

Yapay Zeka Destekli Analiz ile Van İli İpekyolu İlçesi Mahallelerinin Ruminant Hayvan Varlığı ve Mera Kaynakları Bakımından Karşılaştırılması*

Naci ÖZELER¹, Ayşe Özge DEMİR^{2**}

¹İpekyolu İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Van

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van

¹<https://orcid.org/0009-0003-2333-4396>

²<https://orcid.org/0000-0001-7203-4734>

*Bu çalışma, birinci isimli yazarın lisans bitirme tezinden türetilmiştir.

**Sorumlu yazar: aodemir@yyu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 05.06.2025

Kabul tarihi:30.07.2025

Online Yayınlanma: 12.09.2025

Anahtar Kelimeler:

Kümeleme analizi

Outlier analizi

Ruminant

Yapay zeka

TURKVET

ÖZ

Kırsal hayvancılığın sürdürülebilirliği, mera varlığı ile hayvan yoğunluğu arasındaki dengenin korunmasına bağlıdır. Bu çalışmada, Van ili İpekyolu ilçesindeki 43 mahallede ruminant hayvan varlığı ve mera kaynakları, Yapay Zeka (YZ) destekli kümeleme ve uç değer analizleriyle değerlendirilmiştir. TURKVET sisteminden elde edilen veriler kullanılarak mahalleler, büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları ile mera alanı gibi değişkenler doğrultusunda sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında üç temel küme yapısı belirlenmiştir: Küme 0, küçükbaş hayvan varlığının ve mera alanının yüksek olduğu; Küme 1, büyükbaş hayvan varlığı ile mera alanının dengeli olduğu; Küme 2 ise büyükbaş hayvan yoğunluğunun yüksek, mera alanının ise sınırlı olduğu mahalleleri kapsamaktadır. Ayrıca Erçek, Karagündüz ve Yalınağaç mahalleleri büyükbaş hayvan sayıları bakımından uç değer olarak tanımlanmış ve analiz dışı bırakılmıştır. Görsel analizler (boxplot, scatterplot, dendrogram) kullanılarak mahalleler arasındaki yapısal farklılıklar sezgisel biçimde ortaya konmuştur. Bulgular, bazı mahallelerde işletme sayısının yüksek olmasına rağmen mera alanının sınırlı olduğunu; bazı mahallelerde ise geniş mera alanlarına karşın işletme sayısının düşük kaldığını göstermektedir. Bu durum, hayvancılık faaliyetlerinde farklı üretim sistemlerinin (mera temelli vs. kapalı sistem) mahalle düzeyinde nasıl şekillendiğine dair önemli ipuçları sunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, mera planlaması, destekleme politikaları ve kırsal kalkınma stratejileri açısından karar vericilere yol gösterici niteliktedir.

A Comparison of Ruminant Livestock and Pasture Resources in the Neighborhoods of İpekyolu District, Van Province Using Artificial Intelligence-Based Analysis

Research Article

Article History:

Received: 05.06.2025

Accepted: 30.07.2025

Available online:12.09.2025

Keywords:

Clustering analysis

Outlier analysis

Ruminant

Artificial intelligence

ABSTRACT

The sustainability of rural livestock production depends on maintaining a balance between pasture availability and animal density. In this study, ruminant livestock populations and pasture resources across 43 neighborhoods in the İpekyolu district of Van Province were evaluated using Artificial Intelligence (AI) assisted clustering and outlier detection methods. Data retrieved from the national TURKVET system were used to classify the neighborhoods based on variables such as cattle and small ruminant numbers and available pasture area. Three main clusters were identified in the analysis: Cluster 0 included neighborhoods with high

numbers of small ruminants and large pasture areas; Cluster 1 consisted of neighborhoods with a balanced distribution of cattle and pasture resources; and Cluster 2 encompassed neighborhoods with high cattle density but limited pasture availability. Additionally, Erçek, Karagündüz and Yalınağaç were identified as outliers in terms of cattle population and were excluded from the clustering analysis. Visual analyses such as boxplots, scatterplots and dendrograms were employed to intuitively reveal structural differences between the neighborhoods. The results indicate that in some neighborhoods, despite a high number of livestock enterprises, pasture resources are limited, while in others, extensive pasture areas exist alongside a relatively low number of enterprises. This reflects the variation in livestock production systems at the neighborhood level ranging from grazing based to more confined, feed based operations. These findings offer important insights for pasture management, subsidy allocation policies and the formulation of rural development strategies.

To Cite: Özeler N, Demir AÖ., 2025. Yapay zeka destekli analiz ile Van İli İpekyolu İlçesi mahallelerinin ruminant hayvan varlığı ve mera kaynakları bakımından karşılaştırılması. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 5(2): 328-342.

Giriş

Kırsal hayvancılığın sürdürülebilirliğini sağlayan en temel unsurlardan biri, mera alanlarının etkin kullanımı ve hayvan yoğunluğu arasındaki dengenin korunmasıdır (Silanikove, 2000). Mera kaynaklarının aşırı kullanımı, toprak bozunumu, verim kaybı ve biyolojik çeşitlilikte azalmaya yol açarak üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmaktadır (Gerber ve ark., 2013; FAO, 2020). Geleneksel yöntemlerle bu dengenin değerlendirilmesi sınırlı bir görünürlük sağlarken (Wang ve ark., 2024), son yıllarda Yapay Zeka (YZ) destekli analiz yöntemleri, tarım ve hayvancılık sistemlerine yenilikçi çözümler getirmiştir (Kamilaris ve Prenafeta-Boldú, 2018). Özellikle kümeleme algoritmaları, farklı yapısal özelliklere sahip bölgelerin benzerlik temelli sınıflandırılmasını sağlayarak, yerel kalkınma stratejilerinin mikro düzeyde şekillendirilmesine olanak tanımaktadır (Xu ve Tian, 2015; Xie ve ark., 2021).

Yapay zeka tabanlı modeller, hayvan yoğunluğunu, mera kaynaklarının kullanımını ve işletme verimliliğini çok değişkenli yapılarla analiz etme imkanı sunmaktadır. Özellikle uzaktan algılama (remote sensing), bilgisayarla görme (computer vision) ve makine öğrenimi (machine learning) algoritmaları kullanılarak elde edilen desenler, kırsal planlamada önemli avantajlar sağlamaktadır (Nasirahmadi ve ark., 2017; Liakos ve ark., 2018). Örneğin, pasture suitability modelling, livestock movement optimization ve entegre üretim planlaması gibi konularda derin öğrenme temelli sistemler başarılı sonuçlar vermektedir (Bokani ve ark., 2025).

Bu çalışma, Van ili İpekyolu ilçesindeki mahallelerin tamamının TURKVET sisteminde kayıtlı Nisan 2025 tarihine ait ruminant hayvan varlığı ve mera dağılımını YZ destekli kümeleme ve uç değer analizleriyle inceleyerek, mekansal desenleri sınıflandırmayı amaçlamaktadır.

Materyal ve Metot

Çalışma Alanı ve Veri Kaynağı

Bu araştırma, Türkiye'nin doğusunda yer alan Van ili İpekyolu ilçesine bağlı, 33'ü meralı ve 10'u merasız toplam 43 mahalleyi kapsamaktadır. Söz konusu mahallelerin mera kapasitesi ve ruminant hayvan varlığının değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Veri seti, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı TURKVET sisteminden 2025 yılı Nisan ayında temin edilmiş, her mahalleye ait beş temel değişken analiz kapsamına alınmıştır:

- Mera alanı (hektar)
- Büyükbaş hayvan sayısı
- Küçükbaş hayvan sayısı
- Büyükbaş işletme sayısı
- Küçükbaş işletme sayısı

Bu değişkenler, hayvan yoğunluğu ile mera kapasitesi arasındaki dengenin mekansal düzeyde analiz edilmesine olanak tanımıştır.

Veri Temizleme ve Ön İşlemler

İstatistiksel analiz öncesinde kapsamlı bir veri temizleme süreci gerçekleştirilmiştir. Mera ile ilişkilendirilen analizlerde öncelikle mera alanı olmayan mahalleler veri seti dışı bırakılmıştır. Ardından, uç değerleri belirlemek için Tukey'in IQR (Interquartile Range) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, Q1 (birinci çeyrek) ve Q3 (üçüncü çeyrek) değerleri hesaplanarak, aralığın 1,5 katı dışında kalan gözlemler uç değer (outlier) olarak tanımlanmış ve analizden çıkarılmıştır (Tukey, 1977). Bu yaklaşım, veri dağılımındaki aykırı gözlemlerin merkezi eğilimleri bozmasının önüne geçmek amacıyla tercih edilmiştir. Uç değerlerin analiz dışı bırakılması, aykırı gözlemlerin gruplama sonuçlarını çarpıtmasının önüne geçmekte (Chu, 2011; Wang ve ark., 2024) ve kümeleme analizlerinin homojenliği ile istatistiksel geçerliliğini artırmaktadır (Leys ve ark., 2013).

Analitik Ortam ve Yazılım Araçları

Tüm analizler Python 3.10+ programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veri işleme, istatistiksel özetleme ve görselleştirme işlemleri aşağıdaki açık kaynak kütüphaneler aracılığıyla yürütülmüştür:

- pandas: Veri çerçevesi yönetimi, tanımlayıcı istatistik hesaplamaları
- matplotlib ve seaborn: Görsel sunumlar (boxplot, scatterplot, barplot)
- scikit-learn: Standartlaştırma işlemleri (StandardScaler), K-means kümeleme analizi

- `scipy.cluster.hierarchy`: Hiyerarşik kümeleme ve Ward yöntemi ile dendrogram üretimi
- `python-docx`: Otomatik Word raporları oluşturma

Bu yazılım araçları, çok değişkenli yapısal verilerin hem matematiksel hem de görsel olarak analiz edilmesine olanak tanımış ve karmaşık verilerin analitik modelleme ile görsel olarak sunulmasını (Witten ve ark., 2016; Kamilaris ve Prenafeta-Boldú, 2018) derin öğrenme ve makine öğrenmesi çalışmalarında olduğu gibi (Rico-Chávez ve ark., 2022) mümkün kılmıştır.

Kümeleme Analizleri ve Sınıflandırma Yaklaşımı

Araştırmada, mahalleler arası yapısal benzerliklerin belirlenmesi amacıyla iki farklı kümeleme algoritması uygulanmıştır:

1. K-means Kümeleme: Mahalleler, hayvan varlığı ve mera alanı gibi sayısal özellikler temelinde gruplandırılmıştır. Öncelikle veriler `StandardScaler` ile normalize edilmiş, ardından optimal küme sayısı “dirsek yöntemi (elbow method)” ile belirlenmiştir. K-means, homojen grupların oluşturulmasında etkili bir yapay öğrenme yöntemidir (Xu ve Tian, 2015; Witten ve ark., 2016).
2. Hiyerarşik Kümeleme: Ward yöntemiyle, mahalleler arası benzerlikler temelinde görsel olarak analiz edilmiş, dendrogram yardımıyla alt gruplar arasındaki yapısal ayrışma detaylandırılmıştır. Bu yöntem, özellikle mekansal kümelerin görsel olarak tanımlanmasında etkilidir (Xu ve Tian, 2015; Xie ve ark., 2021; Wang ve ark., 2024).

Görselleştirme ve Mekansal Desen Sunumu

Çalışmada tüm analiz sonuçları, karar vericiler için kolay yorumlanabilir olacak şekilde görselleştirilmiştir. Özellikle:

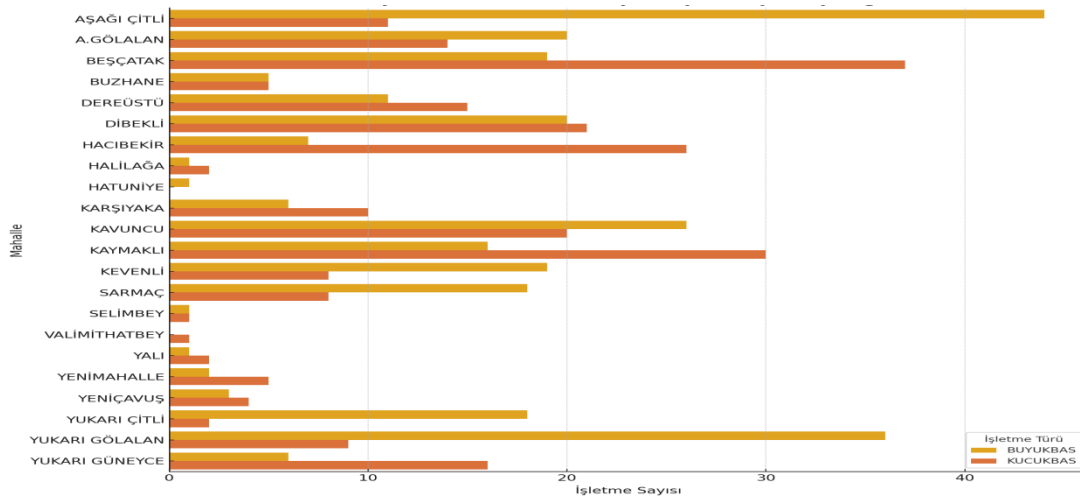
- Boxplot → Gruplar arası değişken dağılımlarının medyan ve yayılımını göstermiştir.
- Scatterplot → Mera alanı ve hayvan varlığı arasındaki doğrusal desenleri sunmuştur.
- Barplot → Mahallelerin toplam hayvan ve işletme sayılarını karşılaştırmalı sunmuştur.
- Dendrogram → Mekansal yapının hiyerarşik örüntülerini tanımlamıştır.

Bu görsel analizler, YZ örüntüleri görünür kılmadaki en güçlü araçlarından biridir (Nasirahmadi ve ark., 2017; Rico-Chávez ve ark., 2022).

Bulgular

Temel Tanımlayıcı İstatistikler ve Uç Değerler

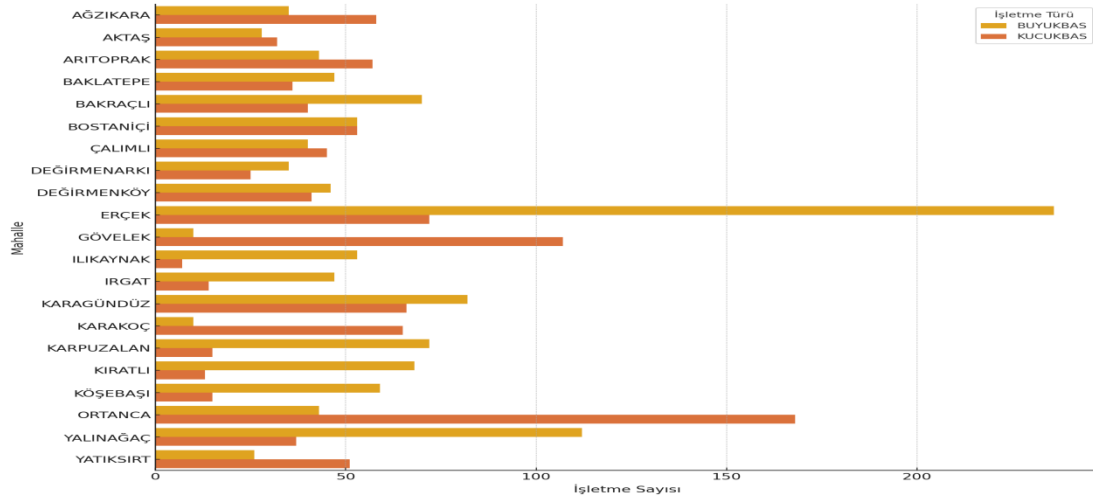
Veri seti üzerinde yapılan tanımlayıcı istatistik analizler, mahalleler arasında mera alanı, hayvan sayıları ve işletme yoğunluklarında önemli varyasyonlar olduğunu göstermiştir. Tüm mahalleler dikkate alındığında büyükbaş ve küçükbaş hayvanların oluşturduğu toplam işletme sayısının medyan değeri 56,0 olarak hesaplanmış ve bu değeri taşıyan mahallenin Beşçatak olduğu belirlenmiştir. Bu tür medyan eşleşmeleri, istatistiksel dağılımın merkezsel eğilimi hakkında güçlü bir gösterge sunmuştur (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. Medyan altı mahallelerde büyükbaş ve küçükbaş işletme dağılımı

Bu görsel, toplam işletme sayısı medyan değerinin altında kalan mahallelerde, büyükbaş ve küçükbaş işletme sayılarının dağılımını karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. Görsel incelendiğinde, bazı mahallelerde küçükbaş işletmelerin baskın olduğu, bazılarında ise büyükbaş işletmelerin ön plana çıktığı gözlenmektedir. Örneğin, Vali Mithatbey Mahallesinde yalnızca küçükbaş işletme bulunurken, Hatuniye Mahallesinde yalnızca büyükbaş işletme kayıtlıdır. Bu durum, kırsal hayvancılık yapısının homojen olmadığını ve tür tercihlerinin mahalle bazında önemli ölçüde farklılaştığını göstermektedir.

Bu farklılaşmanın temelinde coğrafi konumu ve üretim alışkanlıkları gibi yapısal faktörlerin yanında koşullara bağlı olarak çoğunlukla celepik hayvan yetiştirme tercihinin yattığı düşünülmektedir. Örneğin, Vali Mithatbey Mahallesi gibi yalnızca küçükbaş işletmeye sahip alanlar ile Hatuniye gibi yalnızca büyükbaş işletme barındıran mahallelerde, mera bulunmaması yada kapalı sistem besicilik alışkanlıklarının yerleşik olması, büyükbaş hayvancılığı ön plana çıkarmaktadır. Bu durum, mahallelerin fiziki çevre özelliklerinin ve yerel üretici tercihlerinin hayvansal üretim desenini doğrudan şekillendirdiğini göstermektedir.



Şekil 2. Medyan üstü mahallelerde büyükbaş ve küçükbaş işletme dağılımı

Görselde toplam işletme sayısı medyan değer üzerinde olan mahallelerdeki büyükbaş ve küçükbaş işletme sayıları sunulmaktadır. Dikkat çeken temel bulgu, işletme sayısının medyan üstü olduğu mahallelerde medyan altı mahallelere göre tür bazında daha dengeli bir dağılımın ortaya çıkmasıdır. Birçok mahallede hem büyükbaş hem de küçükbaş işletmeler birlikte bulunmaktadır ve bunlar genellikle benzer sayılara sahiptir. Bu mahallelerin daha gelişmiş, yoğun üretim sistemlerine sahip olduğu ve hem küçükbaş hem de büyükbaş hayvancılığı entegre biçimde yürüttüğü tahmin edilmektedir. Ayrıca büyükbaş hayvan sayısı bakımından üç mahalle uç değer (outlier) olarak tanımlanmış ve bu mahalleler analiz dışı bırakılmıştır. Bu durum, söz konusu mahallelerde hayvan varlığının diğerlerine kıyasla istatistiksel olarak çok yüksek olduğunu ve genel kümelenme yapısını bozabileceğini ortaya koymuştur. Küme 0: Geniş meraya sahip küçükbaş ağırlıklı mahalleleri, Küme 1: Dengeli yapıya sahip mahalleleri, Küme 2: Büyükbaş yoğunluğu yüksek ancak merası sınırlı alanları kapsamaktadır (Tablo 1).

Küme 0: Bu kümede küçükbaş hayvan sayısı belirgin biçimde yüksektir ve mera varlığı da oldukça fazladır. Buna karşılık büyükbaş hayvan sayısı oldukça düşüktür. Bu yapı, küçükbaş hayvancılığın yoğun biçimde yapıldığı ve otlatmaya dayalı mera temelli sistemlerin hakim olduğu mahalleleri temsil etmektedir.

Küme 1: Büyükbaş hayvan sayısı düşük olmakla birlikte mera varlığı yüksektir. Buna karşın küçükbaş hayvan sayısı oldukça sınırlıdır. Bu yapı, hayvancılığın meraya dayalı besleme sistemlerinin kullanıldığı bölgeleri işaret etmektedir.

Küme 2: Bu kümede mera alanı diğer kümelere kıyasla sınırlıdır. Bu durum, hayvancılık faaliyetlerinin görece daha zayıf olduğu, belki de kentsel yakınlığı olan veya başka ekonomik faaliyetlerin ön planda olduğu mahalle yapısına işaret etmektedir.

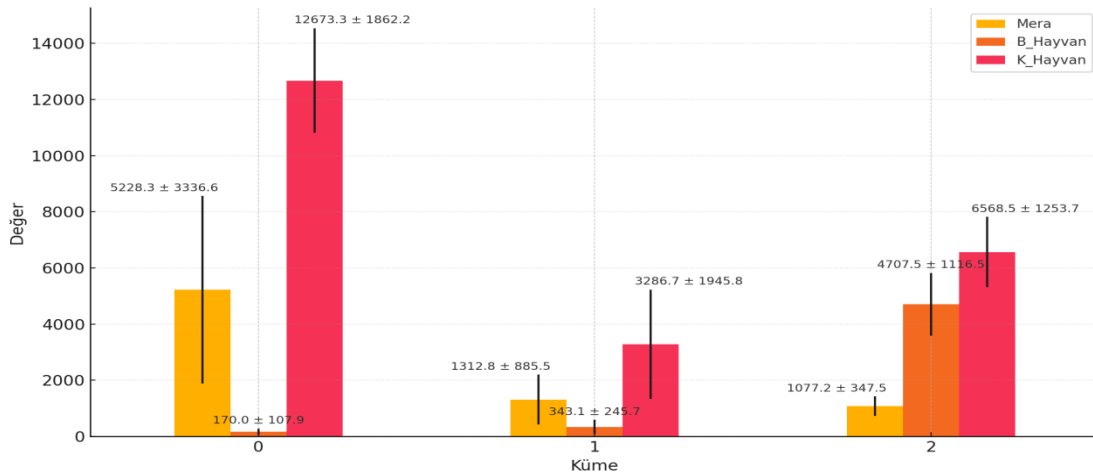
Tablo 1. Büyükbaş hayvan sayısı bakımından kümeleme analizi sonuçları

Küme	Mahalle	Mera (ha)	Büyükbaş sayısı	İşletme	Büyükbaş sayısı	hayvan	Küçükbaş sayısı	İşletme	Küçükbaş sayısı	hayvan
0	Bostaniçi*	621.16	53		1073**		53		14571	
	Aritoprak	2665.56	43		259		57		10937	
	Gövelek	4018.31	10		50		107		12443	
	Ortanca	9001.17	43		201		168		14640	
1	Yukarı Çitli	0.20	18		499		2		10	
	Karpuzalan	130.47	72		438		15		2937	
	Değirmenarkı	356.25	35		519		25		3237	
	Kıratlı	436.79	68		727		13		1076	
	Baklatepe	457.39	47		540		36		4045	
	A.Gölalan	588.40	20		211		14		2366	
	Dereüstü	619.88	11		145		15		2493	
	Sarmaç	668.75	18		72		8		634	
	Kavuncu	707.13	26		179		20		1561	
	Dibekli	803.40	20		139		21		3430	
	Aşağı Çitli*	854.76	44		1574**		11		2204	
	Kevenli	883.96	19		125		8		2350	
	Ilıkaynak	1107.87	53		454		7		978	
	Aktaş	1140.76	28		943		32		3605	
	Köşebaşı	1302.80	59		446		15		1270	
	Beşçatak	1460.24	19		75		37		2825	
	Kaymaklı	1467.47	16		121		30		3565	
	Değirmenköy	1597.88	46		192		41		3978	
	İrgat	1828.95	47		461		14		1512	
	Ağzıkara	1912.69	35		271		58		5044	
	Yukarı	2011.17	6		34		16		6997	
	Güneyce									
	Karagündüz*	2152.54	82		1623**		66		7063	
	Yukarı Gölalan	2192.07	36		439		9		4562	
	Çalımlı	2558.44	40		517		45		5175	
	Yatıksirt	2652.38	26		248		51		7068	
	Bakraçlı	2697.21	70		750		40		5223	
	Karakoç	3237.49	10		32		65		6227	
2	Erçek	831.48	236		3918		72		7455	
	Yalınağaç	1322.85	112		5497		37		5682	

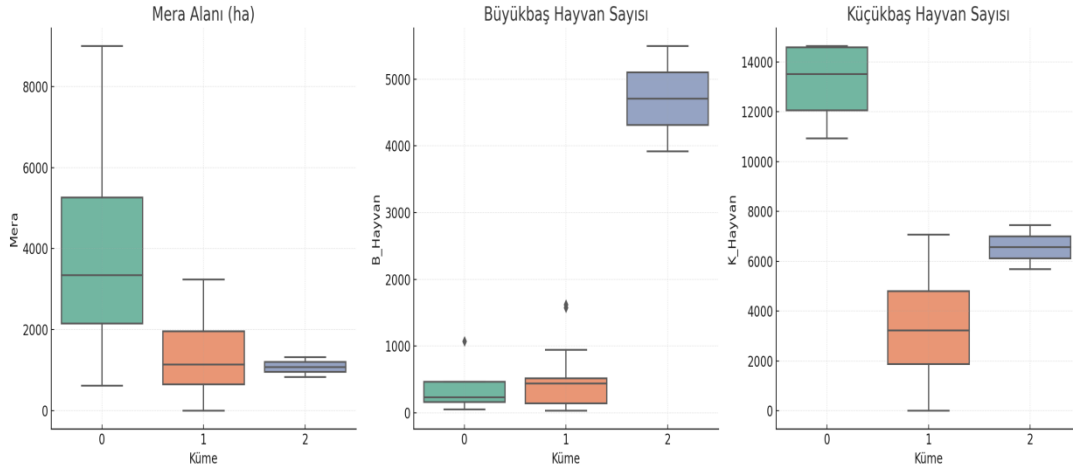
**Büyükbaş hayvan sayısı bakımından *Uç değer olarak belirlenen ve analiz dışı bırakılan mahalleler

Kümeleme Analizleri ve Mekânsal Sınıflandırma

Mahallelerin benzer özellik gösteren gruplara ayrılması, üretim yapısının desenlerini daha görünür hale getirmiştir. Aşağıda sunulan her bir küme için büyükbaş hayvan sayısı, küçükbaş hayvan sayısı ve toplam mera alanını ortalamalarını karşılaştırmalı olarak sunmaktadır (Şekil 3).

**Şekil 3.** Mahallelerin (uç değerler hariç) ortalama değerleri

Kümelerin bir başka ifade biçimi aşağıda Boxplot olarak sunulmuştur (Şekil 4).

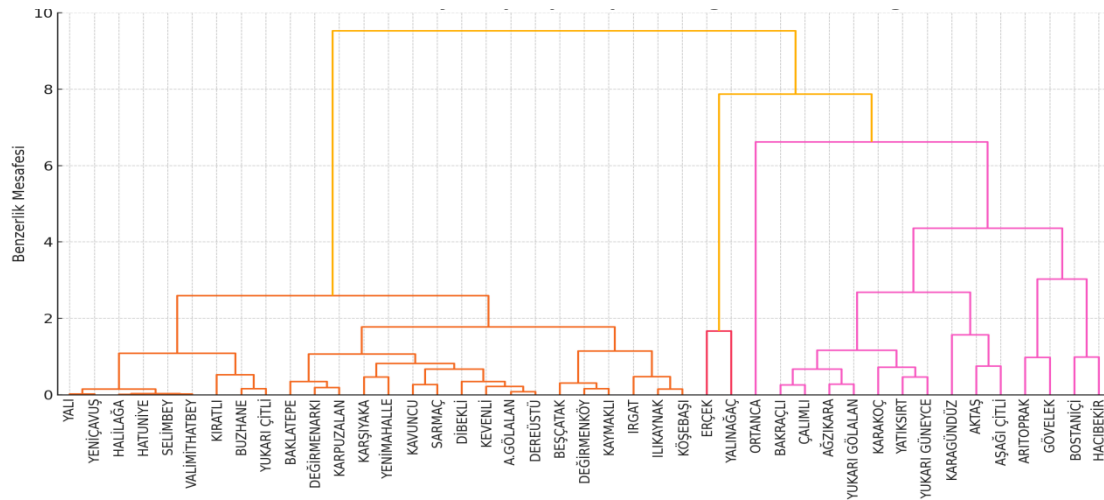


Şekil 4. Kümelere göre değişkenlerin dağılımı

Bu kümeler hem renk kodlamalarıyla hem de boxplot grafiklerinde belirgin şekilde ayrılmıştır. Görsel analizler, kümeler arası dağılım farklarını netleştirerek, mahallelerin hayvancılık yapısına dayalı sınıflandırılmasını kolaylaştırmıştır. Özellikle Küme 2'deki yoğunlaşma, destekleme politikalarının bu bölgelere daha dikkatli uygulanması gerektiğine işaret etmektedir.

Hiyerarşik Kümeleme ve Yapısal Farklılıklar

Mahallelerin hayvancılık ve mera göstergeleri, Ward yöntemi ile yapılan hiyerarşik kümeleme analizine tabi tutulmuş ve sonuçlar dendrogram (ağaç diyagramı) formunda görselleştirilmiştir. Dendrogramda, benzerlik düzeylerine göre mahalleler gruplandırılmış; özellikle Küme 0 ve Küme 2 mahalleleri arasında yapısal olarak anlamlı ayrımlar gözlemlenmiştir (Şekil 5).



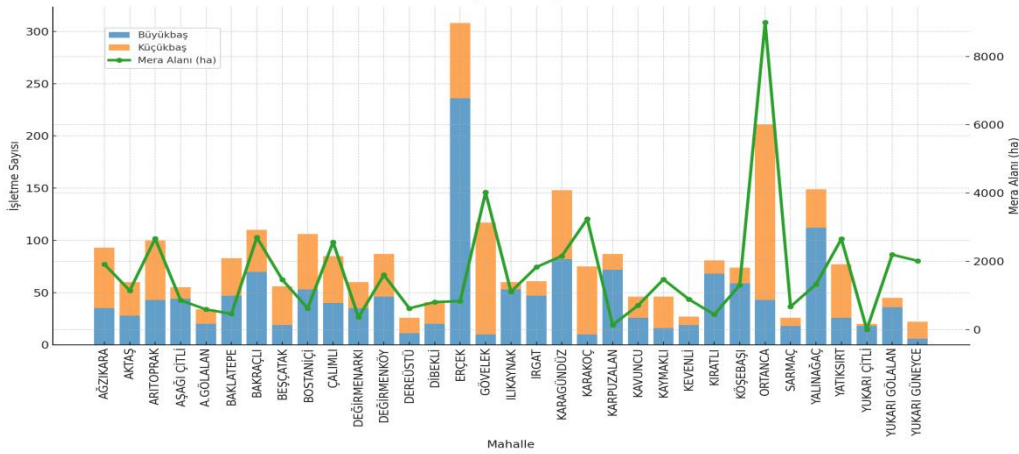
Şekil 5. Mahallelerin mera, büyükbaş ve küçükbaş benzerliğine göre dendrogramı

Ağaç yapısında gözlemlenen ayrımlar, hem hayvan türü yoğunluğu (büyükbaş ve küçükbaş) hem de mera kapasitesi açısından dikkat çekici örüntüler sunmuştur. Düşey eksenle kümeler arasındaki uzaklıkların görselleştirilmesi sayesinde, mahallelerin benzerlik düzeylerine göre sınıflanması karar vericiler için oldukça sezgisel hale gelmiştir.

Bu analiz, klasik K-means sınıflandırmasının ötesinde, mahalleler arası doğal hiyerarşiyi ve alt grup yapısını da açığa çıkarmıştır. Özellikle benzer özelliklere sahip ancak farklı kümelerde yer alan sınır mahallelerin belirlenmesi, yerel yönetimler için stratejik planlama fırsatları yaratmaktadır.

Hayvan Varlığı ve İşletme Dağılımına Dayalı Görsel Karşılaştırmalar

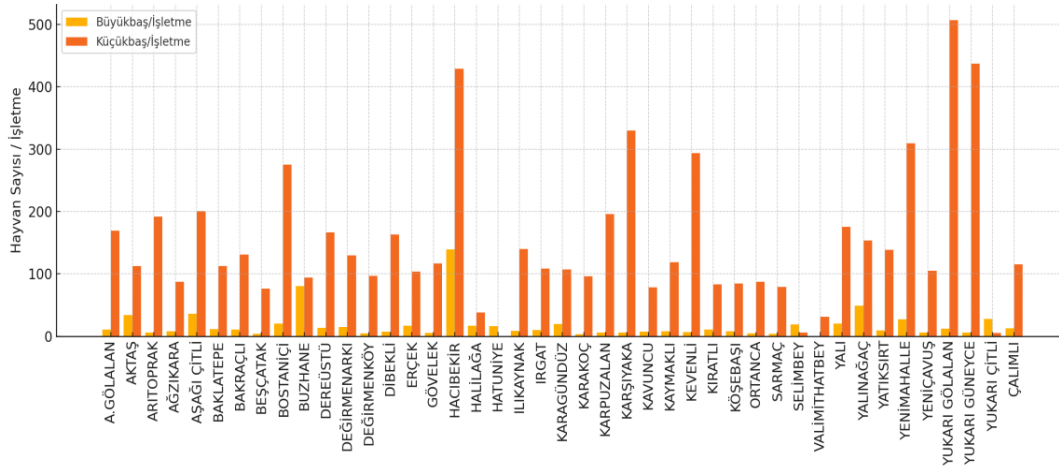
Hayvancılık faaliyetlerinin mekansal yoğunluğunu daha net ortaya koymak amacıyla, mahalle düzeyinde hayvan varlığı ve işletme sayıları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Aşağıdaki grafikte, mahalle bazında işletme sayısı ve mera alanı karşılaştırması, bölgesel üretim desenlerinin çeşitliliğini ve yapısal farklılıkları gözler önüne sermektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Mahalle bazında işletme sayısı ve mera alanı

Mera alanı olan mahallelerin işletme sayıları bakımından oldukça farklı yapılar sergilediği görülmektedir. Ortanca ve Yukarı Gölalan gibi bazı mahallelerde mera alanı geniş olmasına rağmen işletme sayısı görece azdır. Diğer yandan Erçek, Karagündüz, Yalınağaç ve Bostaniçi gibi mahallelerde mera alanı az olmasına rağmen işletme sayıları fazladır.

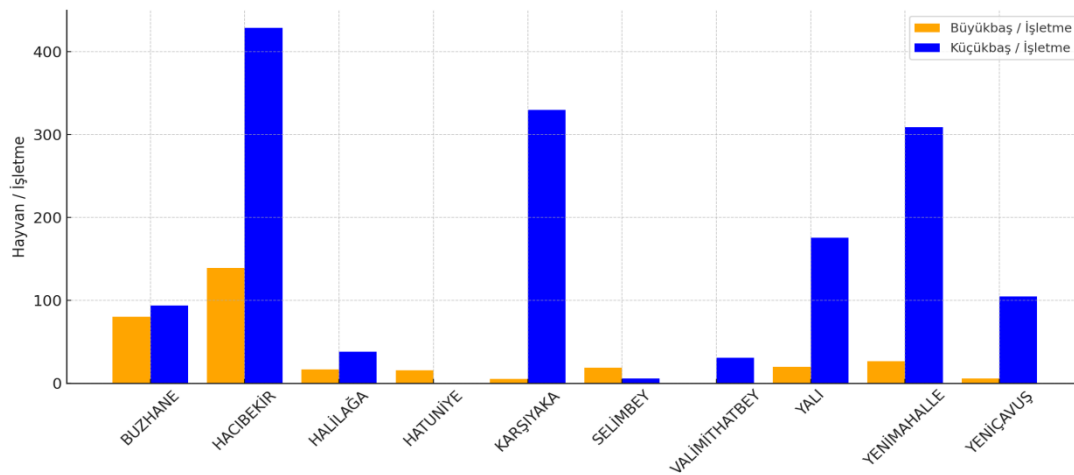
Mahalle düzeyinde yapılan karşılaştırmalı barplot analizleri, hayvan türlerine (büyükbaş ve küçükbaş) ve işletme sayılarına göre dikkat çekici dağılımlar ortaya koymuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Mahallelerin işletme başına hayvan sayısı

İşletme başına küçükbaş hayvan sayısının en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Yukarı Gölalan, Yukarı Güneyce ve Hacıbekir'dir. Bu durum, küçükbaş hayvanların daha az sayıda büyük işletmelerde yoğunlaştığını düşündürmektedir. Diğer yandan işletme başına büyükbaş hayvan sayısının en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Hacıbekir, Buzhane ve Yalinağaç'tır.

Büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin sadece meraya dayalı olarak değil, aynı zamanda kapalı veya yarı kapalı sistemlerde de sürdürüldüğü bilinmektedir. Bu bağlamda, mera alanı olmayan mahallelerde yürütülen hayvancılık faaliyetlerinin işletme yoğunluğu açısından nasıl bir yapı sergilediğini analiz etmek önemlidir. Aşağıda sunulan grafik, mera alanı olmayan mahallelerde büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlıklarının işletme başına düşen oranlarını karşılaştırmalı biçimde sunmakta ve bu yerleşimlerdeki üretim ölçeği hakkında önemli ipuçları vermektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Mera alanı olmayan mahallelerde işletme başına hayvan sayısı

Grafikte sunulan bulgular, mera alanı olmayan mahallelerde işletme başına düşen hayvan sayısının genellikle düşük ila orta düzeyde seyrettiğini göstermektedir. Bu durum, kapalı sistem hayvancılığın daha küçük ölçekli, aile işletmeleri düzeyinde sürdürüldüğünü düşündürmektedir. Özellikle küçükbaş hayvancılıkta bazı mahallelerde işletme başına hayvan sayısının yüksek olduğu görülse de, büyükbaş hayvancılık genellikle daha dağınık ve düşük yoğunlukta yürütülmektedir. Bu yapı, yem temelli üretimin maliyet baskısıyla sınırlı kaldığını ve mera alanı olmayan mahallelerde hayvancılığın daha düşük kapasiteli işletmeler tarafından sürdürüldüğünü ortaya koymaktadır. Bulgular, destekleme ve altyapı politikalarının bu tür mahallelerde ölçek büyütme ve yem temini kolaylaştırma hedefiyle yeniden şekillendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Bu sunum biçimi, mikro bölgesel analizler açısından karar vericilere önemli ipuçları sunmaktadır. Örneğin, benzer işletme sayılarına sahip ancak farklı kümelerle düşen mahalleler, yerel politika geliştirme açısından yeniden değerlendirilmesi önerilir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, Van ili İpekyolu ilçesine bağlı mahallelerde mera alanı ve ruminant hayvan varlığına ilişkin mekansal örüntüleri, istatistiksel ve YZ destekli analiz yöntemleriyle ortaya koymuştur. Bulgular, mera alanı ile hayvan yoğunluğu arasında belirgin bölgesel farklılıklar bulunduğunu göstermiştir. Özellikle, küçükbaş hayvan varlığının yüksek olduğu mahallelerin daha geniş mera alanlarına sahip olması, türlerin ekolojik ihtiyaçlarıyla uyumlu bir dağılıma işaret etmektedir ki bu beklenen bir sonuçtur. Bu durum, yaygın otlatma sistemlerinde mera varlığının küçükbaş hayvancılık için kritik bir kaynak olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır (Silanikove, 2000). Bu çalışma, bilinen ekolojik ilişkileri yeniden teyit etmekle kalmayıp, YZ destekli analizlerle bu ilişkilerin mekânsal örüntülerini yüksek çözünürlükte ve veri odaklı biçimde görünür kılarak, politika geliştirme süreçlerine uygulanabilir bir model sunmaktadır.

Buna karşın, bazı mahallelerde büyükbaş hayvan sayısı oldukça yüksek olmasına rağmen, mera alanlarının sınırlı olduğu görülmüştür. Bu yapı, yem temelli kapalı sistem hayvancılığın bölgesel ölçekte yaygın olduğunu düşündürmektedir. Literatürde, bu tür yapıların yem tüketimini artırdığı, su ayak izini büyüttüğü ve çevresel baskıyı yükselttiği bildirilmektedir (Mekonnen ve Hoekstra, 2012; Gerber ve ark., 2013). Bu nedenle, bölgesel hayvan varlığı planlamasında yalnızca numerik hayvan verileri değil, mera taşıma kapasitesi de dikkate alınmalıdır.

Klasik analiz yöntemleri çoğunlukla sabit varsayımlara (örneğin doğrusal ilişki, normal dağılım) dayanırken; YZ tabanlı yaklaşımlar, veri setinin içsel yapısına uyum sağlayan esnek modelleme teknikleriyle karmaşık ilişkileri keşfetme imkanı sunar (Kamilaris ve Prenafeta-Boldú, 2018). Özellikle makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları, yüksek değişkenliğe sahip hayvancılık verilerinde kümelenme, sınıflandırma ve tahminleme performansı açısından klasik çok değişkenli analizlerin ötesine geçmektedir (Liakos ve ark., 2018). Ayrıca YZ destekli görsel analizler (örneğin dendrogramlar, çoklu değişkenli ısı haritaları), karar vericiler için yorumlaması daha kolay ve sezgisel çıktı üretmektedir (Xie ve ark., 2021). Bu yönleriyle YZ tabanlı analizler, hayvancılık sistemlerinin mekânsal planlamasında klasik tekniklere kıyasla daha bütüncül ve dinamik bir karar destek altyapısı sunmaktadır. YZ tabanlı sınıflandırmalar, mekansal heterojenliği sayısallaştırarak bölgesel karar alma süreçlerini optimize etmeye de olanak tanımaktadır (Kamilaris ve Prenafeta-Boldú, 2018; Liakos ve ark., 2018).

Yapay zekâ destekli analizler, geleneksel yöntemlerle görünür olmayan yapısal örüntülerin belirlenmesinde çarpıcı bir rol oynamıştır. K-means kümeleme algoritması kullanılarak mahalleler üç gruba ayrılmış; bu gruplar hem hayvan türü baskınlığına hem de mera kapasitesine göre ayrıştırılmıştır.

Ayrıca, hiyerarşik kümeleme (Ward yöntemi) ile mahallelerin benzerlik düzeyleri dendrogram üzerinde görselleştirilmiş, kümeler arası mesafeler net şekilde ortaya konmuştur. Görselleştirmenin analitik sürece entegrasyonu, karar vericiler için model çıktılarının daha kolay anlaşılmasını sağlamıştır (He ve Zhang, 2021). Özellikle YZ destekli görsel analizler, çok değişkenli yapıları sadeleştirerek veri odaklı kırsal planlamaların temelini oluşturmaktadır (Xie ve ark., 2021).

Bulgular ayrıca, uç değer tespitinin modelin doğruluğu açısından ne denli önemli olduğunu da göstermiştir. İstatistiksel olarak aykırı mahallelerin (örneğin büyükbaş hayvancılığın aşırı yoğunlaştığı bölgeler) analiz dışı bırakılması, kümelerin daha homojen hale gelmesini sağlamış, bu da gruplar arası karşılaştırmaları istatistiksel olarak anlamlı kılmıştır (Tukey, 1977; Leys ve ark., 2013).

Yapay zeka destekli mekânsal analizlerin hayvan yetiştirme ve besleme süreçlerine entegre edilmesi, kaynakların daha verimli kullanımını ve üretim stratejilerinin optimize edilmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle mera kapasitesine göre hayvan yoğunluğunun belirlenmesi, yetersiz otlatma ya da aşırı otlatma riskini azaltarak mera sürdürülebilirliğini korumaya yardımcı olur (Boval ve Dixon, 2012). Aynı zamanda, kümelenmiş mahalle profilleri sayesinde bölgeye özgü yem yönetim planları geliştirilebilir; bu da hem yem maliyetlerinin düşürülmesine hem de hayvan refahının artırılmasına katkı sağlar (Tedeschi, 2006). Bu tür

teknolojik yaklaşımlar, yalnızca mevcut kaynakların korunmasını değil, aynı zamanda iklim değişikliğine uyumlu, çevresel etkileri minimize eden üretim sistemlerinin tasarlanmasını da kolaylaştırmaktadır (Rivera-Ferre ve ark., 2016).

Elde edilen bulgular, yalnızca İpekyolu ilçesi için değil, benzer coğrafi ve sosyo ekonomik yapıya sahip kırsal bölgeler açısından da örnek teşkil edecek niteliktedir. Mera alanı ile hayvan yoğunluğu arasındaki dengesizliklerin mekânsal olarak ortaya konması, hayvancılık destekleme programlarının daha hedef odaklı ve etkili biçimde planlanmasına katkı sunabilir. Özellikle uç değerlerin tespit edilmesi ve kümeler arası yapısal farklılıkların görselleştirilmesi sayesinde, küçük ölçekte dahi yüksek çözünürlüklü, veri temelli politika önerileri geliştirilebilmektedir. Bu bağlamda, çalışmada uygulanan yapay zeka destekli kümeleme ve uç değer analiz yaklaşımları, Türkiye'nin diğer kırsal ilçelerine kolaylıkla uyarlanabilir yapıda olup, yerel düzeyde hayvan varlığı yönetimi, mera tahsisi, destekleme önceliklendirmesi ve altyapı yatırımları gibi stratejik karar süreçlerine doğrudan entegre edilebilir. Sonuç olarak, bu çalışma yalnızca mevcut durumun fotoğrafını çekmekle kalmamış, aynı zamanda YZ temelli analizlerle gelecekteki müdahale alanlarının belirlenmesine de katkı sunmuştur. Mera planlaması, hayvan destekleme stratejileri ve sürdürülebilir üretim sistemleri tasarımı açısından, bu tür teknolojik analizlerin karar destek sistemlerine entegrasyonu önerilmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar isim sırasına göre %30 ve %70 oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynaklar

Bokani A, Yadegaridehkordi E, Kanhere SS., 2025. LSTM-H: A hybrid deep learning model for accurate livestock movement prediction in UAV-based monitoring systems. Drones, 9(5): 346.

Boval M, Dixon RM., 2012. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. Animal, 6(5): 748–762.

Chu SP., 2011. Spatial outlier detection in precision agriculture. Master's thesis, Library and Archives Canada.

FAO., 2020. Overcoming water challenges in agriculture. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6e2d2772-5976-4671-9e2a-0b2ad87cb646/content>

Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, Tempio G., 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. FAO.

Kamilaris A, Prenafeta-Boldú FX., 2018. Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147: 70–90.

Leys C, Ley C, Klein O, Bernard P, Licata L., 2013. Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49(4): 764–766.

Liakos KG, Busato P, Moshou D, Pearson S, Bochtis D., 2018. Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8): 2674.

Mekonnen MM, Hoekstra AY., 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3): 401–415.

Nasirahmadi A, Edwards SA, Sturm B., 2017. Implementation of machine vision for detecting behaviour of cattle and pigs. *Livestock Science*, 202: 25-38.

Rico-Chávez AK, Franco JA, Fernandez-Jaramillo AA, Contreras-Medina LM, Guevara-González RG, Hernandez-Escobedo Q., 2022. Machine learning for plant stress modeling: A Perspective towards hormesis management. *Plants (Basel)*, 11(7): 970.

Rivera-Ferre MG, López-i-Gelats F, Howden M, Smith P, Morton J, Herrero M., 2016. Re-framing the climate change debate in the livestock sector: mitigation and adaptation options. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(6): 869-892.

Silanikove N., 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research*, 35(3): 181-193.

Tedeschi LO., 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agricultural Systems*, 89(2–3): 225-247.

Tukey JW., 1977. *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley Publishing Company Reading, Mass. Menlo Park, Cal., London, Amsterdam, Don Mills, Ontario, Sydney 1977, XVI, 688 S.

Wang H, Song C, Wang J, Gao P., 2024. A raster based spatial clustering method with robustness to spatial outliers. *Scientific Reports*, 14: 4103.

Witten IH, Frank E, Hall MA, Pal CJ., 2016. *Data mining: Practical machine learning tools and techniques (4th ed.)*. Morgan Kaufmann.

Xie Y, Shekhar S, Li Y., 2021. Statistically robust clustering techniques for mapping spatial hotspots: A survey. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2103.12019>

Xu R, Tian Y., 2015. A comprehensive survey of clustering algorithms. *Annals of Data Science*, 2(2): 165–193.