

Medikal Metod Karşılaştırma Çalışmalarında Deming Regresyon Tekniği

Deming Regression Technique in Medical Method Comparison Studies

Sinan SARAÇLI,^a
İsmet DOĞAN,^b
Nurhan DOĞAN^b

^aİstatistik Bölümü,
Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi,
^bBiyoistatistik AD,
Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi
Tıp Fakültesi, Afyonkarahisar

Geliş Tarihi/Received: 17.07.2008
Kabul Tarihi/Accepted: 16.10.2008

Yazışma Adresi/Correspondence:
Sinan SARAÇLI
Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi,
Ahmet Necdet Sezer Kampusu,
Fen-Edebiyat Fakültesi,
İstatistik Bölümü,
Gazlıgöl yolu 03200 Afyonkarahisar
TÜRKİYE/TURKEY

ÖZET Amaç: Metod karşılaştırma çalışmalarında, iki metod arasındaki uyumu karşılaştırırken, farklı teknikler kullanılmaktadır. Daha önce yapılmış bazı çalışmalara göre, bu tekniklerden birisi olan regresyon analizini kullanmak doğru bir yaklaşım değildir. Bunun başlıca sebebi ise, regresyon yaklaşımında en küçük kareler (EKK) tekniğinin varsayımları gereği bağımsız değişkenin herhangi bir ölçüm hatası içermediğini düşünmesi ve regresyon denklemindeki eğim katsayısının anlamlılığını "0" a karşı sınıyor olmasıdır. Ancak literatürde tip II regresyon tekniği olarak geçen ve bağımsız değişkendirdeki ölçüm hatasını da dikkate alarak regresyon denklemindeki eğim parametresini, ele alınan iki metod arasındaki uyumu düşünerek "1" e karşı sınavan Deming regresyon tekniği, metod karşılaştırma çalışmalarında oldukça etkili sonuçlar vermektedir. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmada Deming regresyon tekniğinin üstünlüğünü ortaya koyabilmek için normal dağılıma uygun, farklı örneklem büyüklüklerinde, aykırı değer içeren ve içermeyen veri setleri için EKK Regresyon tekniği ile Deming Regresyon tekniğinin performanslarını karşılaştırmak amacıyla bir simülasyon çalışması yapılmıştır. **Bulgular:** Simülasyon çalışması sonuçlarında normal dağılıma uyan, aykırı değer içeren ve içermeyen veri setleri için, 50, 100 ve 200 birim büyüklüğündeki örneklemelerin tamamında Deming regresyon tekniği ile sabit terim katsayısı ve eğim katsayısını gerçeğe en yakın ve hata kareler ortalaması da EKK'ya göre daha küçük olarak elde edilmiştir. **Sonuç:** Deming regresyon tekniği çalışmada ele alınan her durumda daha iyi bir performans sergilemiştir.

Anahtar Kelimeler: Metod karşılaştırma; Deming regresyon; kalibrasyon; simülasyon çalışması

ABSTRACT Objective: There are different techniques used in method comparison studies while comparing the adaptation of two methods. For some earlier studies, using the regression analysis, which is one of these techniques, is not a correct approach. The main reason for this idea is, in regression analysis, because of the assumptions of Ordinary Least Squares (OLS) technique, the independent variable can not include any measurement error and the slope coefficient of the regression equation is tested for "0". However the Deming Regression, which is called as type II regression Technique in literature and which considers the measurement error of the independent variable and tests the slope coefficient for "1", gives efficient results in method comparison studies. **Material and Methods:** In this study, to put forward the superiority of the Deming regression technique, a simulation study is made under normal distribution for different sample sizes and for the data sets either including any outlier or not to compare the performances of OLS and Deming techniques. **Conclusion:** As the results of the simulation study, for the data sets, distributed as normal, either including any outlier or not, and in sample sizes 50, 100 and 200, Deming regression technique estimated both the intercept and the slope parameters better than OLS and it is also found that the Mean Square Error of Deming regression is smaller than the OLS technique. **Results:** As a result, the Deming technique gave the best results for all conditions in this simulation study.

Key Words: Method comparison; deming regression; calibration; simulation study

Tıp'ta genellikle kan basıncı, gebelik, kalp atması gibi aynı niceliği ölçen iki farklı metodun karşılaştırması yapılır. Bazı durumlarda benzer ya da aynı sonucu veren mevcut iki metodun karşılaştırması da yapılır. Bu aslında bir kalibrasyon problemidir. Ancak metod karşılaştırma çalışmalarında bazı durumlarda yeni bir metodun, mevcut metod ile aynı sonuçları verdiği, bunun yanında hem zaman, hem kullanım kolaylığı hem de ekonomik açıdan üstünlük sağladığı bilinmektedir. Bu amaçlar doğrultusunda metod karşılaştırma çalışmalarının önemi büyüktür.¹

Klinik araştırmalarda kullanılan, “metod Karşılaştırma” ifadesinden anlaşılması gereken, bir klinik araştırmada ele alınan iki klinik tekniğin birbirine uyumu ve referans tekniğe alternatif olarak sunulabilecek olan tekniğin geçerliliğini hatta üstünlüğünü araştırmaktır. Bu sayede yeni gelişmelere, dolayısıyla insan hayatında etkili ve faydalı olabilecek yeni tekniklerin ortaya çıkmasına olanak sağlamak amaçlanmaktadır. İki klinik ölçüm tekniğinin istatistiksel modellemesini yapmak ve karşılaştırmak için mutlaka bu teknikler aracılığı ile elde edilmiş verilere ihtiyaç vardır. Söz konusu teknikler aracılığı ile yapılan bu ölçümlerin ne kadar gerçekçi olduğu, istatistiksel ifade ile ne kadar doğru, yansız ve geçerli olduğu, elde edilen sonuçlara o oranda yansiyacaktır.

Günümüze kadar yapılan metod karşılaştırma çalışmaları incelendiğinde, regresyon tekniklerinin bu çalışmalarda çok büyük bir yere ve öneme sahip olduğu dikkat çekmektedir. Ancak yukarıda da bahsedildiği üzere metod karşılaştırma çalışmalarında, mevcut her iki teknik ile yapılan ölçümlerin de hata içermesinin söz konusu olduğu düşünüldüğünde, klasik regresyon analizi yaklaşımının bu durumda geçerli bir sonuç vermesini beklemek yanlış olacaktır.

Elde edilen veriler bir ölçüme dayandığından dolayı yapılan ölçümün güvenilir olması oldukça önemli bir noktadır. Ölçüm kavramının doğası nedeniyle hangi araç ve gereçle, hangi koşullarda, hangi kişilerce ölçüm yapılırsa yapılsın, çok hassas teçhizatlar kullanılması durumunda yapılan bir ölçüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı koşullar

altında dahi olsa tekrarlanması pratikte mümkün olmayabilir.

Ölçüm, gerek ölçülen değişkeni gerek ölçüm işlemlerini az ya da çok etkileyen birçok etkenin etkisi altında yapılan bir işlemdir. Ölçme hatası, ölçülen nesnenin ya da niteliğin gerçek değeri ile ölçme sonunda elde edilen değeri arasındaki farktır. Ölçmeye çalışılan niteliğin, gerçek değeri bilinmediği için ölçümlere karışacak hata miktarını ve yönünü bilemeyiz. Bu nedenle, sorunu işlevsel bir boyuta indirgeyebilmek için gerçek değer kavramı yerine ortalama değer kavramı kullanılır.⁷

İki teknik ile yapılan ölçüm sonuçlarından birincisi Y, ikincisi ise X ölçümleri olarak düşünüldüğünde, klasik regresyon teknikleri doğasından dolayı X tekniği ile yapılan ölçümlerin hata içermediğini, mevcut hatanın Y tekniğindeki gözlemlerden kaynaklandığını varsayacağı için, X tekniği ile yapılan ölçümlerde meydana gelebilecek hatalar dikkate alınmayacak ve dolayısıyla yanlış sonuçlara ulaşılabilecektir. Oysaki metod karşılaştırma çalışmalarında hangi tekniğin X, hangi tekniğin Y ölçüm değerlerine sahip olduğunun bir önemi yoktur. Her iki ölçüm tekniğindeki hataları da dikkate alan ve literatürde tip II regresyon teknikleri olarak adlandırılan tekniklere başvurmak, yapılan metod karşılaştırma çalışmalarında daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesine olanak verecektir.

metod karşılaştırma çalışmalarında mevcut metod ile yeni geliştirilen bir metodun karşılaştırılması yapılır. Ancak burada mevcut metodun en iyi metod olduğu kesin değildir ve bu yüzden referans metod olarak da adlandırılır. İki metod karşılaştırılırken, her iki metoddan da birçok numune çifti alınır.¹³ metod karşılaştırma çalışmalarında ele alınan değişkenlerin ölçü birimlerinin eşit olması da oldukça önemli bir noktadır.⁶

Ülkemizde yapılan metod karşılaştırma çalışmaları incelendiğinde, bu konuda yapılan çalışmaların oldukça az olduğu dikkat çekmektedir. Genç ve ark., 2003 yılında, bilinen regresyon tekniklerinin iki klinik metod arasındaki uyumu ölçmede yanlış sonuçlar verdiğinin üzerinde durarak regresyon tekniğine alternatif olarak Bland-Altman yöntemi üzerinde durmuşlardır. 2001 yılında

tarafından yayınlanan çalışmada ise, test metodu ve referans metod arasındaki uyumu belirlemede Deming regresyon tekniğinden yararlanılmıştır.⁹

metod karşılaştırma üzerine yapılan regresyon çalışmaları incelendiğinde, bu konudaki en önemli çalışmanın, 1943 yılında Deming tarafından yapıldığı görülmektedir. Deming, 1943 yılında, EKK regresyon tekniğinin varsayım hatalarına dikkat çekmiş ve bağımsız değişken (X)'in de pratikte hata içermesinin söz konusu olabileceği üzerinde durmuştur.⁴

Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalar, metod karşılaştırma çalışmalarının genellikle klinik araştırmalar üzerine olmasından dolayı biyokimya dergileri içerisinde yer almıştır. metod karşılaştırma çalışmalarında regresyon analizinden başka, Bland-Altman Tekniği önemsenmesi gereken diğer bir yaklaşımdır. Bu teknikte verilerin dağılımı bir grafik üzerinde incelendikten sonra, konusunda uzman kişiler uyum sınırlarını belirleyerek iki metodun aynı amaç için kullanılıp kullanılmayacağına karar verilir. Regresyon analizinin kullanıldığı çalışmalarda, Deming'in tekniğine alternatif olan ve parametrik olmayan bir teknik olan Passing-Bablok tekniği de oldukça önemli bir tekniktir ancak bu tekniğin Deming tekniği kadar etkili olmadığı gözlemlenmiştir. Mevcut metod karşılaştırma çalışmalarında kullanılan hazır yazılımlar incelendiğinde, birçok yazılımın içerisinde Deming, Passing-Bablok ve Bland-Altman tekniklerine yer verilmektedir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

EKK regresyon tekniği, bağımsız değişkenin bir ölçüm hatası içermediğini ve bağımlı değişkenin de sabit analitik etkiye sahip olduğunu varsayar [homoskedastik (sabit varyans) olarak da bilinir]. Pratikte bu iki varsayım nadir olarak geçerlidir.¹⁶

Tip II regresyon tekniklerinin söz konusu olmadığı durumlarda, klinik çalışmalarda ele alınan iki metod arasındaki uyumu araştırmada regresyon analizinin kullanılması, aşağıdaki nedenlerden dolayı doğru değildir.⁸

■ Regresyon analizinin amacı, noktalara en yakın doğruyu çizmek için ve katsayılarını kes-

tirmektir. β_0 ve β_1 katsayılarının anlamlılık testi 0'a karşı yapılır. Fakat uyumu göstermede regresyon analizi kullanılacaksa regresyon eğrisi $\beta_0=0$ ve $\beta_1=1$ 'e karşı test edilmelidir. Yani iki yönteme ait değerler saçılım grafiğinde eşitlik çizgisi (line of equality) üzerinde olmalıdır. Paket programlarda β_0 ve β_1 'in testinin 0'a karşı yapıldıkları unutulmamalıdır.

■ Regresyon analizi X bağımsız değişkeni ile Y bağımlı değişkeni arasındaki ilişkiyi inceler. Uyumu göstermede regresyon analizi kullanılırken hangi yönteme ait verilerin X, hangilerinin Y olarak kabul edilmesi gerektiğine dair bir bilgi yoktur.

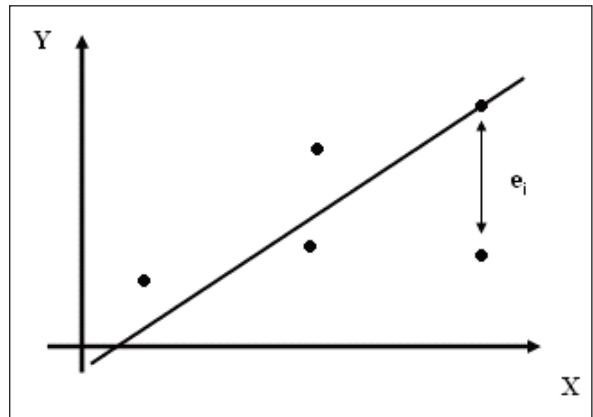
EN KÜÇÜK KARELER (Y | X) REGRESYON TEKNİĞİ

EKK regresyon analizi hesaplamaları Şekil 1'de de görüldüğü üzere, regresyon doğrusundan, dikey yöndeki kareli sapmaların minimize edilmesi temeline dayanır. Bu hatanın normal dağıldığı varsayılmaktadır.

EKK tekniği bilinen en klasik regresyon tekniğidir ve sadece bağımlı değişkendir (Y) hataları dikkate alındığından, literatürde tip I regresyon Tekniği olarak bilinmektedir. Bu teknik sadece Y ölçümlerinin hata içerebileceğini varsaydığı için, eğim parametresi yanlı tahmin edilebilir. Bu yüzden hem X hem de Y'nin hata içerebileceği durumlarda, EKK'ya alternatif olan tip II regresyon tekniklerini kullanmak daha uygun olmaktadır.

DEMİNG REGRESYON TEKNİĞİ

Klinik çalışmalarda son yıllarda oldukça önerilen bir teknik olan Deming regresyon, tip II paramet-



ŞEKİL 1: EKK (Y|X) tekniğinde ele alınan hatalara ilişkin grafik.

rik regresyon tekniği olarak da bilinmekte ve standartlaştırılmış temel bileşenler analizine benzenmektedir.¹⁷

Deming 1943 yılındaki çalışmasında her iki değişkenin de hatalı ölçümlere sahip olması durumunda gözlem değerlerine en iyi uyacak doğru denklemini verecek fonksiyonun minimize edilmesini önermiştir.

Deming regresyon tekniğinde minimize edilmek istenilen hata kareler toplamı (HKT), Eşitlik 2.1'de görüldüğü gibi hesaplanır.

$$HKT = \sum \left\{ (x_i - X_i)^2 + \lambda (y_i - Y_i)^2 \right\} \quad [2.1]$$

Deming regresyon tekniği, her iki değişkendeki hatayı dikkate alarak en uygun regresyon doğrusunu sunar.³

Deming tekniği ile regresyon doğrusunu kestirmek için Eşitlik 2.2'de görülen λ değerinin bilinmesi gerekmektedir.

$$\lambda = \frac{S_{ex}^2}{S_{ey}^2} \quad [2.2]$$

Burada; S_{ex}^2 ve S_{ey}^2 , sırası ile X ve Y gözlem değerlerine ilişkin hataların varyanslarıdır.

Hesaplanan bu λ değeri, kareli sapma toplamlarını doğru üzerinde minimize ederek açığı belirlemeye olanak sağlar.

Deming regresyon analizinde, gözlem değerlerinin regresyon doğrusuna λ açısıyla olan uzaklığının karesi minimize edilmeye çalışılır.¹¹ Lamda değeri 1'e eşit olduğunda gözlem noktasının doğruya olan dik uzaklığı söz konusu olmakta ve bu durumda gözlem değerlerinden regresyon doğrusuna çizilen dikey ve yatay uzaklıklar sonucunda oluşan üçgen ikizkenar dik üçgen olmakta bu da Deming regresyon sonuçlarının ortogonal regresyon tekniği ile aynı olduğu anlamına gelmektedir.

Deming ele alınan problemde doğru fonksiyonunu, eğim, sabit terim ve uyarlanmış noktaların varsayımsal değerleri için kareli ve daha yüksek

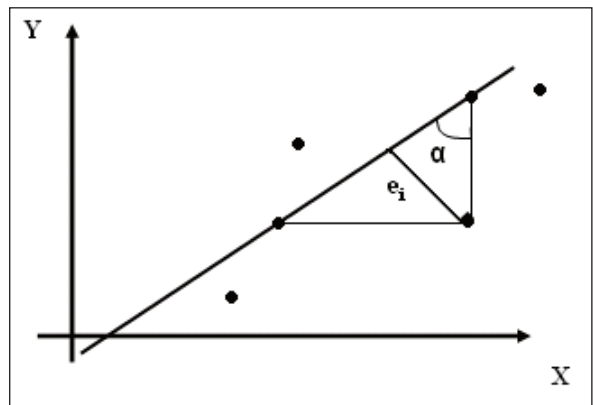
mertebeli terimleri dışarıda tutarak Taylor serisine açarak oldukça basitleştirmiştir.¹⁴ Ancak ne yazık ki, yüksek dereceden terimleri ihmal etmek bazı durumlarda istatistiksel açıdan anlamlı hatalara sebep olabilmektedir. Deming'in ele aldığı bu problemin tam ve genel çözümü York tarafından verilmiştir.¹⁵

Deming, ilk olarak λ değerinin sabit bir değer olduğunu düşünmüştür. Bu durumda hesaplanan regresyon denklemi en basit haldeki Deming regresyon formülüdür. Son yıllarda Linnet, Deming'in belirli koşullar altında sunduğu formülasyonları yeniden incelemiştir.¹⁴

Deming'in probleme yaklaşımı X ve Y değişkenlerindeki hataların kareler toplamını eş zamanlı olarak minimize etmektir. Şekil 2'de gösterildiği gibi regresyon doğrusuna dikey uzaklıkların kareler toplamı minimize edilir.³

Şekil 2'den de görüleceği üzere Deming metodu, diğer bir ifade ile hata içeren değişkenler modeli, hem X hem de Y'deki hataları dikkate aldığından, EKK'e göre daha uygun olabilmektedir.¹¹

Daha sonra birçok bilim adamı tarafından üzerinde çalışılmış ve çeşitli düzenlemeler yapılmış olan Deming tekniğinde tahmin edilmek istenilen regresyon denklemine ait eğim katsayısı olan β_1 , Eşitlik 2.4 yardımı ile elde edilmektedir. Bu eşitlikte yer alan u, p ve q ifadeleri ise Eşitlik 2.3'de belirtildiği gibi hesaplanır.



ŞEKİL 2: Deming Regresyon Tekniğinde ele alınan model grafiği.

$$u = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$q = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

$$p = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad [2.3]$$

$$\beta_1 = \frac{(\lambda q - u) + \sqrt{(u - \lambda q)^2 + 4\lambda p^2}}{2\lambda p} \quad [2.4]$$

Sabit katsayıyı ifade eden β_0 katsayısı ise Eşitlik 2.5'te görüldüğü gibi elde edilir.

$$\beta_0 = \bar{y} - b\bar{x} \quad [2.5]$$

Deming regresyon hesaplamalarında, X ve Y değişkenlerine ait hataların normal dağıldığı varsayılır.²

Deming regresyonda, sabit terim ve eğim katsayısı için sunulan genel formülasyonlar pratikte oldukça karışıktır. Bu hesaplamalar için simülasyon temelli olan Jacknife gibi bir tekrarlı örnekleme tekniği kullanmak gereklidir.¹²

Deming regresyonda hesaplanan eğim katsayısına ait standart hata hesabı Jacknife temelli bir hesaplama ile elde edilir.¹⁰

BULGULAR VE SİMÜLASYON SONUÇLARI

Çalışmanın dördüncü bölümü olan simülasyon kısmında, ikinci bölümde açıklanan regresyon tekniklerinin farklı koşullar altında ortaya koydukları performanslarını karşılaştırmak ve gerçek modele ne kadar yakın tahminlerde buldukları belirlen-

mek istenmiştir. Bu amaçla MATLAB 7.02 paket programı yardımıyla rastgele olarak üretilen, farklı örneklem büyüklüklerinde (n= 50, 100 ve 200), gözlem değerlerinin aykırı değer içerip içermediği durumlarda analiz edilmiştir.

Aykırı değerler için veri seti Dixon'un "Aykırı Değer Modeli" aracılığı ile elde edilmiştir (bkz. 5). Ele alınan örneklem için simülasyon aracılığı ile yapılan tekrarlar; N= [100.000/n] alınarak yapılmıştır. Yapılan bu simülasyonlar için kurulan modele ilişkin Hata kareler ortalaması (HKO) değeri, Eşitlik 2.6'da gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$HKO = \frac{\sum (Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i))^2}{n - k} \quad [2.6]$$

Tüm regresyon denklemleri için gerçek model Eşitlik 2.7'de görüldüğü gibi kurulmuştur. Burada $\beta_0 = 0$ ve $\beta_1 = 1$ olduğundan dolayı en iyi regresyon tekniğinin belirlenmesinde en küçük HKO değerine sahip tekniğin en iyi teknik olduğundan başka, β_0 'i 0'a ve β_1 'i 1'e en yakın olan tekniğin en iyi teknik olduğu da söylenebilir.

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

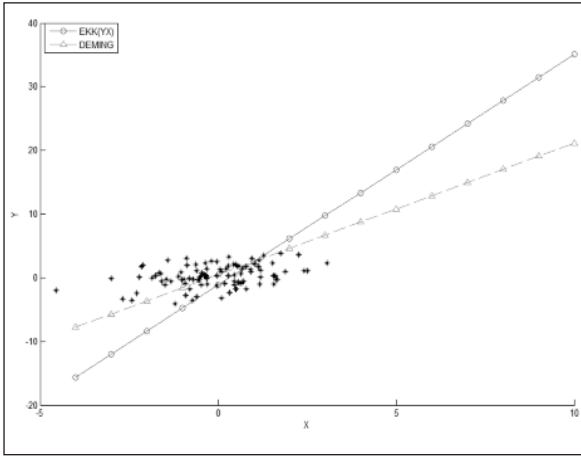
Yapılan simülasyon sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 1'de sunulmuştur. Regresyon doğrularının yer aldığı Şekil 3 ve Şekil 4 tek bir örneklemden elde edilmiş veriler aracılığı ile çizilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde, Deming regresyon tekniğine ait HKO değerinin tüm örneklem büyük-

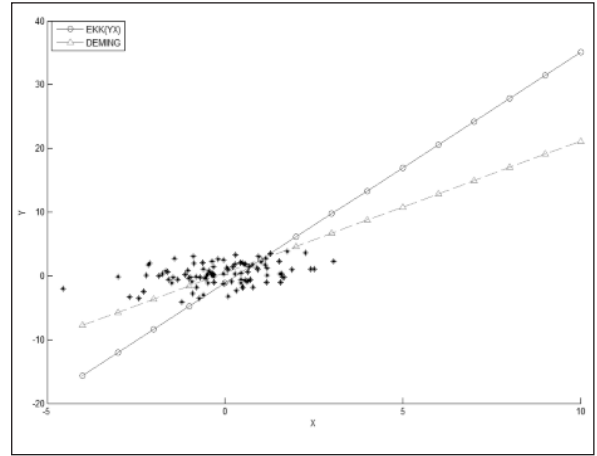
TABLO 1: Normal dağılmış, 50, 100 ve 200 birim büyüklüğünde, aykırı değer içeren ve içermeyen veri seti için simülasyon sonuçları.

Örneklem Hacmi	Regresyon Tekniği	Aykırı Değer Yok			Aykırı Değer Var		
		$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	HKO	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	HKO
n= 50	EKK	-0.3664	1.7282	3.0271	0.1988	4.2388	1371.38
	Deming	-0.0965	1.2199	1.2863	0.0357	2.1289	253.413
n= 100	EKK	-0.3451	1.672	2.5525	-0.024	2.9698	5.5984
	Deming	-0.0918	1.1957	1.1717	0.0044	1.636	1.5403
n= 200	EKK	-0.3559	1.6531	2.4316	-0.0006	2.9144	4.989
	Deming	-0.1003	1.1974	1.1596	0.0002	1.6215	1.4407

HKO: Hata kareler ortalaması.



ŞEKİL 3: 100 birim büyüklüğünde ve aykırı değer içermeyen veri seti için elde edilen regresyon doğruları.



ŞEKİL 4: 100 birim büyüklüğünde ve aykırı değer içeren veri seti için elde edilen regresyon doğruları.

lüklerinde ve aykırı değer içeren ve içermeyen durumlarda EKK tekniğinden daha küçük olduğu görülmektedir. Bu da Deming regresyon tekniğinin performansının EKK tekniğinden üstün olduğu anlamına gelmektedir. Ancak küçük örneklerde ($n=50$ gibi), Deming tahmininin de çok etkin olmadığı HKO değerinin büyük örneklemelere göre çok daha büyük olduğu görülmektedir. Öte yandan sabit terim ve eğim katsayılarına ilişkin bulgular incelenecek olursa, Deming regresyon tekniği ile elde edilen tahminlerde, regresyon denkleminin sabit terim değeri olan $\hat{\beta}_0$ değerinin, kurulan gerçek modeldeki gibi, "0" a, eğim değeri olan $\hat{\beta}_1$ değerinin ise 1'e daha yakın olduğu görülmektedir. Bunun yanında aykırı değer olduğunda hem klasik regresyon hem de Deming regresyon sonuçlarında HKO değerleri aykırı değer olmadığı durumlara göre ciddi bir şekilde büyümektedir. Dolayısıyla aykırı değer varlığında robust regresyon modellerinin kullanılması gerektiği unutulmamalıdır. Bu bağlamda bağımsız değişkene ilişkin gözlem değerlerindeki hatayı da dikkate alarak çözümlemeye giden Deming tekniğinin de bir bakıma robust teknik olduğu ancak büyük örneklerde daha etkili sonuçlar verdiği de unutulmamalıdır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Medikal metod karşılaştırma çalışmalarında, kullanılmakta olan mevcut metod ile yeni geliştirilmiş

bir metod arasındaki uyumu belirleyerek, eğer iyi bir uyum var ise, yeni geliştirilen ve diğerine göre ekonomik ya da kullanım açısından daha üstün olan bir metodun tercihine karar vermek oldukça önemli bir konudur. Bu tür çalışmalarda regresyon analizi oldukça yaygın olarak kullanılan bir teknik olmasına rağmen kimi çalışmalarda regresyon analizinin varsayımlarının sağlanmadığından dolayı kullanılmasının yanlış olduğu da belirtilmektedir. Bilindiği üzere metod karşılaştırma çalışmalarında regresyon analizinden başka Bland-Altman grafiği de yaygın olarak kullanılmaktadır ve regresyon analizi yerine bu tekniğin kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışmaların en büyük eksikliği ise, "Regresyon Analizi" ifadesinden sadece literatürde en yaygın olarak geçen ve EKK mantığı ile hareket eden regresyon yaklaşımlarını düşünerek bu sonuca ulaşmalarıdır.

Bu çalışmada, regresyon analizi kullanarak elde alınan iki medikal metod arasındaki uyumu belirlerken, bağımsız değişkenin de aynen bağımlı değişken gibi ölçüm hatası içerebileceğini düşünerek çözümlemeye giden Deming regresyon tekniğinin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Yapılan simülasyon çalışmaları sonuçları da Deming regresyon tekniğinin her durumda EKK tekniğinden daha iyi bir performans verdiğini göstermiştir.

Literatürde tip II regresyon teknikleri altında birçok istatistiksel teknik yer almaktadır. Ancak

Deming regresyon tekniğinin klinik iki metod arasındaki uyumu ifade etmedeki büyük başarısından ve daha önce yapılmış uluslararası birçok çalışmada yer almasından dolayı bu teknik ele alınarak EKK tekniği ile karşılaştırılmıştır. Şekil 3 ve 4 incelendiğinde, iki metod arasında tam bir uyum söz konusu olduğunda regresyon denkleminin $y = x$

şeklinde olacağından bu eşitliğe Deming tekniğinin daha uygun olduğu grafiksel olarak da görülmektedir. Bu doğrultuda, bundan sonra yapılacak olan metod karşılaştırma çalışmalarında Deming regresyon tekniğinden yararlanmanın, daha sağlıklı sonuçlar elde etmede kullanılabilecek bir araç olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Altman DG, Bland JM. Measurement in medicine: the Analysis of method comparison studies. *The Statistician* 1983;32:307-17.
2. Billo JE. *Excel for Chemists: A Comprehensive Guide*, 2nd ed. Wiley-VCH: New York; 2001. p. 512
3. Cornbleet PJ, Gochman N. Incorrect least-squares regression coefficients in method-comparison analysis. *Clin Chem* 1979;25(3):432-8.
4. Deming EW. *Statistical Adjustment of Data*. New York: Dover Publications Inc; 1943. p.271.
5. Dixon WJ. Analysis of extreme value. *Annals Math Stat* 1950;21:488-506.
6. Dunn G, Roberts C. Modelling method comparison data. *Statistical Methods in Medical Research* 1999;8(2):161-79.
7. Ercan İ, Kan İ. Ölçme ve ölçmede hata. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2006;7(1):51-56.
8. Genç Y, Sertkaya D, Demirtaş S. Klinik araştırmalarda iki ölçüm tekniğinin uyumunu incelemeye kullanılan istatistiksel yöntemler. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası* 2003; 56(1):1-6.
9. Kurtulmuş Y, Tanyalçın T, Bozkaya G, Gündüz O, Çerçi Ö, Kutay FZ, et al. Standardized method comparison for ACS:180 plus and Immulite sensitive PSA (sPSA) measurement methods. *Accred Qual Asur* 2001;6:424-26.
10. Linnet K. Estimation of the Linear Relationship between the measurements of two methods with proportional errors. *Statistics in Medicine* 1990;9:1464-73.
11. Linnet K. Performance of Deming regression analysis in case of misspecified analytical error ratio in method comparison studies. *Clin Chem* 1998;44(5):1024-31.
12. Linnet K. Necessary sample size for method comparison studies based on regression analysis. *Clin Chem* 1999;45(6):882-94.
13. Magari RT. Bias estimation in method comparison studies. *J Biopharmaceutical Statistics* 2004;14:881-92.
14. Martin RF. General deming regression for estimating systematic bias and its confidence interval in method-comparison studies. *Clin Chem* 2000;46:100-4.
15. Reed BC. Linear least-squares fits with errors in both coordinates. *Am J Physics* 1988;57(7):642-6.
16. Stöckl D, Dewitte K, Thienpont LM. Validity of linear regression in method comparison studies: is it limited by the statistical model or the quality of the analytical input data?. *Clin Chem* 1998;44:2340-6.
17. Triboli K. The Grind about Sonicated Chlorophyll (or: Did a Method Change in 1998 Affect EMP Chlorophyll Results?). *Contributed Papers, IEP Newsletter* 2003;16(4):13-24.