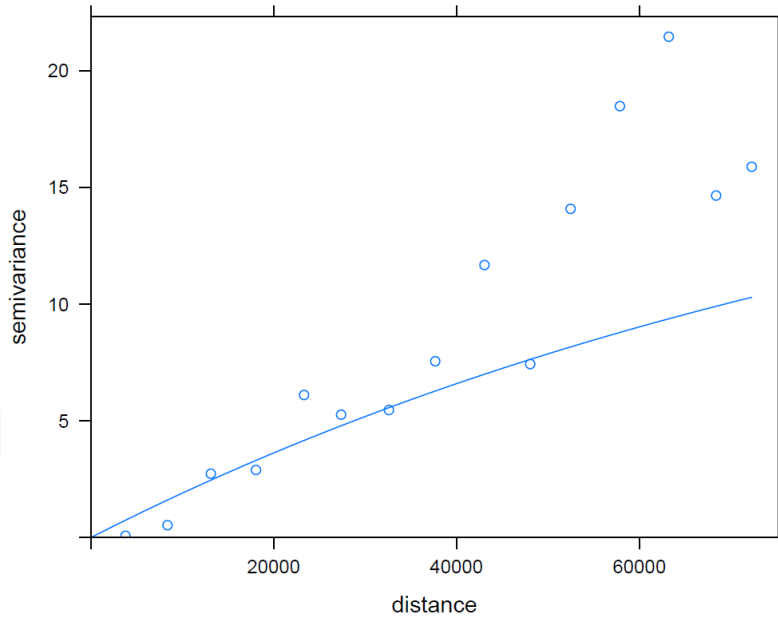
Şekil 4. 18 Eylül ayı günlük değerleri için THI değerlerinin mekânsal dağılımı

Adana ili için Eylül ayı THI değerlerine IDW yöntemi uygulanmış ve elde edilen harita Şekil 4.26'da verilmiştir. IDW yöntemiyle yapılan mekânsal dağılım incelendiğinde Eylül ayında Adana ilinin kuzeydoğusunda THI değerlerinin 60-70 arasında değerler aldığı, güney yönünde ise daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir. Riskli bölgeler haritada 72-80 THI değerlerine denk gelen pembe, turuncu ve sarı renkler ile gösterilmiştir. Açık sarı ile gösterilen alanlarda şiddetli stres durumu söz konusudur. Ancak yine de Ağustos ayı THI değerlerine göre Eylül THI değerlerinde genel bir azalma gözlemlenmektedir.



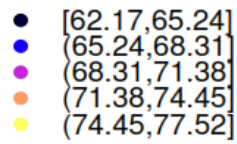
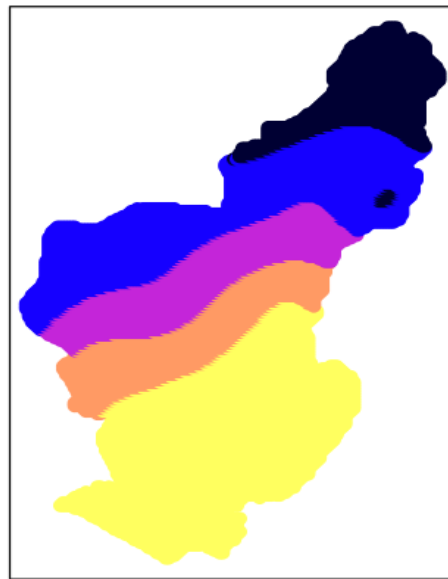
Şekil 4. 19 Adana il sınırlarıyla birlikte Eylül ayı IDW sonuçları

Kriging enterpolasyon yöntemi kullanılırken exponential yarı-variogram modeli kullanılmıştır. OK enterpolasyon yöntemi için kullanılan exponential yarı-variogram Şekil 4.27’de, bu yarı-variogram ile OK enterpolasyon yönteminden elde edilen tahmin haritası Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4. 27 Eylül ayı OK yarı-variogram

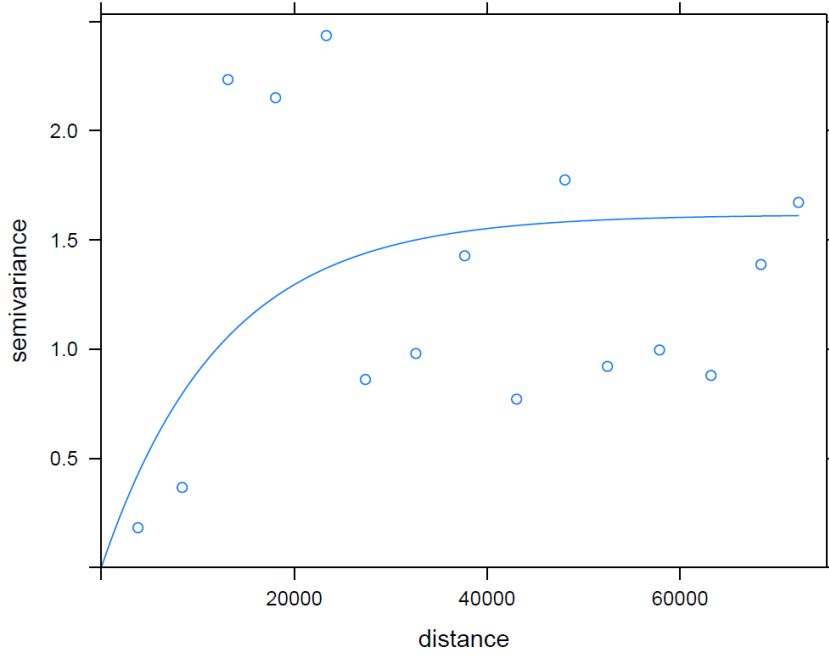
THI için OK



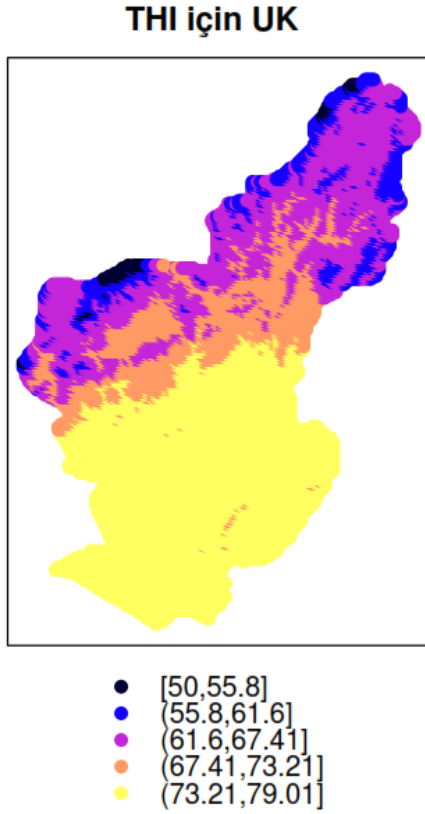
Şekil 4. 20 Eylül ayı THI değerleri için OK haritası

Adana ili için Eylül ayı THI değerlerine OK enterpolasyon yöntemi kullanıldıktan sonra edilen harita Şekil 4.28’de verildi. Elde edilen OK sonuçlarına göre siyah, lacivert ve pembe ile gösterilen alanların süt sığırcılığı açısından daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Turuncu ile gösterilen alanların sıcaklık stresi açısından kısmen uygun, sarı ile gösterilen bölgenin orta düzey stres gelişen alan kategorisinde olduğu tespit edilmiştir.

Yüksekliklerin de dikkate alınarak Eylül ayı THI değerlerine uygulanan UK yönteminden elde edilen sonuçlar Şekil 4.30’da kullanılan yarı-variogram modeli Şekil 4.29’da verilmiştir.



Şekil 4. 21 Eylül ayı UK yarı-variogram

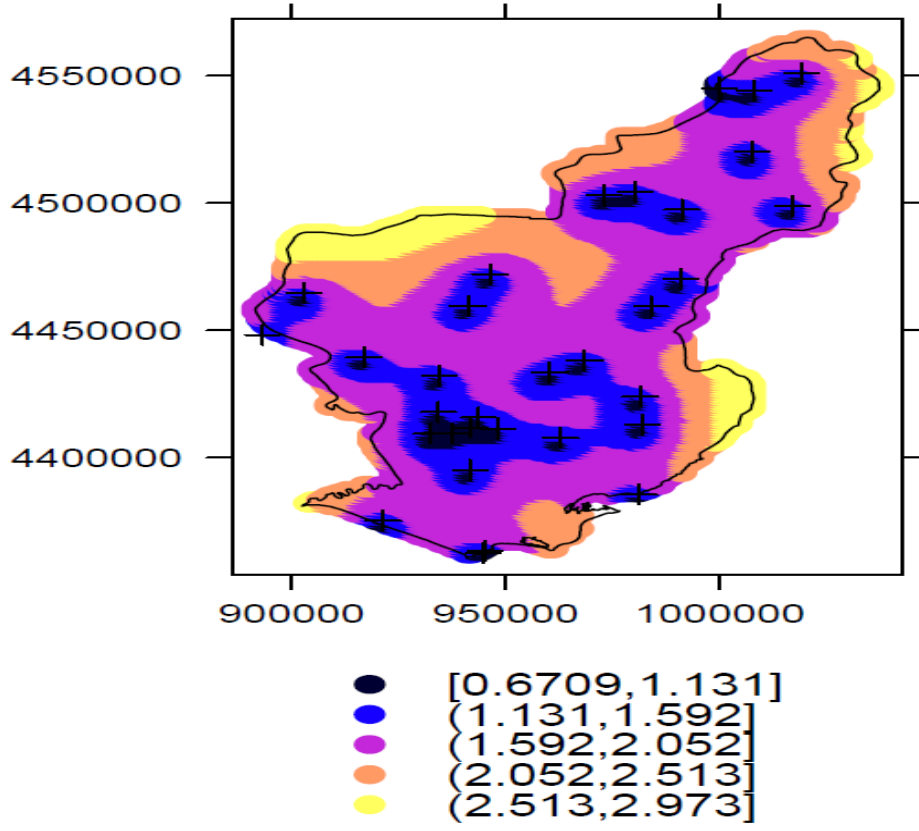


Şekil 4. 30 Eylül ayı THI değerleri için UK haritası

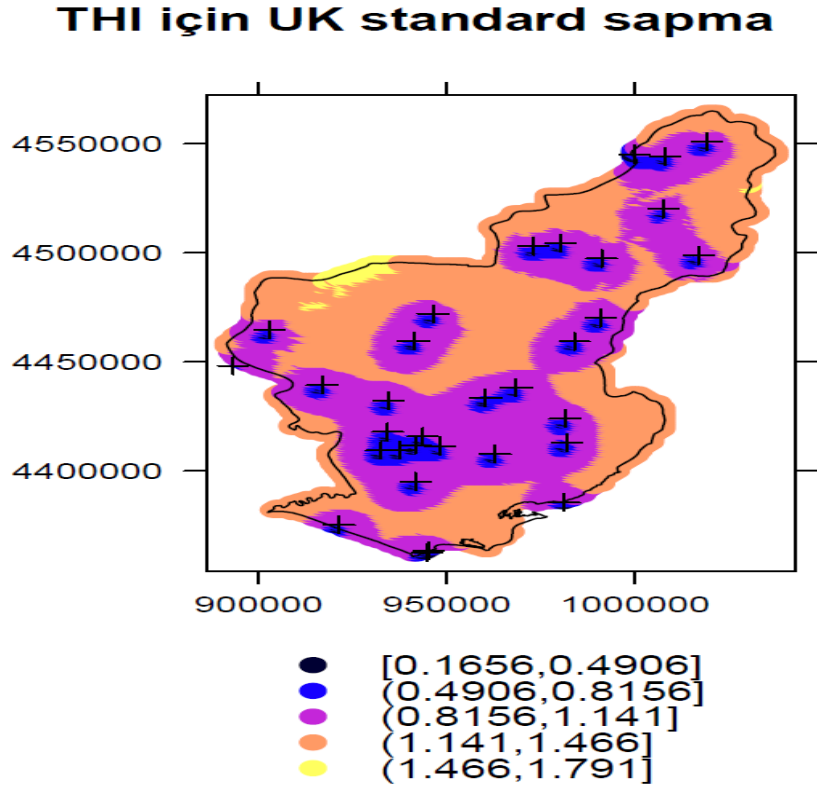
Universal Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulan haritada, sarı renkte gösterilen alanlar sıcaklık stresi oluşabilecek alanlar olarak belirlenmiştir. Şekilde de görüleceği gibi sarıdan siyaha olan renk skalası bu aralıkta azalan THI değerlerini göstermektedir. OK ile elde edilen haritada turuncu alan içerisinde fakat 72 THI değerinin altında olan bölgeler için UK yöntemi ile oluşturulan haritanın daha açıklayıcı olduğu gözlemlenmiştir.

OK ve UK yöntemlerinin tahmin doğruluğunu karşılaştırmak amacıyla yapılan CV sonuçları kullanılarak standart hatalara ilişkin haritalar elde edilmiş ve OK yöntemi için Şekil 4.31 ve UK yöntemi için Şekil 4.32’de verilmiştir.

THI için OK standard sapma



Şekil 4. 31 Eylül ayı THI değerleri için OK model ile standart sapma haritası



Şekil 4. 22 Eylül ayı THI değerleri için UK model ile standart sapma haritası

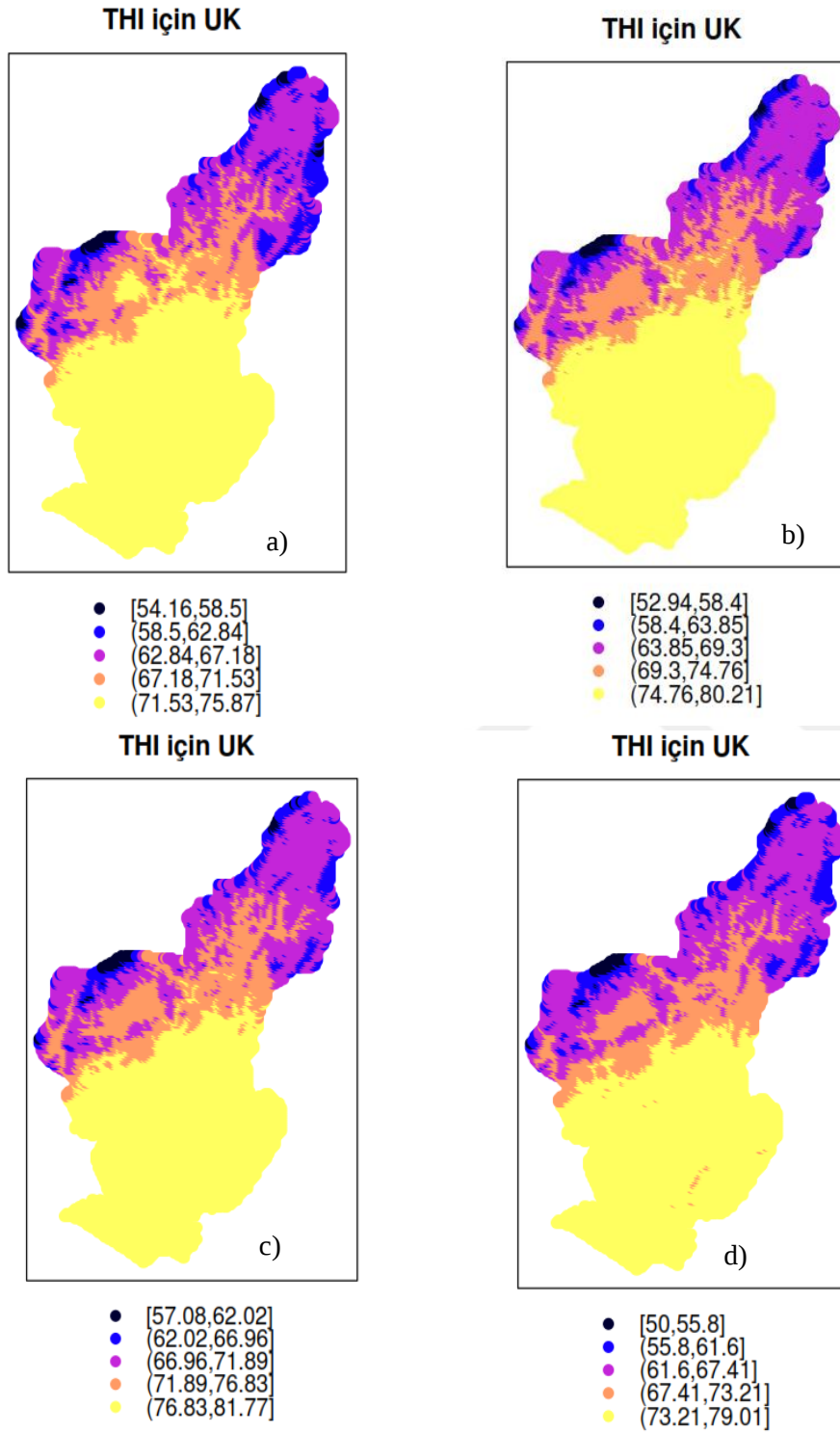
Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de verilen haritalar dikkate alındığında istasyon noktalarından elde edilen değerlerin daha az standart hataya sahip olduğu, bu noktalardan uzaklaştıkça standart hata değerinin büyüdüğü görülmektedir. Eylül ayında da diğer aylarda olduğu gibi UK yöntemi ile elde edilen standart sapma değerleri OK yöntemi ile elde edilenlerden daha küçük olmuştur.

Çizelge 4.4'te Eylül ayı için kullanılan OK ve UK yöntemlerine ait hata kareler ortalaması (HKO) ve belirleme katsayıları (R^2) verilmiştir. Buna göre THI değerlerinin tahmininde UK, OK'den daha küçük HKO ve daha büyük belirleme katsayısına sahip olmuştur. Dolayısıyla UK Eylül ayı THI değerlerini modellemede OK'dan daha iyi bulunmuştur.

Çizelge 4. 4 Eylül ayı THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri

Kriging Yöntemleri	Uyum Kriterleri	
OK	Hata Kareler Ortalaması (HKO)	2.2541
	Belirleme Katsayısı (R^2)	0.8170
UK	Hata Kareler Ortalaması (HKO)	1.2981
	Belirleme Katsayısı (R^2)	0.9393

Her bir grid noktası için hem OK hem de UK ile ayrı ayrı tahminler belirlenmiş ve her iki tahmin yöntemi içinde haritalar oluşturulmuştur. OK tahmin haritasında kriging yönteminin yumuşatma (smooth) etkisinden dolayı lokal değişimler belirgin bir şekilde görülmemesine karşın Universal kriging tahmin haritasında drift faktörleri nedeniyle kriging yönteminin yumuşatma (smooth) etkisinin biraz daha azalmış olduğu görülmektedir. Bu model ile oluşturulan haritada lokal değişimler daha belirgindir. Çalışma alanında sıcaklık stresi gelişebilecek alanların genel hatları ile dağılımı belirlenebilir. Bu nedenle çalışmada dikkate alınan Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarının hepsi için UK, OK'e göre daha çok tercih edilen haritalar oluşturmaktadır. Karşılaştırmalı görebilmek amacıyla Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları THI değerleri için OK haritaları Şekil 4.33'te ve UK haritaları Şekil 4.34'te verilmiştir.



Şekil 4. 24 Sırasıyla Haziran (a), Temmuz (b), Ağustos (c), ve Eylül (d) ayları THI değerleri için UK haritaları

Adana'nın sıcak ve nemli iklim kuşağında olması ve Haziran-Eylül ayları arasında sıcaklık ve nemin yüksek değerlere ulaşması nedeni ile özellikle güney hattında süt sığırları için sıcaklık-nem indeksi değerleri tehlikeli sınırlara ulaşmaktadır. Sıcaklık-Nem indeksi değerlerine bakıldığında Haziran-Eylül ayları arasındaki periyotta Adana ilinin güneyinde sıcaklık stresinin olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında THI değerlerinin tehlikeli sınıra ulaştığı belirlenmiştir. Yaz mevsiminde yüksek sıcaklık ve nem değerlerinin süt sığırlarında fizyolojik dengede bozulmalara neden olduğu ve süt verimini olumsuz etkilediğini yapılan farklı çalışmalarla belirlenmiştir (Özkütük ve Göncü, 1996; Hansen 2007, Rhodas vd. 2009, Smith vd. 2013). Bu bilgiler ışığında, bu aylar Adana ili güney bölgeleri için süt sığırılığı işletmeciliğinin yapılmasına uygun değildir. UK ile oluşturulan haritalarda Haziran ve Eylül aylarında sıcaklık stresi gelişen alanlar, sıcaklık ve nem değerlerinin yüksek olduğu Ağustos ve Temmuz aylarına göre daha dardır. Adana ili için sıcaklık ve nem açısından en problemli ayın Ağustos olduğu sonucuna varılmıştır.

OK ve UK yöntemlerinden elde edilen HKO ve belirleme katsayıları Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları için Çizelge 4.5'te verildi. HKO ve belirleme katsayıları değerlendirildiğinde tüm aylar için UK yönteminin OK yönteminden daha iyi tahmin ürettiği ve UK yöntemi kullanıldığında sonuçlarının dikkate değer ölçüde iyileştiği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4. 5 Haziran-Eylül ayları THI değerleri için Kriging yöntemlerine ait uyum kriterleri

Kriging Yöntemleri	Uyum Kriteri	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
OK	HKO	3.3988	2.3433	2.4488	2.2541
	R^2	0.4717	0.7986	0.7090	0.8170
UK	HKO	2.797	1.007	0.9498	1.2981
	R^2	0.6471	0.9628	0.9565	0.9393

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, özellikle sıcak iklime sahip olan Adana ilinde süt sığırcılığının ekonomik olarak yapılacağı alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Adana ili otomatik meteorolojik gözlem istasyonundan alınan veriler kullanılmıştır. İstasyon verileri THI değerlerine çevrilmiştir. Bu değerlere mekansal dağılım haritası için önce IDW yöntemi kullanılarak Adana ili Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarına ilişkin THI değerleri haritalanmış ardından exponential yarı-variogram modelleri kullanılarak kriging yöntemlerinden OK ve UK kullanılmış ve yöntemler doğrulukları bakımından birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu yönü ile Karaca (2021)'nin Hatay ili için yaptığı çalışmadan, . Çelik (2021)'in Diyarbakır için yaptığı çalışmadan, Işık vd. (2016)'nin Antalya için yaptığı çalışmadan ve Kibar vd. (2018)'nin Siirt için yaptıkları çalışmalardan farklı olmuştur.

Uygulanan iki farklı kriging yönteminden ise HKO küçük ve belirleme katsayısı (R^2) büyük olan yöntemin Universal Kriging olduğu sonucuna varılmıştır. Exponential yarı-variogram modelin en iyi sonuç vermiş olması, Gözükara G. (2021)'nin yaptığı çalışma ile benzerlik göstermiştir. Bununla birlikte kriging yöntemlerinin sıcaklık ile ilgili çalışmalarda daha iyi sonuçlar ürettiğini bildiren Ayeong vd. (2018)'nin çalışması ile de uyumlu olmuştur.

Aydın ve Raja (2016) çalışmasında OK yönteminin, düşük ME, MAE, RMSE, ve yüksek R^2 değeri ile en iyi yağış tahmin modelini oluşturduğu sonucuna varılmış bu açıdan bu çalışma ile farklılık göstermiştir. UK, OK ve IDW yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir diğer çalışma ise Hint Himalayalar'ında gerçekleştirilmiştir (Basistha, vd., 2008). Araştırmacılar UK'in, OK ve IDW'ye göre en uygun yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda yapılan bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Süt sığırlarında sıcaklık stresinin sınıflandırılmasına yardımcı bir kriter olan THI değerleri; 72'yi aştığı noktada; sıcaklık stresinin başlangıcı, 78 ve üzeri değerler için ise verim kayıplarında keskin değişimler hatta ölümlerin başladığı eşik değer olarak kabul edilmesi bir çok araştırma tarafından desteklenmektedir (Mutaf vd., 2002; Zimbelman vd, 2009; Akyüz vd., 2010; Wheelock vd., 2010). Bu çalışmada da 72 sıcaklık stresinin olduğu kritik değer olarak alınmış, 72-78 arası THI değerinin orta düzey stres, 78-89 şiddetli stres

olarak sınıflandırılmıştır. Haziran-Eylül aylarında, Kriging ve IDW yöntemleri ile oluşturulan haritalarda 72 değerinin aşıldığı saptanmıştır.

THI değerlerinin artışının aylara göre değiştiği ve bu çalışmada kullanılan aylar için yüksek seyretmesi verim kayıpları ile sonuçlanmaktadır. Zira THI değerinde meydana gelen bir birimlik artışın günlük süt veriminde 180-360 g arasında azalmaya neden olduğu bilinmektedir Uğurlu ve Koç (2019). Çalışmadan elde edilen sonuçlar Adana'nın güney ilçeleri için Temmuz-Ağustos aylarında verim kayıpları bakımından çok daha dramatik sonuçlar üretmesi muhtemeldir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre işletmelerin sarı bölgelerde yer almayıp daha serin olan kuzey bölgelere taşınması, taşınamıyor ise erken gerekli önlemlerin alınması hem hayvan refahı hem de ekonomik bakımdan önemli olacaktır. Daha önce yapılan çalışmalarda (Rhoads vd., 2009; Wheelock vd., 2010) süt sığırlarında sıcaklık stresinin minimum seviyeye indirilmesi amacıyla çevresel faktörlerin düzenlenmesinin verim kayıplarının çözümüne katkı sağlayacağı bildirilmiş olup, bu çalışmadan elde edilen önerileri desteklemektedir.

Mekânsal enterpolasyon modellerinin kullanımı ve sayısı giderek artmaktadır. Bu sebeple hangi modelin daha iyi sonuç verdiğini göstermek çalışmalarda önemli yer tutmaktadır. Stokastik yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlara göre UK'in OK'den daha karmaşık bir enterpolasyon yöntemi olduğu bu sebepten kriging prosedürüne daha fazla bilgi ekliyor olduğunu ortaya koyan çalışmalarla (Basistha vd., 2008; Yeşilkanat vd., 2014; Bostan, 2017) bu çalışma paralellik göstermektedir. Çalışmada; UK ile oluşturulan haritada küçük alanlı yerel değişimlerin daha iyi gözlemlendiği, OK ile kıyaslandığında daha net olarak görülmüştür.

Elde edilen bulgulardan yola çıkarak Adana ilinin ana geçim kaynaklarından biri olan hayvancılık faaliyetlerini etkileyen sıcaklık ve nem parametrelerinin oluşturduğu sıcaklık stresi açısından elverişli alanlar Tufanbeyli, Saimbeyli, Feke ve Pozantı ilçeleri iken kısmen uygun ilçelerin Kozan, Aladağ ve Karaisalı'nın kuzeyi olarak saptanmıştır. Karataş, Yüreğir, Yumurtalık, Ceyhan, Sarıçam, Seyhan, Çukurova, İmamoğlu ilçeleri ile Kozan ve Karaisalı'nın güneyinde ise süt sığırları işletmelerinin çeşitli önlemler almaları gerekmektedir. Bu çalışma ile Adana ilinde üretim açısından sorun yaşamayacak süt sığırları barınağı kurulabilecek alanlar belirlenmiştir. Bu sonuçların ışığında THI değerleri 72'nin altında olan

alanlarda kurulan işletmeler verimli ve karlı bir üretim yapılabilirken, üretime Adana'nın güneyinde devam eden işletmeler ise üretim yönünden sorun yaşamamak için birtakım tedbirleri alarak sıcaklık ve nemin oluşturduğu stresi minimize etmelidirler.





KAYNAKLAR

- Akman, N., ve Yener, S. M. (1997). Sığır yetiştiriciliği. **Hayvan yetiştirme (Yetiştiricilik)** (Editör: M. Ertuğrul). 2. Baskı, Yayın Evi 1997, Ankara. 81-144
- Akyuz A., Boyacı S., Caylı A., (2010). Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9: 1824-1827.
- Akyürek Ö, Arslan O, Karademir A, Kasım (2013). So₂ ve Pm₁₀ hava kirliliği parametrelerinin cbs ile konumsal analizi: Kocaeli örneği, **TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi**, Ankara, Türkiye.
- Alaboz P, Demir S, Dengiz O., (2020). Farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprakların nem sabitelerine ait konumsal dağılımların belirlenmesi, Isparta Atabey ovası örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 17(3): 432-444. doi:10.33462/jotaf.710411
- Alkoyak, K., ve Çetin, O., (2016). Süt sığırlarında sıcaklık stresi ve korunma yolları. *Journal of Bahri Dagdas Animal Research*, 5(1): 40-55.
- Anonim, (2022). Tarım ürünleri piyasaları raporu, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2022-Temmuz%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/41-S%C3%9CT%20T%C3%9CP%20TEMMUZ%202022.pdf>. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara. Erişim tarihi: 14.12.2022.
- Ayeong, J., Jieun, R., Heyin, C., Youyoung, C., Seongwoo, J., (2018). Applicability of various interpolation approaches for high resolution spatial mapping of climate data in Korea, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-3: 703-710.
- Bardosy, A., (2002). **Introduction to geostatistics**, (teknik not), Institute of Hydraulic Engineering University of Stuttgart, 134s, Germany.
- Barton, J.M.H., Buchberger, S.G., Lange, M.J., (1999). Estimation of error and compliance in surveys by kriging. *Journal of Surveying Engineering*, 125-2: 87-108.
- Basistha, A.; Arya, D.S.; Goel, N.K. (2008). Spatial distribution of rainfall in Indian Himalayas. **A case study of Uttarakhand Region, Water Resources Management**, 22, 1325–1346
- Başbozkurt H., Öztaş, Karabrahimoğlu A., Gündoğan R., Genç A., (2013). Toprak özelliklerinin mekânsal değişim desenlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 44 (2): 169-181.
- Berndt C, Haberlandt U, (2018). Spatial interpolation of climate variables in northern Germany-influence of temporal resolution and network density, *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 15: 184-202.
- Bianca, W., (1962). Relative importance of dry and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. *Nature*. 195: 251–252. <https://doi.org/10.1038/195251a0>

- Bohmanova, J., Misztal, I., Tsuruta, S., Norman, H.D., Lawlor, T.J., (2008). Short communication: Genotype by environment interaction due to heat stress. *Journal Dairy Science*. 91: 840-846.
- Bolat, S., (2013). *Lokal jeoid belirleme yöntemleri: Samsun İli örneği*, Yüksek lisans tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye.
- Boogaart K.G., Van Den Schaeben, H., (2002). Kriging of regionalized axes and orientations and axes. *Mathematical geology*, 34-5: 479-503.
- Borges, P. D.A., Franke, J., Anunciação, Y. M. T. D., Weiss, H., Bernhofer, C., (2016). Comparison of spatial interpolation methods for the estimation of precipitation distribution in distrito Federal, Brazil, *Theoretical and applied climatology*, 123: 335-348.
- Bostan, P. A., (2013). *Analysis and modeling of spatially and temporally varying meteorological parameter: precipitation Over Turkey*, Doktora tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Bostan, P. A., Heuvelink, G.B.M., Akyürek, S.Z., (2012). Türkiye'nin ortalama yıllık yağışlarının haritalanması için regresyon ve kriging tekniklerinin karşılaştırılması. *International Journal Of Applied Earth Observation and Geinformation* 19: 115-126
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A., (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press, New York. 133.
- Çelik, R., (2021). Diyarbakır ili süt sığırı yetiştiriciliğinin sıcaklık-nem indeksi yönünden değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*. 14(2): 96-100. doi:10.47027/duvetfd.903780
- Çetin, M., Tülücü, K., (1998). Doğu Akdeniz bölgesi'nde aylık yağışların yersel değişimlerinin jeoistatistik yöntemle incelenmesi, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 22: 279-288.
- Çitakoğlu, H., Çetin, M., Çobaner, M., Haktanır, T., (2017). Mevsimsel yağışların jeoistatistiksel yöntemle modellenmesi ve gözlemi olmayan noktalarda tahmin edilmesi, *İMO Teknik Dergi*, 7725: 469.
- Demircan, M., Alan, İ. ve Şensoy, S., (2011). Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak sıcaklık haritalarının çözünürlüğünün artırılması, **TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı**, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- Demirören, E., (2002). *Hayvan davranışları* (1.Basım). E.Ü.Z.F. Yayınları, İzmir.
- Deutsch, C.V., Journel, A. G., (1992). *GSLIB: Geostatistical software library and user's guide*. Oxford University Press, New York.
- Dikmen, S., Hansen, P. J., (2009). Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science*. 92: 109– 116. doi:10.3168/jds.2008–1370.
- Dinçel, D., ve Dikmen, S., (2013). Süt sığırlarında sıcak stresinin tespiti, verim özellikleri üzerine etkileri ve korunma yöntemleri. *Uludag University Journal of Faculty Veterinary Medicine*. 32(1): 19-29.
- Doğan, H. M., Yılmaz, D. S. ve Kılıç, O. M., (2013). Orta Kelkit Havzası'nın bazı toprak özelliklerinin ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması ve yorumlanması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* 6:46-54.

- Eriş E, (2011). *Determination of Spatial Distrabution of Precipitation on Poorly Gauged Coastal Regions*, Doktora tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- FAO. (2020). *Food and agricultural organization*, <http://www.fao.org/home/en>. Erişim tarihi: 14.12.2022
- Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Lisle, A., (2008). A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 86: 226-234.
- Gething, P.W., Atkinson, P.M., Noor, A.M., Gikandi, P.W., Hay, S.I., Nixon, M.S., (2007). A local space-time kriging approach applied to a national outpatient malaria data setl. *Computers and geosicences*. 33: 1337-1350.
- Golden Software Surfer 8.0., (2002). *User's guide contouring and 3d surface mapping for scientists and engineering*. Colorado, USA.
- Gözükara G., (2021). Tahıl yetiştirilen toprakların bazı özelliklerinin farklı enterpolasyon yöntemleri ile dağılım durumlarının değerlendirilmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. 9(2): 69–78.
- Gündoğdu I. B., (2017). Usage of multivariate geostatistics in interpolation processes for meteorological precipitation maps, *Theoretical and applied climatology*, 127: 81-86.
- Hansen, P.J., (2007). Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology*. 68: 242–249.
- Hengl, T., (2009). *A Practical guide to geostatistical mapping*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Herbut, P., Angrecka, S., (2012). Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. *Animal Science Papers & Reports*. 30(4).
- Heuvelink, G.B.M., Griffith, D.A., (2010). Space time geostatistics for geography: a case study of radiation monitoring across parts of germany, *Geographical Analysis*, ISSN 0016-7363.
- Hüsrevoğlu M, 2018, *Jeoistatistik analiz ile yağış haritalarının görselleştirilmesi*. Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Isaaks E.H., Srivastava R.M., (1989). *An Introduction to applied geostatistics*, Oxford University Press, Oxford.
- Işık, M., Aydınşakir, K., (2016). Antalya koşullarında sıcaklık-nem indeks değerlerinin süt sığırcılığı açısından değerlendirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 29(1): 27-31.
- İnal, C., Yiğit, C. Ö., (2003). Jeodezik uygulamalarda kriging enterpolasyon yönteminin kullanılabilirliği **TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı**, 24-26 Eylül 2003, Konya, 177-185.
- Javari M., (2017). Comparison of interpolation methods for modeling spatial variations of Precipitation in Iran, *International Journal of Environmental and Science Education*, 12: 1037-1054.
- Kadzare, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., Maltz, E., (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock production science*. 77: 59-91.

- Karaca C., (2021). Hatay iklim koşullarında süt sığırı yetiştiriciliğinde ısı stresinin alansal dağılımı ve uygulanacak tedbirler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3):801-807.
- Kızrak M A., Bolat B., (2018). Derin öğrenme ile kalabalık analizi üzerine detaylı bir araştırma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11(3): 263-286.
- Kıbar, M., Yılmaz, A., ve Bakır, G., (2018). Sıcaklık nem indeks değerlerinin süt sığırcılığı açısından değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 5(1): 45-50.
- Kuzucu, A., (2016). *Seyhan havzasında kuraklığın zamansal ve alansal değişiminin incelenmesi*, Yüksek lisans tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Mader, T. L., Davis, M. S., Brown-Brandl, T., (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84: 712–719.
- McArthur, A. J., Clark, J. A., (1988). Body temperature of homeotherms and the conservation of energy and water. *Journal of Thermal Biology*, 3: 9-13.
- Mert, B.A., (2005). *Jeoistatistiksel analiz için bir bilgisayar programının geliştirilmesi ve Antalya-Akseki-Kızılaş boksit yatağına uygulanması*, Yüksek lisans tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.
- Moran, J., (2005). ***Tropical dairy farming: Feeding management for small holder dairy farmers in the humid tropics***. Landlinks Press. Collingwood.
- Mutaf, S., Sönmez, R., (1984). ***Hayvan barınaklarında iklimsel çevre ve denetimi***, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. İzmir.
- Müller, W., Zimmerman D.L., (1997). ***Optimal design for variogram estimation. Forschungsberichte /Institut Für Statistik***, 51. Department Of Statistics And Mathematics, WU Vienna University of Economics and Business, Vienna.
- Nadaroğlu Y., Şimşek O., Dokuyucu Ö., Çalık Y., *Sıcaklık-nem indeksi programı (SINEP)*. Erişim tarihi: 5 Ocak 2022. Erişim adresi: <https://mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/sinep.pdf>.
- Nalder, I. A., Ross, R. W., (2011). Spatial interpolation of climatic normals: test of a new method in the canadian boreal forest, ***Agricultural and forest meteorology***, 92: 211-225.
- NOAA, (1976). ***Livestock hot weather stress***. Oper Man Lett. Kansas City.
- NRC., (1971). ***A guide to environmental research on animals***. National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Oreal-Timer, Webster, R., (1990). Kriging: a method of interpolation for geographical information system, *International Journal of Geographical Information Science*, 4(3): 313-332.
- Özer, D., Demir, H., Kodal, S., Yıldırım, Y.E., Çelik, M.Y., (2001). GAP bölgesinde sıcaklık nem indeksinin (THI) süt sığırcılığı üzerine etkileri. ***GAP II. Tarım Kongresi***, Şanlıurfa. 1105-1112.
- Özçakal E, (2014). *Ege Bölgesi yağış ve sıcaklık değerlerinin zaman ve mekân boyutundaki değişiminin istatistiksel analizi*, Doktora tezi. Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Özkütük, K., (1990). ***Hayvan ekolojisi***. Ç.Ü.Z.F. Ders Kitabı. Adana

- Özkütük, K., ve Göncü, S., (1996). sıcaklık stresinin, süt sığırcılığı ve besi üzerine etkisi konusunda çukurova bölgesinde yapılan çalışmalar. **Hayvancılık'96 Ulusal Kongresi**, 18-20 Eylül. 37-44.
- Rhodas, M. L., Rhodas, R. P., VanBaale, M. J., Collier R. J., Sanders S. R., Weber, W. J., Crooker B. A. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 92: 1986–1997.
- SAS Institute Inc. (2013). **SAS® 9.4 Guide to Software Updates and Product Changes**.
<https://go.documentation.sas.com/api/docsets/whatsdiff/9.4/content/whatsdiff.pdf?locale=en>. Erişim tarihi: 13.12.2022
- Sekerden, Ö., Özkütük, K., (1997). **Büyükbaş hayvan yetiştirme**. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. Adana.
- Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., Balta, İ., (2008). *Türkiye iklimi*. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ). 1-17.
https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/13_turkiye_iklimi.pdf
- Smith, D.L., Smith, T., Rude, B. J., Ward, S. H. (2013). Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows.. *Journal of Dairy Science*, 96(5): 3028–3033.
- Snepvangers, J.J.J.C., Heuvelink, G.B.M., Huisman, J.A., (2003). Soil water content interpolation using spatio-temporal kriging with external drift. *Geoderma*. 11: 253– 271.
- Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12: 57-59.
- TİGEM. (2021). *Hayvancılık sektör raporu*. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü.
<https://www.tigem.gov.tr/DosyaGaleriData/View/a374cc25-acc1-44e8-a546-63b4c8bce146>.
- Tosunoğlu, N., (2007). *Mekansal istatistikte bulanık uyarlamalı ağ yaklaşımı ile depremi oluşturan yer kabuğu hareket hızlarının kestirimi*, Doktora tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Turan, Z., Şanver, D., Öztürk, K. (2017). Türkiye’de hayvancılık sektöründen süt inekçiliğinin önemi ve yurt içi hasılaya katkısı ve de dış ülkelerle karşılaştırılması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 10(3): 60-74.
- Uğurlu M., Koç H., (2019). Süt sığırlarında ısı stresinin verim özellikleri üzerine etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 59(1): 30-35.
- Vercoe, J.E., (2003). Climatic and environmental factors affecting dairy productivity. Erişim tarihi: 16.12.2021. Erişim adresi: <https://www.ilri.org/InfoServ/Webpub/fulldocs/SmHDairy/chap4.html>.
- Vicente-Serrano, S.M.; Saz-Sánchez, M.A.; Cuadrat, J.M. (2003). Comparative analysis of interpolation methods, in the middle Ebro Valley (Spain): application to annual precipitation and temperature. *Climate Research*, 24, 161–180.
- Webster, R., Oliver M.A., (2007). *Geostatistics for environmental scientists*. Wiley.
- West, J.W., 2003. Effect of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86: 2131-2144.

- Wheelock, J.B., Rhoads, R.P., Van Baale, M.J., Sanders, S.R., Baumgard, L.H. (2010). Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 93: 644–655.
- Willmott, C.J. (1982) Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletion of the American Meteorological Society*, 63, 1309–1313.
- Yang, G, Zhang, J., Yang, Y., You, Z., (2011). Comparision of interpolation methods for typical meteorological factors based on gis – a case study in jitai basin, china geoinformatics, **19th International Conference on**, 1 - 5.
- Yaprak, S., (2007). *Kriging yönteminin geoit yüzeyi modellemesinde kullanılabilirliğinin araştırılması ve var olan yöntemlerle karşılaştırılması*, Doktora tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Yashioğlu, E., ve İlhan, H., (2016). Güney Marmara süt sığırları yetiştiriciliğinin ısı stresi yönünden değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 13(4).
- Yavuz, H.M., ve Biricik, H., (2009). Süt Sığırlarının Sıcak Stresinde Beslenmesi. *The Journal of Faculty of Veterinary Medicine*. 28 :1-7.
- Yavuz H, 2010, *Türkiye’de bazı iklim parametrelerinin coğrafi bilgi sistemleri destekli zamansal ve mekânsal analizi*, Yüksek lisans tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, Türkiye.
- Yeşilkanat C., Kobya Y.,Taşkın H., Çevik U., (2014). Jeostatistik tahmin ve simülasyon yöntemleri ile artvin ilindeki doğal kaynak suları için toplam alfa ve toplam betanın ara değer modellemesi ve haritalanması. *Cumhuriyet University Faculty of Science, Science Journal (CSJ)*, 35(4): 1300-1949.
- Yousef, M. K., (1985). In: Basic principles. ***Stress physiology in livestock***, 1: 67–75.
- Zimbelman, R.B., Rhoads, R.P., Rhoads, M.L., Duff, G.C., Baumgard, L.H., Collier, R.J., (2009). A reevaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. **Proceedings of the South-west Nutrition Conference**, University of Arizona, USA. 158-169.
- Zimmerman, D.L.,and Zimmerman, M.B., (1991). A Comparison of Spatial Semivariogram Estimators and Corresponding Ordinary Kriging Predictors, *Technometrics*, 33(1): 77-91. <http://dx.doi.org/10.1080/00401706.1991.10484771>

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Burcu SALDAMLI

Eğitim Bilgileri

Lisans :
Üniversite : İstanbul Teknik Üniversitesi
Fakülte : Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Bölüm : Meteoroloji Mühendisliği (%30
İngilizce)
Mezuniyet Yılı : 2014

Yüksek Lisans :
Üniversite : Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Enstitü : Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı : Biyometri ve Genetik
Mezuniyet Yılı : 2023

VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih 27/04/2023

Tez Başlığı: Adana İklim Koşullarında Sıcaklık Stresinin Alansal Dağılımının Süt Sığırıcılığı Açısından Değerlendirilmesi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın, kapak sayfası, giriş, ana bölümler ve sonuç bölümlerinden oluşan toplam 36 (otuzaltı) sayfalık kısmına ilişkin, 27/04/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre tezin benzerlik oranı %19 (on dokuz) dur.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Burcu SALDAMLI

Öğrenci No: 19910001336

Anabilim Dalı: Biyometri ve Genetik

Programı:

Statüsü: (X) Yüksek lisans () Doktora

DANIŞMAN

ENSTİTÜ ONAYI

UYGUNDUR

UYGUNDUR