

Bulanık ve Sağlam Bulanık Açırtay Regresyon Tekniklerinin Performansları Üzerine Bir Benzetim Çalışması

Cengiz Gazeloğlu ve Sinan Saraçlı

*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Afyonkarahisar.
e-posta: ssaracli@aku.edu.tr*

Geliş Tarihi: 27 Temmuz 2012; Kabul Tarihi: 22 Ekim 2012

Özet

Anahtar kelimeler

Tip II Regresyon;
Bulanık Regresyon;
Sağlam Regresyon;
Benzetim Çalışması.

Bu çalışmanın amacı, bağımlı ve bağımsız değişkenin her ikisinin de ölçüm hatası içerdiği durumlarda, En Küçük Kareler (EKK) Açırtay, Bulanık (Fuzzy) EKK Açırtay, Sağlam (Robust) EKK Açırtay ve Bulanık Sağlam EKK Açırtay tekniklerinin karşılaştırmalı olarak Monte-Carlo benzetim çalışması ile incelenmesidir. İlgilenilen veri setinin aykırı değer içerdiği ve içermediği durumlarda, farklı örneklem büyüklüklerinde ($n=10, 50$ ve 100) ve farklı teorik dağılış biçimlerinde ($t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$) ilgili regresyon teknikleri Hata Kareler Ortalaması (HKO) ve Relative Efficiency (R.E.) kriterlerine göre karşılaştırılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre tüm dağılış biçimi ve tüm örneklem hacmindeki, aykırı değer içeren ve içermeyen veri setleri için Bulanık Huber Açırtay tekniği en düşük HKO değerine sahip teknik olarak belirlenmiştir.

A simulation Study on the Performances of Fuzzy and Robust Fuzzy Bisectoral Regression Techniques.

Abstract

Key words

Type II Regression;
Fuzzy Regression
Robust Regression;
Simulation Study.

The aim of this study is comparatively examine the OLS (Ordinary Least Squares) Bisector, Fuzzy OLS Bisector, Robust OLS and Fuzzy Robust OLS techniques via Monte-Carlo Simulation study, when both the dependent and independent variables includes measurement errors in a simple linear regression analysis. In conditions, whether the interested data sets includes or not any outliers, the performance of the regression techniques are examined for different sample sizes ($n=10, 50$ and 100) and different distribution types ($t_{(4)}$, $t_{(10)}$ and $t_{(30)}$) according to Mean Square Error (MSE) and Relative Efficiency (R.E.) criteria. According to findings of the study, the Fuzzy Huber Bisector technique has the lowest MSE in all different distribution types and for all sample sizes for the data sets that either includes or not any outliers..

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

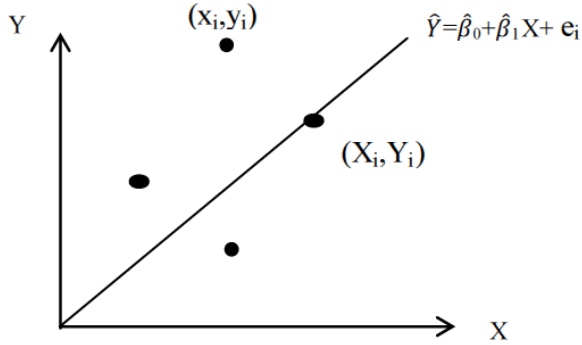
Regresyon analizi değişkenler arasındaki ilişkinin modellenmesinde kullanılan istatistiksel yöntemlerden birisidir. Birçok istatistiksel analiz yönteminde olduğu gibi regresyon analizinin belirli bir veri setine uygulanabilmesi için belli başlı varsayımların sağlanması gerekir. Farklı varsayımlar için birçok farklı regresyon teknikleri mevcuttur. Uygulamada kullanılan regresyon teknikleri arasında en yaygın olanı En Küçük Kareler (EKK) tekniğidir (Gazeloğlu 2012).

Regresyon (bağlanım), sözlük anlamı ile bir şeyi başka bir şeye bağlama işi ve biçimidir. Bilimsel olarak regresyon terimi, bir değişken ile başka bir ya da birden çok değişken arasında ilişki kurma işini ve ilişkinin biçimini anlatır (Şıklar 2000).

Basit doğrusal regresyon denklemi Eşitlik 1.1'de verildiği gibidir.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i \quad 1.1$$

Bu modelde yer alan β_0 sabit katsayısı, β_1 ise eğim katsayısını ifade etmektedir. X_i değerleri, herhangi bir ölçüm hatası içermeyen stokastik olmayan gözlem değerleridir. Modelde yer alan e_i hata terimleri ise stokastik, bağımsız değerlerdir (Tiku and Akkaya 2004).



Şekil 1. Regresyon doğrusuna ilişkin genel gösterim (Saraçlı 2008)

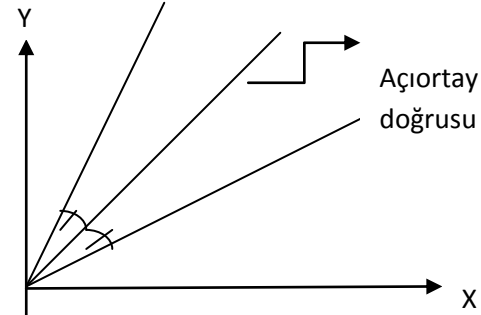
EKK tekniğinin varsayımları, özellikle deneysel çalışmalar söz konusu olduğunda, sağlanamamakta ve amaca uygun olmamaktadır. Bu gibi durumlarda daha sağlıklı sonuçlar verebilecek alternatif regresyon tekniklerini kullanmak doğru olacaktır (Saraçlı 2008).

Tip II regresyon tekniklerinden biri olan EKK Açıortay tekniği, gözlem noktalarının tahmin edilen regresyon doğrusuna olan uzaklığını, EKK(Y/X) doğrusu ile EKK(X/Y) regresyon doğrusunun açıortayını dikkate alarak minimize etmeye çalışır. Literatür taramalarında EKK-Açıortay doğrusunun eksikliği hakkında hiçbir çalışmaya rastlanmamıştır (Isobe et all. 1990 akt. Saraçlı 2008).

Saraçlı ve Çelik (2010) yaptıkları benzetim çalışmasında, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ikisinin de ölçüm hatası içermesi durumunda farklı dağılış biçimlerinde, farklı örneklem hacimlerinde ve veri setinin aykırı değer içerip içermediği durumlarda EKK açıortay tekniğinin diğer Tip II basit doğrusal regresyon tekniklerinden üstünlüğünü vurgulamışlardır.

EKK Açıortay regresyon tekniğinin hesaplanışı Eşitlik 1.2'de verilmiştir (Saraçlı 2008).

$$\beta_{1AO} = (\beta_{1xy} + \beta_{1yx})^{-1} \beta_{1xy} \beta_{1yx} - 1 + \frac{1}{(1 + \beta_{1xy}^2)(1 + \beta_{1yx}^2)} \quad 1.2$$



Şekil 2. Açıortay doğrusunun genel gösterimi

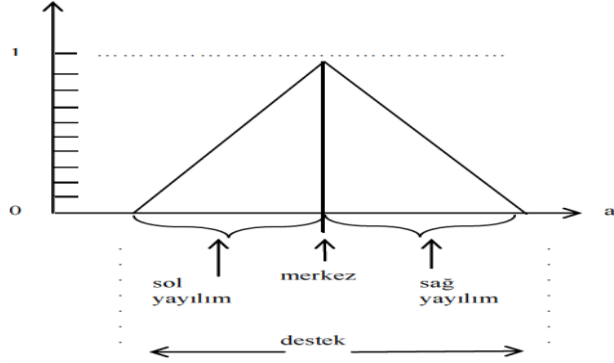
Bulanık regresyon analizi, klasik regresyon analizi için gerekli olan varsayımların sağlanamadığı durumlarda, alternatif bir yöntem olarak Hideo Tanaka tarafından 1982 yılında geliştirilmiştir. Yöntemin en belirgin olarak sağladığı fayda; regresyon katsayılarını tek bir değer olarak değil, bir aralık olarak tahmin etmesidir. Tahmin edilen bulanık aralık, kullanım amacına göre daraltılabilir veya genişletilebilir. Araştırmacı çalışmanın amacına göre, sonsuz tane aralık tahmini yapabilme imkanına sahiptir (Yücel 2005).

Bulanık regresyon analizi, bulanık bir çevrede bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki fonksiyonun değerlendirilmesinde kullanılan klasik regresyon analizinin bulanık bir türüdür (Nasrabadi ve Nasrabadi 2004).

Zadeh, Kaufman'ın kitabı için yazdığı sunuş yazısında çok iddialı olarak bulanık küme teorisinin psikoloji, sosyoloji, sosyal bilimler, felsefe, ekonomi, dil bilimi, yöneylem araştırması, yönetim bilimi ve diğer alanlarda yapay zekâ sistemlerinin dizaynında temel olacağını belirtmiştir (Kaufman 1975).

Gözlem değerlerinin kesin bir şekilde açıklanamadığı durumlarda bulanıklık söz konusu olmaktadır. Bir kişi uzun, kısa, yaşlı, genç gibi ifadelerle tanımlanıyorsa, bir belirsizlik söz

konusudur. Örneğin 20 yaşındaki bir birey farklı durumlar için yaşlı ya da genç kategorisine girebilir. Bu gibi bulanıklığın yanı sıra aykırı değer içeren bir veri seti söz konusu olduğunda Bulanık Sağlam teknikler yardımı ile tahmin edilecek regresyon doğrusu daha sağlıklı sonuçlar verebilir.



Şekil 3. Bulanık katsayı üyelik derecesi gösterimi (Shapiro 2005).

Gözlem değerlerini bulanıklaştırmada önerilen yöntem için bağımsız değişken değerleri; merkez(x_i), sol yayılma $\underline{\delta}_i=x_i/7$, sağ yayılma $\delta_i=x_i/6$ ve bağımlı değişken değerleri; merkez(y_i), sol yayılma $\underline{\omega}_i=y_i/8$, sağ yayılma $\omega_i=y_i/7$ olarak çözümlenebilir (Apaydın ve Şanlı 2004).

Bulanık EKK Açırtay tekniğinde ise veri setindeki X ve Y değişkenleri bulanık mantık çerçevesinde sırasıyla ayrı ayrı bağımsız değişkenler gibi düşünülerek iki ayrı regresyon doğrusu tahmin edilir. Elde edilen bu iki regresyon doğrusunun açırtay doğrusunun hesaplanmasıyla değişkenlerin her ikisindeki hataları da hesaba katan Bulanık EKK Açırtay doğrusu elde edilir.

Bu teknik üzerine Kılıç ve diğerlerinin (2011) yaptığı çalışmada veri setinin bulanık olması durumunda farklı dağılım biçimleri ve farklı örneklem büyüklüklerinde veri setinin aykırı değer içerdiği ve içermediği durumlarda EKK Açırtay tekniğine göre daha iyi sonuçlar verdiği yapılan bir benzetim çalışması ile göstermişlerdir.

EKK tekniğinin iyi sonuç verebilmesi için veri setinde aykırı değer bulunmaması gerekir. İlgili veri seti aykırı değer içeriyorsa EKK tekniği ile tahmin edilecek regresyon doğrusu bu aykırı değerlerden

etkilenecek dolayısıyla yanlış tahminde bulunulmasına sebep olacaktır. Veri seti aykırı değer içerdiğinde sağlam regresyon tekniklerinden yararlanmak daha doğru sonuçlar verecektir.

Regresyon analizinde hatalar normal dağılım göstermiyorsa sağlam regresyon teknikleri önerilmektedir. Genellikle sağlam regresyon teknikleri, EKK tekniğinden daha fazla hesaplama gerektirmektedir (Draper ve Smith 1998, akt. Yıldırım 2010).

Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ikisinin de ölçüm hatası içerdiği ve veri setinde aykırı değer ya da değerler söz konusu olduğunda sağlam açırtay regresyon tekniğinden yararlanmak daha etkili sonuçlar elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Bu teknikte robust temelde hesaplanan EKK(Y/X) ve EKK(X/Y) regresyon doğrularının açırtayından elde edilen doğru sağlam Tip II regresyon doğrusu olarak belirlenir.

2. Materyal ve Metot

EKK Açırtay, Bulanık EKK Açırtay, Sağlam EKK Açırtay ve Bulanık Sağlam EKK Açırtay regresyon tekniklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve matematiksel bir modelinin oluşturulmasının amaçlandığı çalışmanın bu bölümünde, MATLAB paket programı yardımıyla rassal olarak üretilen farklı örneklem büyüklüklerinde ($n=10, 50$ ve 100), farklı dağılım biçimlerinde ve aykırı değer içerip içermediği durumlar için daha önceki bölümde söz edilen regresyon tekniklerinin performansları HKO ve Görelî Etkinlik (R.E.) kriterine göre karşılaştırılmıştır.

Benzetim aracılığı ile yapılan tekrarlar $N = 100000/n$ defa yapılmıştır. HKO değeri ve R.E. değerleri Eşitlikler 2.1 ve 2.2'de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$HKO = \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-k} \quad 2.1$$

$$R.E. = \frac{\text{Açırtay Regresyon Tekniğinin HKO}}{\text{Regresyon Tekniğinin HKO}} \quad 2.2$$

MATLAB paket programı ile üretilen veri setleri Eşitlik 2.3 – 2.9’de verilmiştir.

olarak üretilmiştir. Aykırı değer içeren veri için ilgili tablolarda A simgesi kullanılmıştır.

$$X_i = T_{(4)}, X_i = T_{(10)}, X_i = T_{(30)} \quad 2.3$$

$$x_i = X_i + e_{ix} \quad 2.4$$

$$e_{ix} \sim N(0,1) \quad 2.5$$

$$e_{iy} \sim N(0,1) \quad 2.6$$

$$Y_i = X_i + u_i \quad 2.7$$

$$y_i = Y_i + e_{iy} \quad 2.8$$

Bulanık veriler Eşitlik 2.10 – 2.13’ de verildiği gibi türetilmiştir.

$$\underline{\delta}_i = X_i / 7 \quad 2.10$$

$$\delta_i = X_i / 6 \quad 2.11$$

$$\underline{\omega}_i = Y_i / 8 \quad 2.12$$

$$\omega_i = Y_i / 7 \quad 2.13$$

Aykırı değerler için

$$X_i = 5 + T_{(4)} \quad 2.9$$

3. Bulgular

Çalışma Bulguları Tablo 1-Tablo 13’te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Veri seti ortalaması 0 varyansı 1 olan normal dağılımdan üretilmiştir. Aykırı değerler ise ortalaması 5 alınarak mevcut veri setinden farklı

Tablo 1. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, n=10 için EKK regresyon teknikleri benzetim sonuçları

Regresyon Tekniği	n=10											
	$t_{(4)}$				$t_{(10)}$				$t_{(30)}$			
	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E
EKK(X/Y)	3,946	0,605	1,600	104	4,497	0,552	1,546	103	4,816	0,517	1,582	103
EKK(Y/X)	5,593	0,443	1,015	164	6,194	0,378	0,895	179	6,495	0,350	0,857	191
EKK Açıortay	4,919	0,508	1,666	100	5,518	0,449	1,605	100	5,804	0,419	1,641	100

Tablo 2. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=10$ için Bulanık EKK regresyon teknikleri benzetim sonuçları

Regresyon Tekniği	n=10											
	$t_{(4)}$				$t_{(10)}$				$t_{(30)}$			
	β_0	β_1	<i>HK</i> <i>O</i>	R.E	β_0	β_1	<i>HKO</i>	R.E	β_0	β_1	<i>HKO</i>	R.E
Bulanık EKK(X/Y)	-0,155	1,003	1,408	98,5	-0,159	1,008	1,346	98,6	-0,157	1,004	1,388	98,7
Bulanık EKK(Y/X)	0,382	0,945	1,297	107	0,381	0,941	1,245	106	0,381	0,944	1,281	106
Bulanık EKK Açıortay	0,262	0,972	1,388	100	0,294	0,972	1,328	100	0,268	0,972	1,370	100

Tablo 3. $n=50$ hacmindeki ve $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarındaki veri setleri için EKK regresyon tekniklerine ait benzetim sonuçları.

Regresyon Tekniği	n=50											
	$t_{(4)}$				$t_{(10)}$				$t_{(30)}$			
	β_0	β_1	<i>HKO</i>	R.E	β_0	β_1	<i>HKO</i>	R.E	β_0	β_1	<i>HKO</i>	R.E
EKK(X/Y)	3,512	0,648	1,291	109	4,413	0,560	1,257	108	4,811	0,519	1,289	107
EKK(Y/X)	5,220	0,480	0,801	176	6,092	0,388	0,666	204	6,476	0,352	0,612	225
EKK Açıortay	4,404	0,559	1,415	100	5,318	0,469	1,363	100	5,684	0,431	1,383	100

Tablo 4. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=50$ için Bulanık EKK regresyon tekniklerine ait benzetim sonuçları

Regresyon Tekniği	n=50											
	$t_{(4)}$				$t_{(10)}$				$t_{(30)}$			
	β_0	β_1	<i>HKO</i>	R.E	β_0	β_1	<i>HKO</i>	R.E	β_0	β_1	<i>HKO</i>	R.E
Bulanık EKK(X/Y)	-0,148	1,000	1,089	98,3	-0,150	1,005	1,037	98,8	-0,150	1,002	1,072	98,4
Bulanık EKK(Y/X)	0,395	0,941	0,998	107	0,392	0,937	0,959	106	0,393	0,940	0,979	107
Bulanık EKK Açıortay	0,281	0,970	1,071	100	0,318	0,970	1,025	100	0,291	0,970	1,055	100

Tablo 5. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=100$ için EKK regresyon teknikleri benzetim sonuçları.

Regresyon Tekniği	n=100											
	$t_{(4)}$				$t_{(10)}$				$t_{(30)}$			
	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E
EKK(X/Y)	3,420	0,657	1,239	110	4,325	0,569	1,234	109	4,857	0,513	1,260	107
EKK(Y/X)	5,103	0,491	0,778	175	6,054	0,391	0,648	207	6,466	0,353	0,595	227
EKK Açıortay	4,292	0,570	1,365	100	5,251	0,476	1,347	100	5,688	0,430	1,352	100

Tablo 6. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=100$ için Bulanık EKK regresyon tekniklerine ait benzetim sonuçları.

Regresyon Tekniği	n=100											
	$t_{(4)}$				$t_{(10)}$				$t_{(30)}$			
	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E
Bulanık EKK(X/Y)	-0,148	1,001	1,043	98,1	-0,150	1,005	1,011	99,0	-0,148	1,001	1,036	98,3
Bulanık EKK(Y/X)	0,395	0,940	0,955	107	0,395	0,936	0,935	107	0,393	0,940	0,949	107
Bulanık EKK Açıortay	0,283	0,970	1,024	100	0,327	0,970	1,001	100	0,289	0,970	1,019	100

Tablo 7. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=10$ ve aykırı değer içeren durumlar için Sağlam regresyon teknikleri benzetim sonuçları

Regresyon Tekniği	n=10											
	$t_{(4)}-A$				$t_{(10)}-A$				$t_{(30)}-A$			
	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E
Huber(X/Y)	1,659	0,839	1,619	95,8	1,764	0,828	1,563	96,2	1,965	0,806	1,530	94,5
Huber(Y/X)	2,342	0,771	1,370	113	2,705	0,737	1,312	114	2,676	0,739	1,267	114
Huber Açıortay	2,103	0,796	1,552	100	2,341	0,773	1,504	100	2,393	0,764	1,447	100

Tablo 8. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=10$ ve aykırı değer içeren durumlar için Bulanık Sağlam regresyon teknikleri benzetim sonuçları.

Regresyon Tekniği	n=10											
	$t_{(4)}-A$				$t_{(10)}-A$				$t_{(30)}-A$			
	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E
Bulanık Huber(X/Y)	1,626	0,840	1,655	96,1	1,723	0,830	1,601	96,0	1,906	0,809	1,563	95,9
Bulanık Huber(Y/X)	1,635	0,842	1,644	96,8	1,740	0,831	1,591	96,6	1,931	0,809	1,555	96,4
Bulanık Huber Açıortay	1,635	0,841	1,592	100	1,733	0,830	1,537	100	1,929	0,809	1,500	100

Tablo 9. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=50$ ve aykırı değer içeren durumlar için Sağlam regresyon teknikleri benzetim sonuçları

Regresyon Tekniği	n=50											
	$t_{(4)}-A$				$t_{(10)}-A$				$t_{(30)}-A$			
	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E
Huber(X/Y)	0,586	0,948	1,147	103	0,466	0,959	1,113	106	0,600	0,945	1,099	104
Huber(Y/X)	1,102	0,900	1,096	108	1,331	0,878	1,111	107	1,191	0,893	1,065	107
Huber Açıortay	0,874	0,923	1,188	100	0,950	0,916	1,190	100	0,911	0,917	1,146	100

Tablo 10. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=50$ ve aykırı değer içeren durumlar için Bulanık Sağlam regresyon teknikleri benzetim sonuçları

Regresyon Tekniği	n=50											
	$t_{(4)}-A$				$t_{(10)}-A$				$t_{(30)}-A$			
	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E
Bulanık Huber(X/Y)	0,563	0,949	1,152	98,9	0,435	0,961	1,117	98,9	0,550	0,948	1,100	98,8
Bulanık Huber(Y/X)	0,565	0,951	1,147	99,3	0,440	0,963	1,113	99,2	0,554	0,949	1,093	99,4
Bulanık Huber Açıortay	0,567	0,950	1,140	100	0,435	0,962	1,105	100	0,563	0,948	1,087	100

Tablo 11. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=100$ ve aykırı değer içeren durumlar için Sağlam regresyon teknikleri benzetim sonuçları

Regresyon Tekniği	n=100											
	$t_{(4)}-A$				$t_{(10)}-A$				$t_{(30)}-A$			
	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E
Huber(X/Y)	0,552	0,952	1,110	103	0,433	0,963	1,065	106	0,588	0,948	1,066	103
Huber(Y/X)	0,986	0,912	1,056	108	1,195	0,892	1,041	109	1,043	0,907	1,022	108
Huber Açıortay	0,794	0,931	1,148	100	0,848	0,926	1,138	100	0,828	0,927	1,107	100

Tablo 12. $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında, $n=100$ ve aykırı değer içeren durumlar için Bulanık Sağlam regresyon teknikleri benzetim sonuçları

Regresyon Tekniği	n=100											
	$t_{(4)}-A$				$t_{(10)}-A$				$t_{(30)}-A$			
	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E	β_0	β_1	HKO	R.E
Bulanık Huber(X/Y)	0,529	0,953	1,111	99,3	0,398	0,965	1,066	99,2	0,538	0,950	1,066	99,2
Bulanık Huber(Y/X)	0,525	0,955	1,105	99,9	0,391	0,968	1,061	99,7	0,535	0,952	1,060	99,8
Bulanık Huber Açıortay	0,531	0,954	1,104	100	0,392	0,966	1,058	100	0,548	0,951	1,058	100

Tablo 1 incelendiğinde, serbestlik derecesinin 4, 10 ve 30 olduğu t dağılımında ve aykırı değer içermeyen bulanık veri setinde EKK(X/Y) regresyon tekniğinin HKO değerleri sırasıyla 1,600, 1,546 ve 1,582 olarak gözlemlenmiştir. Y değişkeninin bağımlı, X değişkeninin bağımsız olduğu EKK(Y/X) regresyon tekniğinde HKO'sı sırasıyla 1,015, 0,895 ve 0,857 olarak hesaplanmış ve EKK(Y/X) regresyon tekniğinin EKK(X/Y) regresyon tekniğine göre daha az hatayla çözümleme yaptığı gözlemlenmiştir. Örneklem hacminin $n=10$ birim olduğu ve aykırı değer içermeyen veri setlerinde EKK açıortay regresyon tekniğinde HKO'sı 4, 10 ve 30 serbestlik dereceli dağılımlar için HKO değerleri 1,666, 1,605

ve 1,641 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2 incelendiğinde, Bulanık EKK regresyon tekniklerinin HKO'sı kriterine göre performanslarının karşılaştırıldığı ve örneklem hacminin $n=10$ olduğu farklı serbestlik derecelerinde Bulanık EKK(Y/X) regresyon tekniğinin HKO değerleri, Bulanık EKK(X/Y) regresyon tekniğinin HKO değerlerinden daha düşük çıkmıştır. Bulanık EKK açıortay regresyon tekniğinin 4, 10 ve 30 serbestlik dereceli t dağılımında ve aykırı değer içermeyen bulanık veri setin için hesaplanan HKO değerleri sırasıyla 1,388, 1,328 ve 1,370 olarak hesaplanmıştır. Bulanık bir veri setinde Bulanık EKK regresyon tekniklerinin klasik EKK regresyon tekniklerine göre daha iyi

performans göstermesi yapılan analizlerin doğruluğunun bir göstergesidir. Aykırı değer içermeyen $n=10$ örneklem hacmindeki bulanık veri setlerinde, serbestlik derecesinin artması Bulanık EKK(Y/X) ve Bulanık EKK(X/Y) regresyon tekniklerinin etkinliklerini etkilemediği söylenebilir. Ancak bu serbestlik derecelerinde Bulanık EKK(Y/X) regresyon tekniğinin Bulanık EKK(X/Y) regresyon tekniğine göre daha etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 3 incelendiğinde, örneklem büyüklüğünün $n=50$ olduğu ve 4 sd.li t dağılımı için EKK(Y/X) regresyon tekniğinde elde edilen $HKO=0,801$ değerinin, EKK(X/Y) regresyon tekniğinden elde edilen $HKO=1,291$ değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımları için EKK(Y/X)'e ait HKO' değerinin EKK(X/Y) için bulunan HKO değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Aykırı değer içermeyen bulanık bir veri setinde EKK Açıortay regresyon tekniğine ait HKO değerleri 4, 10 ve 30 serbestlik derecesine sahip t dağılımları için sırasıyla 1,415, 1,363 ve 1,383 olarak hesaplanmıştır.

Örneklem hacminin $n=50$ olduğu bulanık veri setlerinde, dağılımın serbestlik derecesinin değişmesi durumunda EKK(X/Y) regresyon tekniğinin etkinliğini değiştirmedeği gözlemlenmiştir. EKK(Y/X) regresyon tekniğinin etkinliğinin ise diğer regresyon tekniklerine (EKK(X/Y) ve EKK Açıortay) göre dağılımın serbestlik derecesi ile birlikte arttığı görülmektedir.

4, 10 ve 30 serbestlik dereceli dağılımlarda EKK(Y/X) regresyon tekniğinin EKK(X/Y) regresyon tekniğine göre daha etkili olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 4 incelendiğinde, serbestlik derecesinin 4 olduğu, veri setinde Bulanık EKK(X/Y) regresyon tekniği için 1,089 olarak hesaplanan HKO değerinin, Bulanık EKK(Y/X) regresyon tekniği için 0,998 olarak hesaplanan HKO değerinden daha yüksek hesaplandığı görülmektedir. Serbestlik derecelerinin 10 ve 30 olarak değiştiği t dağılımlarında Bulanık EKK(Y/X) regresyon tekniğinin EKK(X/Y) tekniğine göre daha az hatayla çözümlene yapıldığı gözlemlenmiştir. Dağılımın

serbestlik derecesi 4, 10 ve 30 olarak değiştiği durumlarda, Bulanık EKK açıortay regresyon tekniğinin HKO'sı sırasıyla 1,188, 1,190 ve 1,146 olarak tespit edilmiştir. $n=50$ örneklem hacmindeki aykırı değer içermeyen bulanık veri setlerinde, dağılımın serbestlik derecesinin değişmesi ile Bulanık EKK(X/Y) ve Bulanık EKK(Y/X) regresyon tekniklerinin etkinliklerinin, Bulanık EKK Açıortay regresyon tekniğine göre değişmediği söylenebilir. Ayrıca 4, 10 ve 30 serbestlik derecelerinde EKK(X/Y) regresyon tekniğinin, Bulanık EKK(X/Y) regresyon tekniğine göre daha etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 5'de, örneklem hacminin $n=100$ olduğu ve farklı serbestlik derecelerindeki t dağılımları için EKK(Y/X) regresyon tekniğinin HKO değeri, EKK(X/Y) regresyon tekniğinden HKO değerinden daha düşük çıkmıştır. Ayrıca EKK açıortay regresyon tekniğinin 4, 10 ve 30 serbestlik dereceli t dağılımda ve aykırı değer içermeyen bulanık veri setinde HKO'sı sırasıyla 1,365, 1,347 ve 1,352 olarak hesaplanmıştır. Farklı serbestlik derecelerinin EKK(X/Y) regresyon tekniğinin etkinliğini, EKK(Y/X) ve EKK Açıortay regresyon tekniklerine göre çok fazla değiştirmedeği ancak dağılımın serbestlik derecesi ile beraber EKK(Y/X) regresyon tekniğinin, EKK(X/Y) ve EKK Açıortay regresyon tekniklerine göre etkinliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca 4, 10 ve 30 serbestlik dereceli t dağılımlarında EKK(Y/X) regresyon tekniğinin EKK(X/Y) regresyon tekniğine göre daha etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 6 incelendiğinde, serbestlik derecesinin 4, 10 ve 30 olduğu t dağılımında aykırı değer içermeyen bulanık veri setinde, Bulanık EKK(X/Y) regresyon tekniğinin HKO değerlerinin sırasıyla 1,043, 1,011 ve 1,036 olduğu görülmektedir. Y değişkeninin bağımlı, X değişkeninin bağımsız olarak ele alındığı EKK(Y/X) regresyon tekniğinde sırasıyla HKO değerleri 0,955, 0,935 ve 0,949 olarak hesaplanmıştır. Bulanık EKK(Y/X) regresyon tekniğinin Bulanık EKK(X/Y) regresyon tekniğine göre daha az hatayla çözümlene yaptığı tespit edilmiştir. Aykırı değer içermeyen bulanık bir veri setinde örneklem hacminin $n=100$ birim olduğu durumda EKK regresyon tekniklerini kullanmak

yerine Bulanık EKK regresyon tekniklerini kullanmak, daha az hatayla çözümlene yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bulanık EKK(Y/X) ve Bulanık EKK(X/Y) regresyon tekniklerinin dağılımın serbestlik derecesinin 4, 10 ve 30 olarak artmasıyla, Bulanık EKK Açığortay regresyon tekniğine göre etkinliklerinin değişmediği söylenebilir. Ayrıca bu serbestlik derecelerinde Bulanık EKK(Y/X) regresyon tekniğinin, Bulanık EKK(X/Y) regresyon tekniğine göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7.'de n=10 örneklem büyüklüğündeki 4 sd.li t dağılımına sahip ve aykırı değer içeren veri seti için X'in bağımsız Y'nin bağımlı değişken olarak ele alınması ile Huber regresyon tekniğine (Huber(Y/X)) göre yapılan çözümlene için elde edilen HKO=1.3709 değerinin, X'in bağımlı Y'nin bağımsız değişken olarak ele alınması ile (Huber(Y/X)) yapılan çözümlenenin HKO=1.6191 değerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Benzer olarak $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımları için Huber(Y/X)'e ait HKO'nun Huber (X/Y) için bulunan HKO'dan düşük olduğu saptanmıştır. n = 10 örneklem hacmindeki aykırı değer içeren veri setleri için sd.'si arttıkça Huber Açığortay regresyon tekniğine ait HKO değerlerinin azaldığı dolayısı ile sd arttıkça bu tekniğin performansının arttığı dikkat çekmektedir. Tablo 7.'de verilen sağlam regresyon tekniklerinin görelî etkinlikleri incelendiğinde Huber(Y/X) regresyon tekniğinin Huber(X/Y) regresyon tekniğine göre daha etkin olduğu söylenebilir. Ayrıca dağılımın serbestlik derecesinin değişmesi tekniklerin etkinlikleri üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Tablo 8'de, n=10 örneklem büyüklüğünde, 4 sd.li t dağılımına sahip ve aykırı değer içeren veri setinin bulanık olması durumunda X'in bağımsız Y'nin bağımlı değişken olarak ele alınması ile Bulanık Huber regresyon tekniği (Bulanık Huber(Y/X)) için elde edilen HKO=1,644, değerinin X'in bağımlı Y'nin bağımsız değişken olarak ele alınması (Bulanık Huber(Y/X)) ile elde edilen HKO=1.655 değerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum 10 ve 30 serbestlik dereceli t dağılımları içinde geçerlidir. Veri setinin bulanık olması durumunda

serbestlik derecesinin arttığı t dağılımları için Bulanık Huber Açığortay regresyon tekniğine ait HKO değerlerinin gittikçe azaldığı görülmekle beraber bu tekniğin diğer iki tekniğe göre daha iyi performans sergilediği de söylenebilir. Bulanık bir veri setinde aykırı değer söz konusu olduğu zaman regresyon tekniklerinin birbirlerine göre çok fazla etkin bir çözümlene gerçekleştirdiği söylenemez. Ayrıca dağılımın serbestlik derecesinin değişmesi etkinlik üzerinde etkili olmadığı dikkat çekmektedir.

Tablo 9 incelendiğinde, serbestlik derecesinin 4 olduğu, aykırı değer içeren t dağılımı için Huber(X/Y) regresyon tekniğinin HKO'sı 1,147 iken, Huber(Y/X) regresyon tekniğinin HKO'sı 1,096 olarak (daha düşük) olarak hesaplanmıştır. Serbestlik derecelerinin 10 ve 30 olarak değiştiği dağılımlarda ise Huber(Y/X) regresyon tekniğinin daha düşük hatayla çözümlene yaptığı gözlemlenmiştir. Huber Açığortay regresyon tekniğinin, serbestlik derecesi 4, 10 ve 30 serbestlik dereceli t dağılımı için, HKO'sı sırasıyla 1,188, 1,190 ve 1,146 olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu sonuca göre dağılım değiştikçe tekniğin performansı için bir şey söylemek mümkün değildir. 4 ve 30 serbestlik dereceli t dağılımlarında aykırı değer söz konusu olduğu zaman Huber(Y/X) regresyon tekniği, Huber(X/Y) regresyon tekniğine göre daha etkin bir performans gösterdiği R.E (görelî etkinlik) değerlerine bakılarak tespit edilmiştir. Ancak 10 serbestlik dereceli t dağılımında ise bu iki tekniğin birbirlerine göre daha etkin olmadığı söylenebilir.

Tablo 10.'de verilen, örneklem büyüklüğü n=50 olan t dağılımı ($t_{(4)}$) için X'in bağımsız Y'nin bağımlı değişken olarak ele alındığı Bulanık Huber(Y/X) regresyon tekniğinin için HKO=1,147 iken, X'in bağımlı Y'nin bağımsız değişken olarak ele alındığı Bulanık Huber(Y/X) regresyon tekniği için HKO=1,152 olarak elde edilmiştir. t dağılımının serbestlik derecesi arttıkça ($t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ olduğunda) Bulanık Huber(Y/X) regresyon tekniğinin Bulanık Huber(X/Y) regresyon tekniğine göre daha düşük HKO'sına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bulanık Huber Açığortay regresyon

tekniklerinin $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında sırasıyla HKO'sunun 1,140, 1,105 ve 1,087 olarak tespit edilmiştir dolayısıyla böyle bir veri seti için t dağılımının serbestlik derecesi arttıkça Bulanık Huber açığortay regresyon tekniğinin HKO'sı değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Göreli etkinlikleri bakımından incelendiğinde, Bulanık Huber(Y/X) regresyon tekniği, Bulanık Huber(X/Y) regresyon tekniğine göre sadece 4 serbestlik dereceli t dağılımı için etkinken, dağılım serbestlik derecesinin 10 ve 30 olduğu durumlarda böyle bir etkinlikten söz etmek mümkün olamamaktadır.

Tablo 11'deki sonuçlara göre örneklem büyüklüğünün 100 olması durumunda 4 serbestlik dereceli t dağılımı için X'in bağımsız Y'nin bağımlı değişken olarak ele alındığı Huber(Y/X) regresyon tekniğinde elde edilen HKO=1,056 değerinin, X'in bağımlı Y'nin bağımsız değişken olarak ele alındığı Huber(X/Y) regresyon tekniğinden elde edilen HKO=1,110 değerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. 10 ve 30 serbestlik derecelerine sahip dağılımlarda Huber(Y/X) regresyon tekniğinin Huber(X/Y) regresyon tekniğine göre daha düşük HKO'sına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bulanık Huber Açığortay regresyon tekniğinin $t_{(4)}$, $t_{(10)}$ ve $t_{(30)}$ dağılımlarında sırasıyla HKO değerleri sırasıyla 1,148, 1,138 ve 1,107 olarak hesaplanmıştır. Aykırı değer içeren ve 100 birim örneklem hacmine sahip bir veri setinde, dağılımın serbestlik derecesi arttıkça Huber açığortay regresyon tekniğinin HKO değerinin de azaldığı dikkatleri çekmektedir. 4, 10 ve 30 serbestlik dereceli t dağılımlarında, Huber(X/Y) regresyon tekniğinin en etkili çözümlenme gerçekleştirdiği serbestlik derecesinin 10 olduğu söylenebilir. Ayrıca Huber (Y/X) regresyon tekniğinde örneklem hacminin 100 birim olduğu durumda, Huber(X/Y) ve Huber Açığortay

regresyon tekniklerine göre dağılımın serbestlik derecesinin, tekniğin etkinliği üzerinde bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 12'de verilen benzetim sonuçlarına göre 4, 10 ve 30 serbestlik derecesine sahip aykırı değer içeren veri setinde Bulanık Huber(X/Y) regresyon tekniği için HKO değerleri sırasıyla 1,111, 1,066 ve 1,066 olarak hesaplanmıştır. Bulanık Huber(Y/X) regresyon tekniğinin 4, 10 ve 30 serbestlik derecelerindeki t dağılımı için HKO değerleri ise sırasıyla 1,105, 1,061 ve 1,060 olduğu ve bu değerlerin Bulanık Huber(X/Y) regresyon tekniği için hesaplanan değerlerden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bulanık Huber Açığortay regresyon tekniğinin serbestlik derecesi 4, 10 ve 30 olan t dağılımı için HKO değerleri sırasıyla 1,104, 1,058 ve 1,058 olarak hesaplanmış ve serbestlik derecesinin 10 ve daha fazla olması durumunda HKO değerinin değişmediği sonucuna gözlemlenmiştir. Bulanık Huber (Y/X) regresyon tekniğinin örneklem hacminin n=100 birim olduğu durumlarda, veri setinde hem aykırı değer hem de bulanıklık söz konusu iken 4, 10 ve 30 serbestlik dereceli dağılımlarda, Huber(X/Y) ve Huber Açığortay regresyon tekniklerine göre etkinliğini değiştirmedeği söylenebilir. Ancak bu serbestlik derecelerinde Bulanık Huber(X/Y) regresyon tekniği t dağılımının serbestlik derecesinin 10 olduğu durumda diğer tekniklere göre daha etkin olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Bulanık Huber(Y/X) regresyon tekniğinin 10 serbestlik dereceli t dağılımında Bulanık Huber(X/Y) regresyon tekniğine göre daha etkili performans gösterdiği gözlemlenmiştir.

Bulgulara ilişkin genel sonuçlar Tablo 13'te özetlenerek verilmiştir.

Tablo 13. Regresyon tekniklerinin R.E. kriterine göre karşılaştırılması

Regresyon tekniği	$t_{(4)}$			$t_{(10)}$			$t_{(30)}$		
	n=10	n=50	n=100	n=10	n=50	n=100	n=10	n=50	n=100
EKK(X/Y)	104	109	110	103	108	109	103	107	107
EKK(Y/X)	164	176	175	179	204	207	191	225	227
EKK Açıortay	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Bulanık EKK(X/Y)	98,5	98,3	98,1	98,6	98,8	99	98,7	98,4	98,3
Bulanık EKK(Y/X)	107	107	107	106	106	107	106	107	107
Bulanık EKK Açıortay	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Huber(X/Y)	95,8	103	103	96,2	106	106	94,5	104	103
Huber(Y/X)	113	108	108	114	107	109	114	107	108
Huber Açıortay	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Bulanık Huber(X/Y)	96,1	98,9	99,3	96	98,9	99,2	95,9	98,8	99,2
Bulanık Huber(Y/X)	96,8	99,3	99,9	96,6	99,2	99,7	96,4	99,4	99,8
Bulanık Huber Açıortay	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablo 13 incelendiğinde, 4 serbestlik dereceli t dağılımında, örneklem hacminin 50 ve daha fazla olması EKK(Y/X) ve EKK(X/Y) regresyon tekniklerinin etkinliklerinin EKK Açıortay regresyon tekniğine göre, değiştirmedeği gözlemlenmiştir. Ancak t dağılımın serbestlik derecesinin 10 ve 30 olması durumunda durumun da, örneklem hacmi ile birlikte EKK(Y/X) regresyon tekniğinin etkinliğinin, EKK(X/Y) ve EKK Açıortay regresyon tekniklerine göre arttığı dikkat çekmektedir.

Bulanık bir veri setine sahip farklı serbestlik dereceli t dağılımlarında örneklem hacminin değişmesi Bulanık EKK(X/Y) ve Bulanık EKK(Y/X) regresyon tekniklerinin etkinlikleri üzerinde bir değişikliğe sebep olmamaktadır.

Veri setinin aykırı değer içermesi durumunda,

Huber(Y/X) ve Huber(X/Y) regresyon tekniklerinin göreceli etkinlik değerlerinin dağılımın serbestlik derecesi ile bir bağlantısı olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca örneklem hacminin 50 ve daha fazla olması ile bu regresyon tekniklerinin etkinliklerinin değişmediği söylenebilir.

Bulanık bir veri setinde aykırı değer söz konusu olduğu zaman 4, 10 ve 30 serbestlik dereceli t dağılımlarında en etkili tekniğin Bulanık Huber açıortay regresyon tekniği olduğu gözlemlenmiştir. Örneklem hacminin 50 ve daha fazla olması durumunda ise Bulanık Huber(Y/X), Bulanık Huber(X/Y) ve Bulanık Huber açıortay regresyon tekniklerinin etkinliklerinin değişmediği dikkatleri çekmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Matlab paket programı ile Monte-Carlo benzetim çalışmasının yapıldığı bu çalışmada benzetim sonuçları incelendiğinde;

EKK Açırtay regresyon tekniğinde, aynı serbestlik derecesine sahip farklı örneklem büyüklüklerin de bulanık veri setleri için HKO'sı kriterine bakarak performansları karşılaştırıldığında örneklem hacminin artmasıyla HKO'sı değeri de azaldığı dikkat çekmektedir. Ayrıca dağılımın serbestlik derecelerinin 4, 10 ve 30 olduğu durumlarda en düşük HKO'sı değeri 10 serbestlik dereceli t dağılımına ait olduğu gözlemlenmiştir.

Bulanık EKK Açırtay regresyon tekniğinde, farklı dağılış biçimlerinde ve farklı örneklem büyüklüklerinde, örneklem hacmin arttığı zaman HKO değerinin düştüğü ve 4, 10 ve 30 serbestlik dereceli t dağılımlarında en düşük HKO'sı değeri 10 serbestlik dereceli dağılıma ait olduğu tespit edilmiştir.

Huber Açırtay regresyon tekniğinde ise, farklı dağılış biçimlerinde, farklı örneklem büyüklüklerindeki veri setleri karşılaştırılmıştır ve sonuç olarak aynı serbestlik derecesine sahip farklı örneklem büyüklüklerinde üretilmiş veri setlerinde örneklem hacmi arttıkça HKO değeri düşmektedir. Dağılımın serbestlik derecesinin HKO üzerinde bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Bulanık Huber Açırtay regresyon tekniğinde, farklı dağılış biçimlerinde, farklı örneklem büyüklüklerindeki veri setleri karşılaştırılmıştır ve sonuç olarak aynı serbestlik derecesine sahip farklı örneklem büyüklüklerinde üretilmiş veri setlerinde örneklem hacmi arttıkça HKO değeri düşmektedir. Ayrıca dağılımın serbestlik derecesi arttığı zaman HKO'nun yine düştüğü gözlemlenmiştir.

İlerleyen aşamalarda çalışmanın doğrusal olmayan modellere uyarlanması ve diğer Tip II tekniklerine kapsayacak şekilde genişletilmesi planlanmaktadır. Yapılan bu çalışmanın ölçüm hatalı regresyon teknikleri yardımıyla çözümlenebilecek

olan diğer araştırmacılara faydalı olması ve farklı bakış açıları sunması ümit edilmektedir

Kaynaklar

- Apaydın, A. ve Şanlı, K. (2004). The Fuzzy Robust Regression Analysis, The Case of Fuzzy Data Set Has Outlier, *G.U Journal of Science* **17(3)**: 71-84.
- Gazeloğlu C. (2012) Doğrusal Tip Iı Regresyon Tekniklerinin Monte-Carlo Benzetim Çalışması İle Karşılaştırılması: Sağlam, Bulanık Ve Sağlam Bulanık Teknikler, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Kaufmann, A. , (1975). Introduction to the theory of Fuzzy Sub-sets, Academic Press, 495-496
- Kılıç İ., Doğan İ., Selvi P., Gazeloğlu C. ve Saraçlı S. (2011), Bulanık Basit Doğrusal Tip II Regresyon Analizi, 13. Biyoistatistik Kongresi, Ankara.
- Nasrabadi, M.M. and Nasrabadi, E. (2004). A Mathematical-Programming Approach to Fuzzy Linear Regression Analysis, *Applied Mathematics and Computations* **155**: 873-881.
- Saraçlı, S. (2008). Ölçüm Hatalı Modellerde Doğrusal Regresyon Tekniklerinin Karşılaştırılması –Monte-Carlo Simülasyon Çalışması-. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 122.
- Saraçlı S. ve Çelik H.E., (2010) Performance of OLS-Bisector Regression in Method Comparison Studies, *World Applied Science Journal* **12(10)**: 1860-1865.
- Shapiro, F.A. (2005). Fuzzy regression models. Penn State University, **06**: 12
- Şıklar, E. (2000). Regresyon Analizine Giriş, Anadolu Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Yayınları, Eskişehir.
- Tiku, M.L. and Akkaya, A.D. (2004). Robust Estimation and Hypothesis Testing, New Age International, New Delhi.
- Yücel, L.İ. (2005). Bulanık Regresyon: Türkiye'de 1980-2004 Yılında Kayıt Dışı Ekonominin Bulanık Yöntemlerle Tahminine İlişkin Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 129.
- Yıldırım, N. (2010). En Küçük Kareler, Ridge Regresyon ve Robust Regresyon Yöntemlerinde Analiz Sonuçlarına Aykırı Değerlerin Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Adana, 80.