

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Van Gölü Sahil Şeridindeki Zooplankton Populasyon Yoğunluğu Değişiminin Doğrusal Olmayan Regresyon Yöntemleri Kullanılarak İncelenmesi

Suna ERDİNÇ, Abdullah YEŞİLOVA*, Gazel SER

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Van, Türkiye
*e-posta: yesilova@yyu.edu.tr; Tel: +90 (432) 444 50 65 / 22641

Özet: Bu çalışmada, sayıma dayalı olarak elde edilen zooplankton sucul böcek sayımlarının modellenmesinde Poisson ve negatif binomial regresyonlarının uygulaması amaçlanmıştır. Sayımla elde edilen veri setlerinde genellikle aşırı yayılım nadiren de az yayılım görülmektedir. Böyle durumlarda, aşırı yayılımı modelleyen negatif binomial regresyon sonuçları, yorumlamada esas alınmaktadır. Çalışmada, aşırı yayılım her iki regresyon modelinde de farklı parametre tahminleri ve standart hataların elde edilmesine neden olmuştur. Negatif binomial regresyonda, model alınan tüm bağımsız değişkenlerin zooplankton sucul böcek sayımları üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Haraba istasyonu referans düzeyi olarak kabul edildiğinde, en çok zooplankton sucul böcek sayımları Yolçatı istasyonunda (7.972 kat daha fazla), en az zooplankton sucul böcek sayımları ise Çarpanak istasyonunda (%99.59 daha az) olarak elde edilmiştir ($p<0.01$). Eylül ayı referans düzeyi olarak kabul edildiğinde, ağustos ayındaki zooplankton yoğunluğu diğer aylara nazaran daha yüksek bulunmuştur ($p<0.01$). Sonuç olarak; aşırı yayılımın önemli bir etkiye sahip olmasından dolayı, negatif binomial regresyon Poisson regresyondan daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Aşırı yayılım, Negatif binomial regresyon, Poisson regresyonu, Zooplankton sayımları

Using The Poisson and Negative Binomial Regression Modeling of Zooplankton Aquatic Insect Count Data

Abstract: The aim of this study was to use for Poisson and negative binomial regressions in the modelling of zooplankton aquatic insect counts. Poisson regression is frequently used to analyze for dependent variable based on count data. In data sets, generally overdispersion is seen. In such cases, applying Poisson regression causes biased parameter estimations and standart errors. When there is overdispersion in data set, it is better to use negative binomial regression model. In negative binomial regression model, parameter estimations are obtained by considering the effect that stems from overdispersion. The overdispersion and zero-inflated parameter levels range was obtained to be quite high. All of the dependent variables were statistically significant on zooplankton aquatic insect counts ($p<0.01$) in the negative binomial regression. In the case of station of Haraba was taken as the reference level, most zooplankton aquatic insect counts was at the Yolcati station (7.972 times more), while at least zooplankton aquatic insect counts was at the Çarpanak station (99.59% less) ($p<0.01$). In the case of month of september was taken as the reference level, zooplankton density in August was found to be higher compared to other months ($p<0.01$). Because of the overdispersion had a significant effect, negative binomial regression was better results than the Poisson regression.

Keywords: Overdispersion, Negative binomial regression, Poisson regression, Numbers of zooplankton

Giriş

Aynı ekosistemi paylaşan çok sayıda organizmanın sayısal bolluğu türden türe çok farklı seviyelerde ve birçok faktöre bağlı olarak sürekli bir değişim içindedir. Kaynakların ve abiotik çevrenin heterojen yapısı nedeniyle organizmaların yaşam döngüleri içinde sayıma dayalı akar sayımları olarak elde edilirler (Yeşilova ve ark. 2011). Bununla birlikte, eriophyoid akar sayımları sıcaklığa bağlı olarak değiştiğinden dolayı belli sıcaklıklarda bu sayı artarken, sıcaklığın düştüğü aylarda ise azalmaktadır (Kasap 2010).

Böylece, akar sayımları arasında çok büyük farklılıklar söz konusu olmaktadır. Bilindiği gibi sayıma dayalı olarak elde edilen veriler Poisson dağılışı göstermektedir. Bağımlı değişkenin Poisson dağılışı gösterdiği durumda genelleştirilmiş doğrusal modelleri (generalized linear models=GLM) esas alan Poisson regresyonu (Poisson regression=PR) kullanılmaktadır (Frome ve ark. 1973; Nelder ve Wedderburn 1997). GLM’de, veri setinin orijinal yapısı üzerinde her hangi bir varsayıma gerek duyulmadan, üssel formda tanımlanmaktadır. GLM’de bağımlı değişkenin göstermiş olduğu dağılışa uygun bir link fonksiyonu kullanılarak regresyon analizi uygulanmaktadır. Poisson ve negatif binomial regresyonlar (NBR) için log link fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu tip doğrusal olmayan modellerde normallik varsayımı aranmadığından dolayı, veri setinin orijinal yapısı üzerinden herhangi bir işlem yapmaksızın olduğu gibi analiz edilmektedir. Bu durumda, tüm gözlemlerin olduğu gibi kullanılması elde edilen sonuçların tutarlılığı açısından oldukça önemlidir. Poisson dağılışının en temel özelliği ortalaması ile varyansının birbirine eşit olmasıdır. Bu eşitliğinin sağlanamaması durumunda aşırı yayılım (varyans>ortalama) ve az yayılım (varyans<ortalama) görülmektedir (Cox 1983). Ancak sayımla elde edilen bağımlı değişken çok geniş bir aralıkta değiştiği için genellikle aşırı yayılım (overdispersion) gözlenmektedir (Cox 1983; Dean 1992).

Bağımlı değişkende aşırı yayılım söz konusu olduğunda, Poisson regresyonun kullanılması doğru olmayan parametre tahmin değerleri ve standart hataların elde edilmesine neden olmaktadır. Bağımlı değişkende meydana gelen aşırı yayılımın etkisini gideren yöntemlerden biri negatif binomial regresyondur (Hilbe 2007). Veri setinde, aşırı yayılım olup olmadığını belirlemek için devians (deviance) uyum iyiliği istatistiği yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Van Gölü sahil şeridindeki zooplankton populasyon yoğunluğu değişimi üzerine fiziko-kimyasal çevresel koşulların etkilerinin belirlenmesinde, uygun doğrusal olmayan regresyon yönteminin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmaya ait veriler Van Gölü kıyı şeridinde üç farklı karakterde toplam 20 örnekleme istasyonunda 2005-2006 yılında yürütülen çalışmadan elde edilmiştir. Örnekleme 2005 yılında Temmuz-Eylül, 2006 yılında da Mayıs-Eylül aylarında aylık periyotlarla yapılmıştır. Örnekleme istasyonları akarsu giriş noktaları (6 istasyon), yerleşim alanları (7 istasyon) ve doğal alanlar (7 istasyon) olarak seçilmiştir. Bu istasyonlarda zooplankton sucul böcek sayımları yapılmıştır. Ayrıca, göl suyunun anlık sıcaklık değeri ve alınan suyun pH değeri hemen ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Alınan örneklerden Klor (Cl⁻), Karbonat (CO₃⁻²), Bikarbonat (HCO₃⁻), Magnezyum (Mg⁺²) ve Demir (Fe) değerlerine bakılmıştır.

Yöntem

Çalışmada, modele zooplankton sucul böcek sayımları bağımlı değişken; yıllar, istasyonlar, pH, klor (Cl⁻), karbonat (CO₃⁻²), bikarbonat (HCO₃⁻), magnezyum (Mg⁺²) ve demir (Fe) değerleri de bağımsız değişken olarak alınacaktır. Söz konusu model aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\log(\text{zooplankton}) = b_0 + b_1 * \text{yıl} + b_2 * \text{ay} + b_3 * \text{bölge} + b_4 * \text{Ph} + b_5 * \text{Clo} + b_6 * \text{Co}_3 + b_7 * \text{Hco} + b_8 * \text{Mg} + b_9 * \text{Fe} \quad (1)$$

Poisson regresyonu

Poisson regresyonunda, ilgilenilen olayın gözlenen sayısı olan Y_i bağımlı değişkenin Poisson dağılışına sahip olduğu varsayılmaktadır. Poisson ortalaması olan μ ’nün logaritmasının, bağımsız değişkenlerin bir doğrusal fonksiyonu olduğu varsayılmaktadır (Stokes ve ark. 2000; SAS 2015). PR’de, parametre tahmini en çok olabilirlik yöntemi (Maximum likelihood estimation=ML) kullanılarak elde edilmektedir. Doğrusal olmayan PR modeli için olabilirlik fonksiyonu (likelihood function),

$$\ln L = \sum_{i=1}^n [-\lambda_i + y_i x_i' \beta - \ln y_i!] = \sum_{i=1}^n [-e^{x_i' \beta} + y_i x_i' \beta - \ln y_i!] \quad (2)$$

biçiminde yazılabilir. Eşitlik 2'de, bilinmeyen parametreler en çok olabilirlik yöntemi kullanılarak aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$\frac{\partial L}{\partial \beta} = -\sum_{i=1}^n [\mathbf{x}_i [e^{x_i' \beta} - y_i]] = 0$$

Negatif binomial regresyon

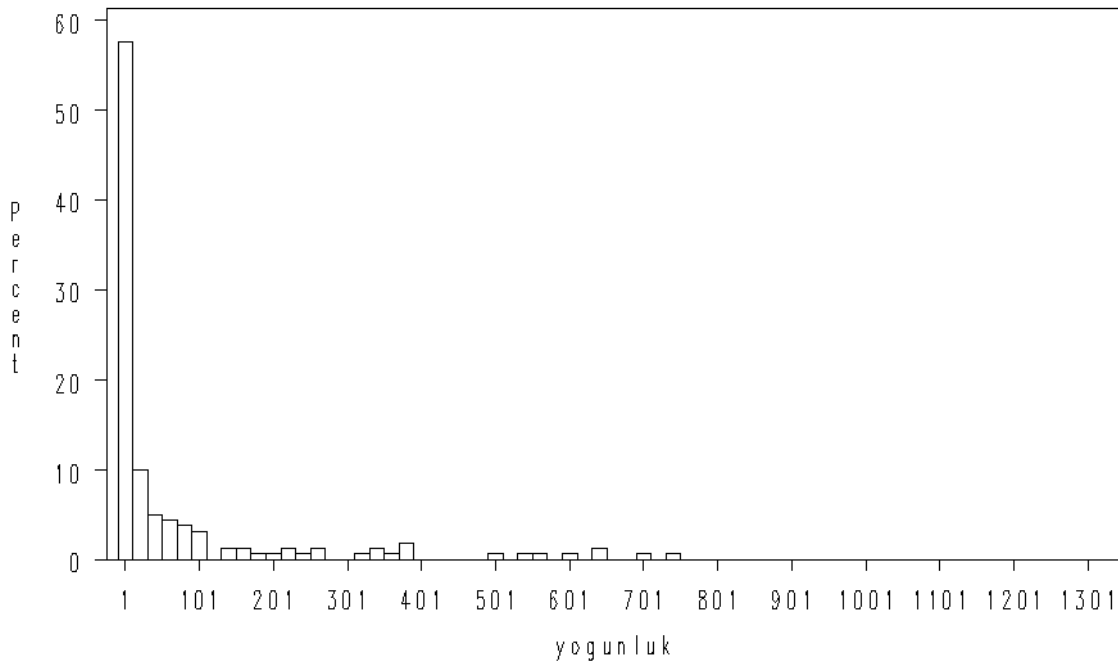
Negatif binomial regresyon modeli aşağıdaki gibi verilebilir (Hilbe 2007).

$$P(Y = y | X_1, X_2, X_3, k) = \frac{\Gamma(y+k)}{\Gamma(k)\Gamma(y+1)} \left(\frac{k}{k+\mu}\right)^k \left(\frac{\mu}{k+\mu}\right)^y \quad y = 0,1,2,\dots \quad (3)$$

Eşitlik 3'te, aşırı yayılım derecesini gösteren yardımcı parametredir ve k pozitif bir değer olarak alınmaktadır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada, gerekli istatistiksel analizler SAS 9.1.1.4 istatistik yazılım programı kullanılarak yapılmıştır. Modele bağımlı değişken olarak alınan zooplankton sucul böcek sayımlarının grafiği şekil 1'de verilmiştir. Verilerin grafiği oldukça sağa doğru çarpık olmuştur. Bu tür veriler dönüşümlere tabi tutulmalarına rağmen sağa doğru aşırı çarpıklık çok fazla değişmemektedir.



Şekil 1. Zooplankton sucul böcek sayımlarının grafiği

Poisson ve negatif binomial regresyon için uyum ölçütleri çizelge 1'de verilmiştir. Aşırı yayılım değeri, devians istatistiğinin kendi serbestlik derecesine bölünmesi ile elde edilmektedir. Bu açıdan Çizelge 1'e bakıldığında, Poisson regresyonunda aşırı yayılım değeri bir (1) değerinden oldukça büyük çıkmıştır (156.154). Negatif binomial regresyonunda ise aşırı yayılım değeri bir (1) değerine oldukça yakın çıkmıştır (1.177). Devians uyum ölçütü sonucunda, bağımlı değişkende oldukça büyük bir aşırı yayılım olduğu gözlenmiş ve negatif binomial regresyonun daha uygun olduğu saptanmıştır. Poisson ve negatif binomial regresyon için genel olarak elde edilen parametre tahmin değerleri ve standart hataları çizelge 2 ve çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgelerde verilen aşırı yayılım değerinin etkisi her iki regresyon yöntemine yansımıştır. Bağımsız değişkenler için elde edilen tahmin değerleri hem Poisson regresyonunda hem de negatif

binomial regresyonda oldukça farklı çıkmışlardır. Bu durumda aşırı yayılımın parametre tahminleri üzerinde ne kadar etkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Poisson ve negatif binomial regresyon modelleri için uyum ölçütleri

Model	sd*	Devians	Aşırı yayılım
Poisson regresyonu	50	23423.164	156.154
Negatif binomial regresyonu	50	176.550	1.177

* sd=serbestlik derecesi

Çizelge 2’de, Poisson regresyonu için verilen sonuçlara bakıldığında, zooplankton sucul böcek sayımları üzerine demir ($p < 0.05$) ve ayların ($p < 0.01$) etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuşken; yılların, istasyonların, pH, klor (Cl^-), karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-) ve magnezyum (Mg^{+2}) etkileri önemsiz bulunmuştur. Çizelge 3’te, negatif binomial regresyonu için verilen sonuçlara bakıldığında, zooplankton sucul böcek sayımları üzerine tüm bağımsız değişkenlerin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Çizelge 2’de ve çizelge 3’te bağımlı değişkendeki aşırı yayılımın çok yüksek olması her iki regresyon modelinde parametre tahmin değerlerinin ve standart hatalarının farklı olmasına neden olmuştur. Çizelge 2 ve çizelge 3, her iki regresyon modeli için verilen parametre tahminlerinin yorumlanması doğrusal regresyona göre farklıdır. Her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerinde ne kadar etki yarattığını saptamak için log link fonksiyonu kullanılarak hem Poisson regresyonu hem de negatif binomial regresyon modelleri doğrusallaştırılmaları gerekmektedir.

Uyum ölçütüne göre negatif binomial regresyon en iyi regresyon modeli olduğundan dolayı, sadece çizelge 3 sonuçları yorumlanmıştır. Buna göre çizelge 3’te, zooplankton sayısı bakımından; yıllar arası farklılık %0.99 azalmaya, aylar arası farklılık %11.16’lık bir artışa, bölgeler arası farklılık %0.81’lik bir artışa, pH değerindeki bir birimlik değişim 4.442 katlık bir artışa, Cl^- değerinden bir birimlik değişim %46.6’lık bir azalmaya, CO_3^{2-} ’deki bir birimlik değişim %0.10 bir azalmaya, HCO_3^- ’daki bir birimlik değişim %0.10’luk bir artışa, Mg^{+2} ’deki bir birimlik değişim 3.607 katlık bir artışa ve Fe’deki bir birimlik değişim %92.5’lik bir azalmaya neden olmuştur.

Çizelge 2. Poisson regresyon için parametre tahmin değerleri

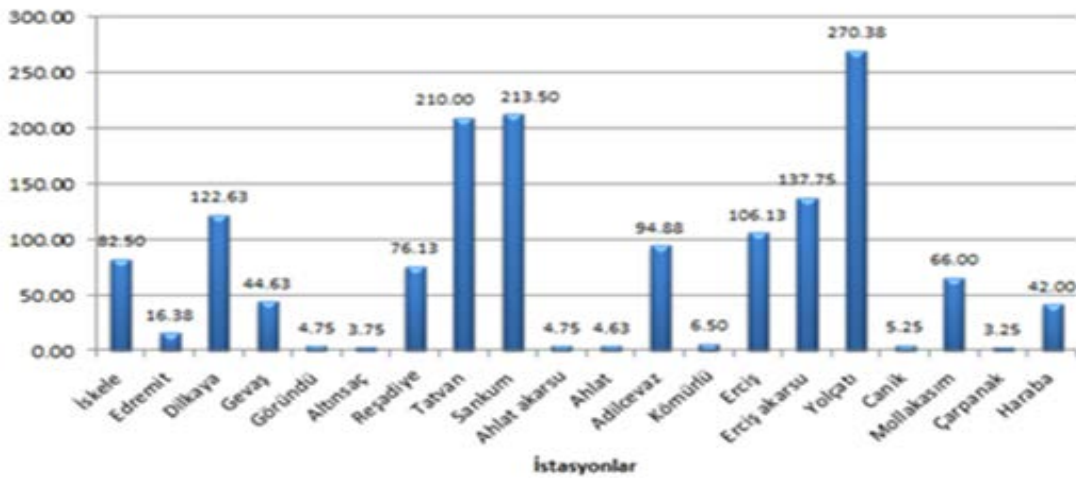
Değişkenler	sd	Tahmin	Standart hata	% 95 Wald testi güven aralığı	Ki-kare istatistiği	Önem düzeyleri
Sabit	1	-3.604	48.306	-98.283 91.074	0.01	0.941
Yıl	1	-3.233	4.428	-11.912 5.446	0.53	0.465
Ay	1	0.537	0.199	0.148 0.926	7.31	0.007
İstasyon	1	0.025	0.036	-0.045 0.095	0.49	0.482
pH	1	0.974	4.665	-8.169 10.116	0.04	0.835
Cl^-	1	-1.206	1.484	-4.115 1.702	0.66	0.416
CO_3	1	0.0003	0.002	-0.004 0.005	0.02	0.900
HCO	1	0.002	0.002	-0.0007 0.005	2.19	0.139
Mg	1	0.235	2.583	-4.828 5.298	0.01	0.928
Fe	1	-11.338	4.818	-20.781 -1.895	5.54	0.019

Çizelge 3. Negatif binomial regresyonu için parametre tahmin değerleri

Değişkenler	sd	Tahmin	Standart hata	% 95 Wald testi güven aralığı	Ki-kare istatistiği	Önem düzeyleri
Sabit	1	-11.930	2.072	-15.992 -7.868	33.14	0.0001
Yıl	1	-4.596	0.242	-5.070 -4.122	360.70	0.0001
Ay	1	0.112	0.010	0.092 0.132	122.10	0.0001
İstasyon	1	0.008	0.002	0.005 0.011	23.87	0.0001
pH	1	1.491	0.215	1.071 1.912	48.28	0.0001
Cl^-	1	-0.628	0.061	-0.748 -0.509	106.80	0.0001
CO_3	1	-0.001	0.002	-0.002 -0.001	82.58	0.0001
HCO	1	0.001	0.001	0.001 0.001	497.68	0.0001
Mg	1	1.283	0.139	1.011 1.554	85.64	0.0001
Fe	1	-2.585	0.278	-3.129 -2.041	86.69	0.0001

Çizelge 2 ve Çizelge 3'te genel olarak bağımsız değişkenlerin zooplankton sucuk böcek sayımları üzerinde önemli olup olmadıkları test edilmiştir. Ancak bağımsız değişkenlerden, özellikle yılların (2004 ve 2005), bölgelerin (İskele, Edremit, Dilkaya, Gevaş, Göründü, Altınsaç, Reşadiye, Tatvan, Sarıkum, Ahlat, Adilceviz, Kömürlü, Erciş, Yolçatı, Canik, Mollakasım, Çarpanak, Haraba) ve ayların (mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül) değişik düzeyleri söz konusudur. Bu nedenle her bir bağımsız değişken düzeyinin birbirlerinden ayrı olarak akar sayımları üzerinde önemli olup olmadıklarının test edilmesi gerekmektedir. Poisson ve negatif binomial gibi genelleştirilmiş doğrusal modelleri esas alan regresyon modellerinde genellikle her bir bağımsız değişkenin bir düzeyi referans kategorisi olarak alınmaktadır (Luo ve Qu 2013; Luo ve Qu 2015). Söz konusu bağımsız değişkenlerden yıl için 2005, bölgeler için haraba ve aylar için ise eylül referans düzeyi olarak esas alınmıştır. Poisson regresyonu ve negatif binomial regresyon için elde edilen sonuçlar çizelge 4'te verilmiştir. Veri setinde aşırı yayılım önemli bir etkiye sahip olduğu için negatif binomial regresyonun sonuçları esas alınmıştır.

Çizelge 4'te, NBR modeli için 2005 yılı referans düzeyi olarak alındığında 2004 yılındaki zooplankton sucuk böcek sayımları 2005 yılına göre %3.15'lik bir artış göstermiştir. Ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Çizelge 4'te, NBR modeli için eylül ayı referans düzeyi olarak alındığında, mayıs ayındaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %90.8 azaldığı ($p<0.05$), haziran ayındaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %15.8 arttığı ($p>0.05$), temmuz ayındaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %47.3 arttığı ($p<0.01$) ve ağustos ayındaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının 2.365 kat arttığı ($p<0.01$) saptanmıştır. Çizelge 4'te, NBR modeli için Haraba istasyonu referans düzeyi olarak alındığında; İskele istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %30.9 arttığı ($p<0.05$), Edremit istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %54.48 azaldığı ($p>0.05$), Dilkaya istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının 2.599 kat arttığı ($p<0.01$), Gevaş istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %2.8 arttığı ($p>0.05$), Göründü istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %94.2 azaldığı ($p<0.01$), Altınsaç istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %97 azaldığı ($p<0.01$), Reşadiye istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %25.6 arttığı ($p>0.05$), Tatvan istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının 3.165 kat arttığı ($p<0.01$), Sarıkum istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının 6.828 kat arttığı ($p<0.01$), Ahlat akarsu istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %96 azaldığı ($p<0.01$), Ahlat istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %97.6 azaldığı ($p<0.05$), Adilceviz istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %40.6 arttığı ($p>0.05$), Kömürlü istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %90.3 arttığı ($p<0.01$), Erciş istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %79.9 arttığı ($p<0.05$), Erciş akarsu istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının 3.111 kat arttığı ($p<0.01$), Yolçatı istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının 7.972 arttığı ($p<0.01$), Canik istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %94.1 azaldığı ($p<0.01$), Mollakasım istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %14.2 azaldığı ($p>0.05$), Çarpanak istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %99.57 azaldığı ($p>0.05$) ve İskele istasyonundaki zooplankton sucuk böcek sayımlarının %30.8 arttığı ($p<0.05$) belirlenmiştir. NBR modeli için haraba istasyonu referans düzeyi olarak alındığında elde edilen sonuçlar ile şekil 1'de verilen ortalama zooplankton sucuk böcek sayımları benzerlik göstermektedir. Ayrıca 20 farklı istasyondan elde edilen ortalama zooplankton sucuk böcek sayımları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yirmi farklı istasyondan elde edilen ortalama zooplankton sucuk böcek sayımları

Çizelge 4. Her bir bağımsız değişken düzeyi için Poisson regresyonu ve negatif binomial regresyon kullanılarak elde edilen parametre tahmin değerleri ve standart hata (st. hata)

Bağımsız değişkenler		Poisson regresyonu için tahmin değeri (st. hata)	Negatif binomial için regresyonu tahmin değeri (st. hata)
Yıllar	2005		Referans düzeyi
	2004	-	0.031(0.035)
Aylar	Mayıs	-1.491(0.341)*	-2.382(0.128)*
	Eylül		Referans düzeyi
	Haziran	0.094(0.011)	0.147(0.028)
	Temmuz	0.334(0.041)**	0.387(0.061)**
	Ağustos	0.538(0.054)**	0.861(0.416)**
	İskele	-	0.269(0.042)*
	Edremit	-	-0.795 (0.705)
	Dilkaya	-	0.955(0.115)**
	Gevaş	-	0.028 (0.702)
	Göründü	-	-2.845(0.813)**
	Altınsaç	-	-3.509 (0.940)**
	Reşadiye	-	0.231 (0.738)
	Tatvan	-	1.152 (0.095)**
	Sarıkum	-	1.921(0.078)**
	Ahlat akarsu	-	-3.212 (0.915)**
	Ahlat	-	-3.741(0.771)**
	Adilcevaz	-	0.341 (0.703)
	Kömürlü	-	-2.333(0.746)**
	Erciş	-	0.587 (0.096)*
Erciş akarsu	-	1.135(0.095)**	
Yolçatı	-	2.076 (0.738)**	
Canik	-	-2.822(0.899)**	
Mollakasım	-	-0.153(0.707)	
Çarpanak	-	-5.454(1.040)**	
Haraba		Referans düzeyi	

Modele bağımlı değişken olarak alınan zooplankton sucul böcek sayımlarına ilişkin ortalama ve standart hata sırasıyla 74.488 ve 33.101 olarak elde edilmiştir. Bunun nedeni, zooplankton sucul böcek sayımları arasındaki varyasyonun çok fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Zooplankton sucul böcek sayımları grafiği oldukça sağa doğru çarpık olmuştur. Bu tür veriler dönüşümlere tabi tutulmalarına rağmen sağa doğru aşırı çarpıklık çok fazla değişmemektedir (Agresti 1997; Cameron 1998; Dean ve Lawless 1989).

Sonuç

Örneklerin alındığı istasyonlar 3 başlık altında toplanmıştır. Bunlar; doğal alanlar (Altınsaç, Reşadiye, Sarıkum, Kömürlü, Canik, Mollakasım ve Çarpanak), akarsu girişleri (Dilkaya, Göründü, Ahlat akarsu, Erciş akarsu, Yolçatı ve Haraba) ve yerleşim alanlarıdır (İskele, Edremit, Gevaş, Tatvan, Ahlat, Adilcevaz ve Erciş) (Yeşilova ve ark. 2016). Akarsu giriş istasyonlarından olan Haraba referans düzeyi olarak kabul edildiğinde, doğal alanlar içerisinde zooplankton sucul böcek sayımları en yüksek Sarıkum istasyonundan sağlanmıştır (6.828 kat daha fazla), en düşük zooplankton sucul böcek sayımları sırasıyla Altınsaç (%97 daha az), Canik (%94.1 daha az) ve Kömürlü (%90.3 daha az) istasyonlarından elde edilmiştir. Böylece

doğal alanlar içerisinde Sarıkum istasyonunda, zooplankton sucul böcek sayımlarının daha çok olduğu söylenebilir. Haraba referans düzeyi olarak kabul edildiğinde, yerleşim alanları içerisinde zooplankton sucul böcek sayımlarının en yüksek olduğu istasyonlar sırasıyla Erciş (%79.9 daha fazla), Adilcevaz (%40.6 daha fazla) ve İskele (%30.8 daha fazla) oldukları saptanmıştır. Bunun yanı sıra en düşük zooplankton sucul böcek sayımları Ahlat istasyonundan (%97.6 daha az) elde edilmiştir. Haraba referans düzeyi olarak kabul edildiğinde, doğal akarsu alanları içerisinde zooplankton sucul böcek sayımlarının en yüksek olduğu istasyonun Yolçatı (7.972 kat daha fazla) olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte en düşük zooplankton sucul böcek sayımları Canik istasyonundan (%94.1 daha az) elde edilmiştir. Zooplankton sucul böcek sayımları ve Eriophyoid akar sayımları sıcaklığa bağlı olarak değiştiğinden dolayı, belli sıcaklıklarda bu sayı artarken, sıcaklığın azaldığı aylara bağlı olarak da azalmaktadır (Yeşilova ve Kasap 2008). Böylece, akar sayımları ve zooplankton sucul böcek sayımları gibi sayıma dayalı olarak elde edilen değişkenlerde çok büyük farklılıklar söz konusu olmaktadır. Bu çalışmada incelenen yöntemlerin yanı sıra bu tip verilerde, aşırı yayılımından kaynaklanan heterojenliği saptamak için karışımli model yaklaşımı ve çok seviyeli Poisson regresyonu (Yeşilova ve ark. 2016) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, “Van Gölü Sahil Şeridindeki Zooplankton Populasyon Yoğunluğu Değişiminin Doğrusal Olmayan Regresyon Yöntemleri Kullanılarak İncelenmesi ” isimli Yüksek lisans tezinin bir kısmıdır. Bu çalışmada kullanılan veri seti, Tübitak-Çaydag tarafından desteklenen 102Y089 nolu ve “Van Gölü Sahil Şeridinde Sucul ve Karasal Böcek Faunası ve Bitkisel Floranın Saptanması, Farklı Bölgelerde Göl Kirliliğinin İndikatör Türler Yardımıyla Belirlenmesi” isimli projeden alınmıştır.

Kaynaklar

- Agresti A (1997). Categorical Data Analysis. John and Wiley & Sons, Incorporation, New Jersey, Canada.
- Cameron AC, Trivedi PK (1998). Regression Analysis of Count Data. Cambridge University Press, NY.
- Cox R (1983). Some Remarks on Overdispersion. Biometrika, 70: 269-274.
- Dean CB (1992). Testing for overdispersion in Poisson and Binomial Regression models. Journal of American Statistical Association, 87(418): 451-457.
- Dean C, Lawless JF (1989). Tests for Detecting Overdispersion in Poisson Regression Models. Journal of American Statistical Association, 84(406): 467-472.
- Frome ED, Kutner MH, Beauchamp JJ (1973). Regression Analysis of Poisson- Distributed Data. Journal of American Statistical Association, 68(344): 935-940.
- Hilbe JM (2007). Negative Binomial Regression. Cambridge, U.K.
- Kasap İ (2010). Seasonal Population Development of Spider Mites (Acari: Tetranychidae) and Their Predators in Sprayed and Unsprayed Apple Orchards in Van, Turkey. XIII International Congress of Acarology | Recife, Pernambuco, Brazil – August 23-27, 2010.
- Long JS, Freese J (2006). Regression Models for Categorical Dependent Variable Using Stata. A Stata Press Publication, Stata Corp LD Collage Station, Texas, USA.
- Luo J, Qu Y (2013). Analysis of hypoglycemic events using negative binomial models. Pharm Stat.,12(4): 233-42.
- Luo J, Qu Y (2015). Estimation of group means when adjusting for covariates in generalized linear models. Pharm Stat., 14(1): 56-62.
- Nelder JA, Wedderburn RWM (1972). Generalized linear models. J. R. Statist. Soci. A., 135(3): 370- 384.
- SAS (2015). SAS/Stat Software Hangen and Enhanced, SAS Institute Incorporation, USA.
- Stokes ME, Davis CS, Koch GG (2000). Categorical Data Analysis Using the SAS System. John and Wiley & Sons Incorporation, USA.
- Yeşilova A, Kasap İ (2008). Lojistik regresyonda meydana gelen aşırı yayılımın incelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 18(1): 21-25.
- Yeşilova A, Özgökçe MS, Atlıhan R, Karaca İ, Özgökçe F, Yıldız Ş, Kaya Y (2011). Sıfır değer ağırlıklı genelleştirilmiş Poisson regresyonu yardımıyla Van Gölü'nde *Notonecta viridis* Delcourt, 1909 (*Hemiptera: Notonectidae*)'in populasyon değişimi üzerinde fiziko-kimyasal çevresel koşulların etkilerinin araştırılması. Turkish Journal of Entomology, 35(2): 325-338.
- Yeşilova a, Özgökçe MS, Atlıhan R, Polat Yıldız Ş, Karaca İ, Ser G (2016). Modeling of the arthropod population densities in the coastal band of Lake Van using mixture poisson regression. Fresenius Enviromental Bulletin, 25:1768-1778.