T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

BAZI KIRIK HAT (BROKEN-LİNE) REGRESYON MODELLERİNİN SAS İSTATİSTİK PAKET PROGRAMI KULLANILARAK ÇÖZÜMLENMESİ

EMRAL ŞENER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA
EYLÜL-2006

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

BAZI KIRIK HAT (BROKEN-LİNE) REGRESYON MODELLERİNİN SAS İSTATİSTİK PAKET PROGRAMI KULLANILARAK ÇÖZÜMLENMESİ

EMRAL ŞENER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA
EYLÜL-2006

T.C.
Mustafa Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Doç.Dr. Suat ŞAHİNER danışmanlığında, Emral ŞENER tarafından hazırlanan bu çalışma 14/09/2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, Zootekni Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	:Doç.Dr. Suat ŞAHİNER	İmza:………………………
Üye	:Yrd.Doç.Dr. Mustafa ERAYMAN	İmza:………………………
Üye	: Yrd.Doç.Dr. Oğuz KILIÇOĞLU	İmza:………………………

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.
Kod No:

İmza
14/09/2004
Enstitü Müdürü
Prof.Dr. Cemal TURAN

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelgelerin, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

BAZI KIRIK HAT (BROKEN-LİNE) REGRESYON MODELLERİNİN SAS İSTATİSTİK PAKET PROGRAMI KULLANILARAK ÇÖZÜMLENMESİ

ÖZET

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi, o konu ile ilgili tahminler (estimation) ya da kestirimler (prediction) yapabilmek amacıyla regresyon modeli olarak adlandırılan matematiksel bir model ile karakterize eden bir istatistik analiz tekniğidir. Kırık-hat regresyon modelleri, bağımlı değişkenin(Y) bağımsız değişkene(X) gösterdiği tepkinin belli bir veya birden çok noktada ani bir değişim gösterdiği durumlarda, kırılma noktalarını tahmin etmek amacıyla kullanılırlar. Bu çalışmada ;

1) İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli

$Y = L + U * (X-R)$

2) Üç Doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli;

$Y = L + U*X \qquad , X < R_1$

$Y = L + U*R_1 + V*(X-R_1) \qquad , R_1 < X < R_2$

$Y = L + U*R_1 + V*(R_2-R_1) + W * (X-R_2) \qquad , X > R_2$

3) Kuadratik kırık hat regresyon modeli

$Y = a+b*X+c*X^2 , \ X<X_0$

$Y = p \qquad , X\geq X_0$

kırık hat regresyon modellerine ait parametreler ve kırılma noktalarının tahmin edilmesinde İstatistik Analiz Sistemi SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC) paket programının kullanımı ve değişik veri grupları için sonuçların yorumlanması üzerinde durulmuştur.

2006, 32 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kırık-hat (Broken-Line), Regresyon, SAS

ANALYSIS OF SOME BROKEN-LINE REGRESSION MODELS BY USING STATISTICAL ANALYSIS SYTEMS (SAS) SOFTWARE

ABSTRACT

Regression analysis is a statistical method used to estimate the relationships between a dependent variable Y and one (or many) independent variable(s) X. Broken-line regression model is a statistical analysis tecnique that is used to mathmetically characterize cause and effect relationships between two or more variables by using estimations or predictions through a regression model. Broken line regression models are used to estimate the break points in cases where depended variable (Y) was affected by independed variable (X) which show immediate changes on one or more points.

1) Two straight-line, one break-point brokenline regression model;

$Y = L + U * (X-R)$

2) Three straight-line, two break-point brokenline regression model;

$Y = L + U*X \quad , X < R_1$

$Y = L + U*R_1 + V*(X-R_1) \quad , R_1 < X < R_2$

$Y = L + U*R_1 + V*(R_2-R_1) + W * (X-R_2) \quad , X > R_2$

3) Quadratic broken-line regression model

$Y = a+b*X+c*X^2 , \quad X<X_0$

$Y = p \quad , X \geq X_0$

The SAS NLIN procedure (SAS Inst., Inc., Cary, NC) was used to fit two different broken line regression models (a simle two strait-line, one-break point model and a quadratic broken line model). Model descriptions, SAS code, and output are represented and discussed.

2006, 32 sayfa

Anahtar Kelimeler: Broken-Line, Regression, SAS

ÖNSÖZ

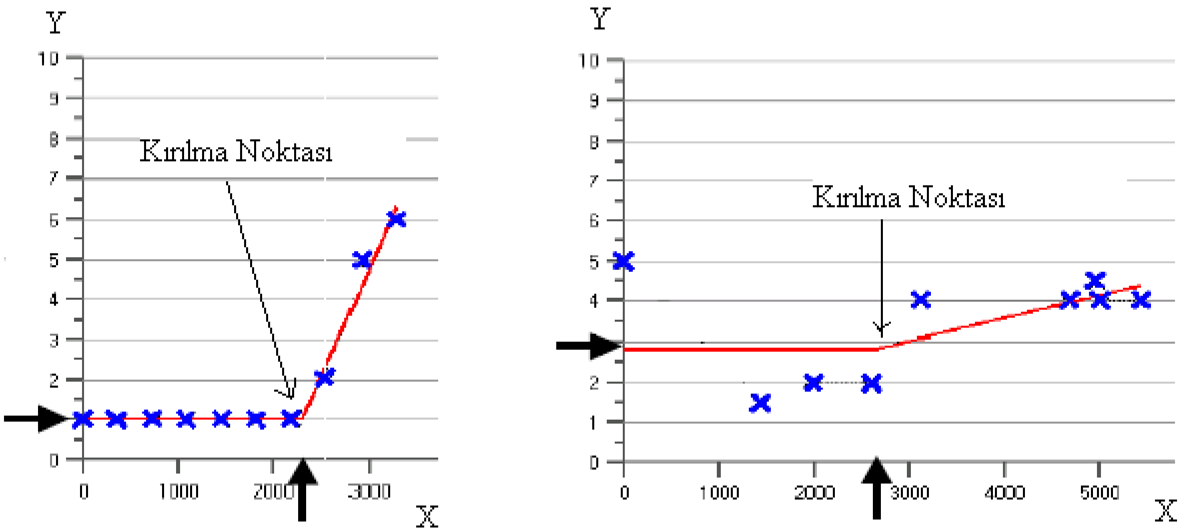
Tez çalışmamın belirlenmesi ve sonuçlandırılmasında, değerli fikir ve katkılarını esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Suat ŞAHİNLER'e (Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü), istatistiksel değerlendirmeler ve yazım aşamasının her kademesinde yardımcı olan sayın Doç. Dr. Mehmet ARSLAN'a (Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü), ve sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa ERAYMAN'a (Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü), yüksek lisans eğitimim sırasında izin veren okul müdürüm Yrd. Doç. Dr. Haldun SUMBAS'a (Mustafa Kemal Üniversitesi Sağlık Yüksek Okulu), ayrıca tez süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

ŞEKİLLER DİZİNİ

1. GİRİŞ

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi, o konu ile ilgili tahminler (estimation) ya da kestirimler (prediction) yapabilmek amacıyla regresyon modeli olarak adlandırılan matematiksel bir model ile karakterize eden bir istatistik analiz tekniğidir. Bazı durumlarda bağımlı değişkenin(Y), bağımsız değişkene(X) gösterdiği tepki belli bir veya daha çok noktada ani değişimler gösterebilir. Bu ani değişimin gözlendiği noktaya kırılma noktası, değişim noktası, geçiş noktası, eşik ya da dönüşüm noktası adı verilir (MOLINARI, ve ark. 2001; STASINOPOULOS ve RIGBY, 1992; SEBER ve WILD, 1989) (Şekil 1).



Şekil 1. Değişkenler arasındaki ilişkinin değiştiği noktalar (Kırılma noktası) (HELLRIEGEL ve ark, 2003).

Veriye ait serpme diyagramında bir veya daha fazla kırılma noktaları olduğu durumlarda, bu noktaların değerleri uygulamada oldukça önemli anlamlar taşır. İstatistikte verinin yapısına, kırılma noktası sayısına ve durumuna göre değişik kırık hat regresyon modelleri (Broken-Line Regression Models) kullanılmaktadır. Bu modellerle ilgili parametreleri tahmin etmede kullanılan regresyon analizi tekniğine ise kırık hat regresyon analizi tekniği denir. Bu teknik istatistik çalışmalarda parçalanmış regresyon (segmented regression, piecewise regression) ya da çok aşamalı regresyon (multi-phase regression) isimleri altında da incelenmektedir (FEDER, 1975; TISHLER VE ZANG, 1981a). Teknik genellikle doz uygulamaları olan örneğin tıp, hayvan besleme, bitki koruma gibi değişik bilim dallarında çok sık kullanılmakla birlikte, verinin yapısına göre tüm bilim dallarında uygulanabilir. Örneğin; besi çalışmaları içerisinde ideal besin maddesi miktarının belirlenmesinde doz tepki verilerinin kırık hat regresyon analiz tekniği kullanılarak tüm doz seviyelerinin tepkisini gösteren bir fonksiyon, bu fonksiyona ait kırılma noktası ve standart hatası tahmin edilebilir. Böylece elde edilen fonksiyonda değişimin başladığı ve önemli anlamları olabilecek bir nokta tesit edilmiş olur.

Yapılan tanımlar arasında büyük bir benzerlik olsa da regresyon fonksiyonunun sürekliliğinde kırılma noktasından önce ve sonra bağımlı değişken üzerine etki değişebilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki fonksiyonel ilişki, X ekseninin kırılma noktası veya değişim noktası olarak isimlendirilen belli bir veya birkaç noktasında farklılaşabilir. Bu farklılaşma sonucunda sık karşılaşılan bazı tipik kırık hat regresyon görünüşleri Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2. Bazı tipik kırık hat regresyon görünüşleri: (a) İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon, (b) Üç Doğrulu İki Kırılma Noktalı Kırık Hat Regresyon, (c) dichotomous değişkene bağlı ilişki (MUGGEO, 2003).

Bu çalışmada, uygulamada çok sık karşılaşılan bazı kırık hat regresyon modellerinin genel tanımı verilmiş, örnek veri grupları üzerinde modellere ait parametre tahminlerinin elde edilmesinde SAS istatistik paket programının kullanılması ve sonuçların yorumlanması üzerinde durulmuştur. Amaç; bilinen regresyon teknikleri dışında kırık hat regresyon modellerinin tanıtılması ve tekniğinin uygulamada doğru kullanımının sağlanmasıdır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

KUNST ve ark. 1993 çalışmalarında insanlarda ölüm oranı ile ilgili fonksiyonun V şeklin olduğunu ve uygulamada uygun istatistik teknikler kullanılarak ölüm oranının minimuma indiği optimum noktanın doğru tahmin edilmesinin oldukça önemli ve ilgi çekici olduğunu belirtmişlerdir.

PASTOR ve GUALLAR, 1998. sürekli türevleri elde etmede regresyon foksiyonunu oluşturmak için kırılma noktasından önce linear etkiyi, kırılma noktasından sonra quadrik etkinin varsayımını önermişler, bu gibi linear quadrik parçalı model kırılma noktasından sonra nisbi bir riskin görüleceğini ve modeli tahmin etmek için standart olmayan maksimizasyon algoritması kullanımının zorunlu olduğunu belirtmişlerdir.

KOUTSOYIANNIS, 2000 çalışmasında kırık hat regresyon analizinde parametre tahmini için bir düzeltme tartı faktörü önermiş ve etkilerinin örnek veri üzerinde tartışmıştır.

BORLONGAN ve SATOH 2001. Genç sütbalığı (Chanos chanos (Forsskal)) diyet fosfor ihtiyacı üzerine yaptıkları çalışmada kırık hat regresyon modelini kullanmışlar ve optimum büyüme ve mineralleşme için kuru maddenin %0.85'inin diyet fosforu olması gerektiğini bulmuşlardır bu seviyeden sonraki fosfor miktarının büyüme ve mineralizasyon için önemli olmadığını rapor etmişlerdir.

GÖSSL ve KÜCHENHOFF, 2001. Yakın zamanlarda Bayesian MCMC modelinin de kullanıldığını, bayasian yaklaşımında farklılaşabilirlik varsayımına gereksinim duyulmadığını, fakat basit modellerde bile bilgisayarda hesaplamanın oldukça zor olduğunu belirtmişlerdir.

MOLINARI ve ark. 2001. Kırılma noktasını tahmin etmek için regresyon dilimlemesini kullanarak, beta parmetrelerini gösteren temel dilimleme ile oluşturulmuş pscudo-değişkenlerinin tepki üzerine etkilerini ölçemediğini belirtmişlerdir. Bununda bu prosedürün kullanımını sınırladığı ortaya konulmuştur (HASTIC ve TIBSHIRANI, 1990).

SHIAU ve HUANG, 2001. Çayır karideslerinde folik asit gereksinimini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada kırık hat analizini ağırlık artış yüzdesini ve hepatopancreas folik asit konsantrasyonunu belirlemede kulanmışlarak regresyon eşitliklerinin yukarıda bahsedilen özellikler için sırası ile $Y = 26.95X + 157.57$, $Y_{max}=207.67$; $Y=0.34X+X+2.66$, $Y_{max}=3.39$ ve $Y = 0.68X + 5.13$, $Y_{min} = 3.85$ olduğunu bildirmişlerdir.

MOHAMED, 2001. Hint karabalığında pyridoxine gereksinimini tespit etmek için Robbins ve ark. (1979) tarafından kullanılan kırık hat prosedürünü kullanarak optimum pyridoxine ihticacını göstererek kırılma noktasını tespit etmiştir. LAMBERSON ve FIRMAN. 2002. Hindilerin besin ihtiyacı thaminlerinin üzerine yaptığı çalışmada segmented regresyonun quadratik regresyona göre besin elementi tayinin daha güvenli tahmin ettiğini rapor etmişlerdir. Quadratik regresyon analizinin besin elementi ihtiyacını tahminlerin üzerinde göstermiştir.

SAHOO ve ark. 2002. Hibrid karabalıkta büyüme, hayatta kalma, yem kullanımı ve vücut compozisyonunu belirlemede protein gereksinimlerini belirlemede kırık hat modelini (GOMEZ ve GOMEZ, 1984) kullanarak günlük gerekli protein miktarını tespit etmişlerdir.

YANG ve ark. 2002. Genç tatlı su levreğinde diyet protein uygulamasının büyüme performansı, karkas kompozisyonu ve amonyak atımına etkisini belirlemek için yaptığı çalışmada iki eğrili kırık hat modelini gerekli proteini tahmin etmede kullanmıştır.

MOHAMED ve ark. 2003**.** Epinephelus tauvina'da A vitamini gereksinimini belirlemede ROBBINS ve ark (1979) tarafından kullanılan kırık hat modelini maksimum fayda yönünden gerekli minimum A vitamini ihtiyacını göstererek kırılma noktasını belirlemede kullanmışlardır.

MUGGEO, 2003**.** Kalp naklinde yaşın önemini belirlemek için tek kırılım noktalı bir modeli önermiş ve yaş ile kalp naklinde başarının düzlemsel (linear) olmadığını tespit etmiş ve genelde 45- 50 yaşından sonra kalp naklinin daha riskli olabileceğini rapor etmiştir. Aynı çalışmada çok kırılımlı modelde sigara içenlerle içmeyenlerin tozlu ortamlarda kronik bronşite yakalanmaları üzerine yaptığı çalışmada sigara içmeyenlerin riskinin düzlemsel seyretmesine karşın sigara içenlerin riskinin 20 yaşına kadar arttığını sonra sabit kaldığını ve 35 yaşından sonra tekrar arttığı rapor edilmiştir.

SHIAU ve WU, 2003. Çayır karideslerinde B_6 vitamin gereksinimini belirlemek için yaptıkları çalışmada kırık hat modelini kullanarak çayır karidesleri için gerekli B_6 vitamini gereksinimlerini hesaplamışlardır.

SAU ve ark. 2004. Balık kızartmasında E vitamini gerekliliğini, balık performansını ve karkas ağırlığını belirlemek için yapmış oldukları çalışmada Robbins ve ark (1979) tarafından geliştirilen kırık hat modelini kullanarak balıkların optimum E vitamini ihtiyacını gösteren kırılma noktasını tespit etmişlerdir.

SHARPLEY, 2004**.** Amerika Birleşik Devletlerinin muhtelif yerlerinden alınan 10- 25 içinde biriken kümes, ağıl ve ahır gübrelerinin topraktaki çözünür fosfor miktarına ve eşik değerlerine etkisi üzerine yaptığı çalışmada split-line linear/linear ve segmented quadratik/linear (SAS NLIN) modellerini kullanmışardır.

SHIAU ve SU, 2004. Genç karideslerde inozitol gereksinimlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada kırık hat regresyon metodunu kullanarak genç karideslerde dietary-inositol gereksinimini tespit etmişlerdir.

ROBBINS ve ark. 2005**.** Yetişkin domuzların izolösin amino asit ihtiyaçlarının tahminine dair verileri değerlendirirken, kırık hat modelinde quadratik fonksiyonu kullanmanın daha uygun olacağını rapor etmişler ve bunu da $y = L + U \times (R - X) + V \times (R - X) \times (R - X)$ formülüyle uyarlamışlardır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak, incelenen her bir kırık hat regresyon modelline uygun olarak şans sayıları kullanılarak ayrı ayrı türetilen ve Ek 1, 2 ve 3’de verilen veriler kullanılmıştır. Modellere ait parametrelerin tahmininde SAS (SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA) istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. SAS (Statistical Analysis System) Amerika Birleşik Devletleri Kuzey Carolina eyaleti Cary şehrinde SAS enstitüsü tarafından geliştirilmiş ve halen geliştirilmesi devam eden bir istatistik paket programıdır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kırık hat regresyon modelleri

3.2.1.1. İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli

İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli

$$Y = L + U * (X-R) \tag{1}$$

şeklinde tanımlanır(HELLRIEGEL ve ark, 2003). Burada; Y; bağımlı değişken olup $Y|X \sim N(\mu, \sigma^2)$ şeklinde ortalaması μ, varyansı σ^2 olan normal dağılış gösterdiği varsayılır. X; bağımsız değişkendir. L; ilk parçanın Y eksenin kestiği noktayı, U; ilk parçanın eğimini ve R; fonksiyonun kırılma noktasıdır.

Bu model, verinin karakterine göre Şekil 3’de verilen tipik görünümler verir.

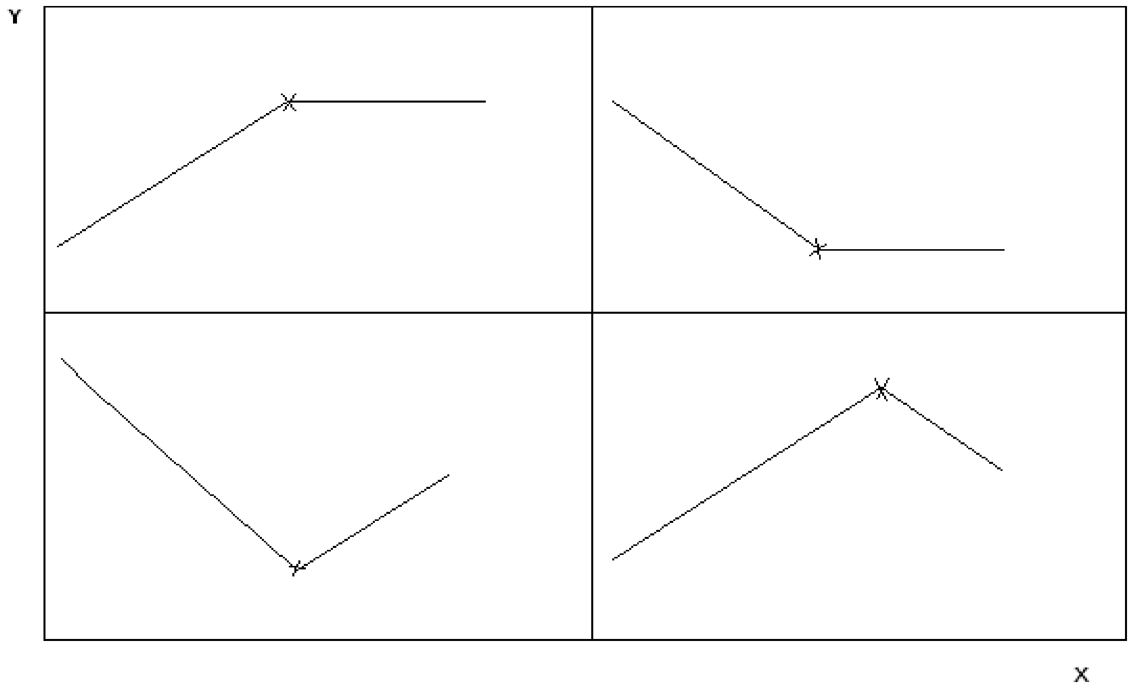
3.2.1.2. Üç Doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli

Üç Doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli üç doğrusal parça içerir ve

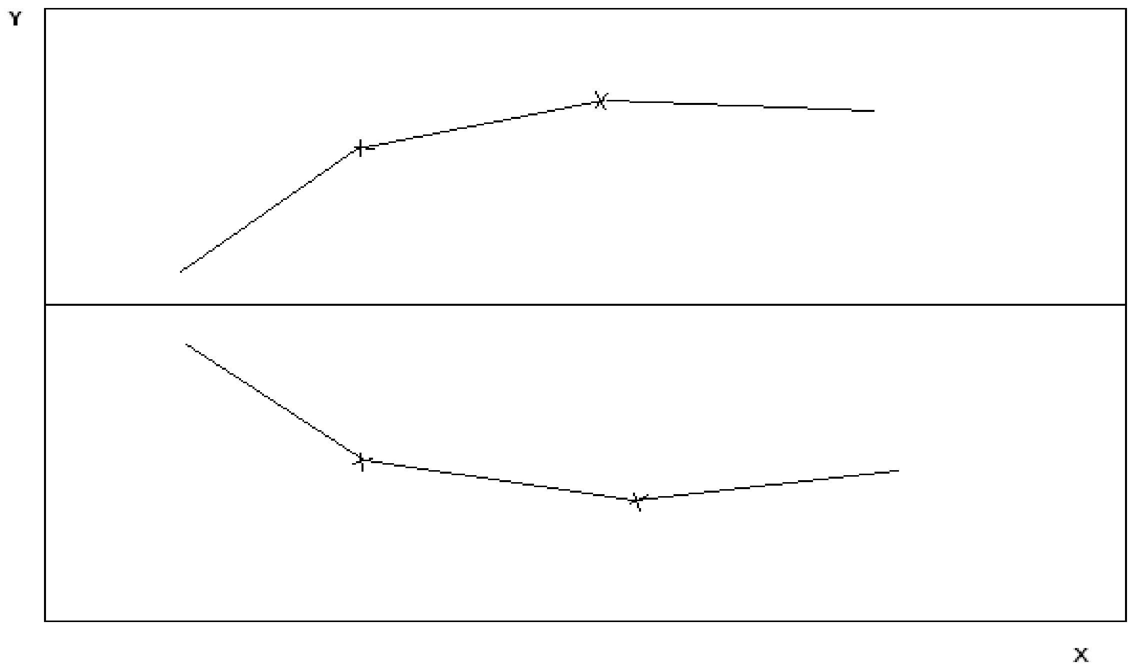
$$\left.\begin{array}{ll} Y = L + U*X & , X < R_1 \\ Y = L + U*R_1 + V*(X-R_1) & , R_1 < X < R_2 \\ Y = L + U*R_1 + V*(R_2-R_1) + W*(X-R_2) & , X > R_2 \end{array}\right\} \tag{2}$$

şeklinde tanımlanır. Burada U; ilk kırılma noktasına (R_1) kadar olan ilk doğrusal parçanın eğimini, V ilk kırılma noktası ile ikinci kırılma noktası arasındaki ikinci doğrusal parçanın eğimini, W ise ikinci kırılma nokrası (R_2) sonrasındaki üçüncü doğrusal parçanın eğimini göstermektedir (BRUSILOVSKIY, E., 2006).

Bu model verinin karakterine göre Şekil 4’de verilen tipik görünümler verir.



Şekil 3. İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için tipik görünümler.
(x: kırılma noktası)



Şekil 4. Üç Doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için tipik görünümler.
(x: kırılma noktası)

3.2.1.3. Kuadratik kırık hat regresyon modeli

Kuadratik kırık hat regresyon modeli

$Y = a+b*X+c*X^2$, $X<X_0$ ise (3)

$Y = p$, $X \geq X_0$ ise

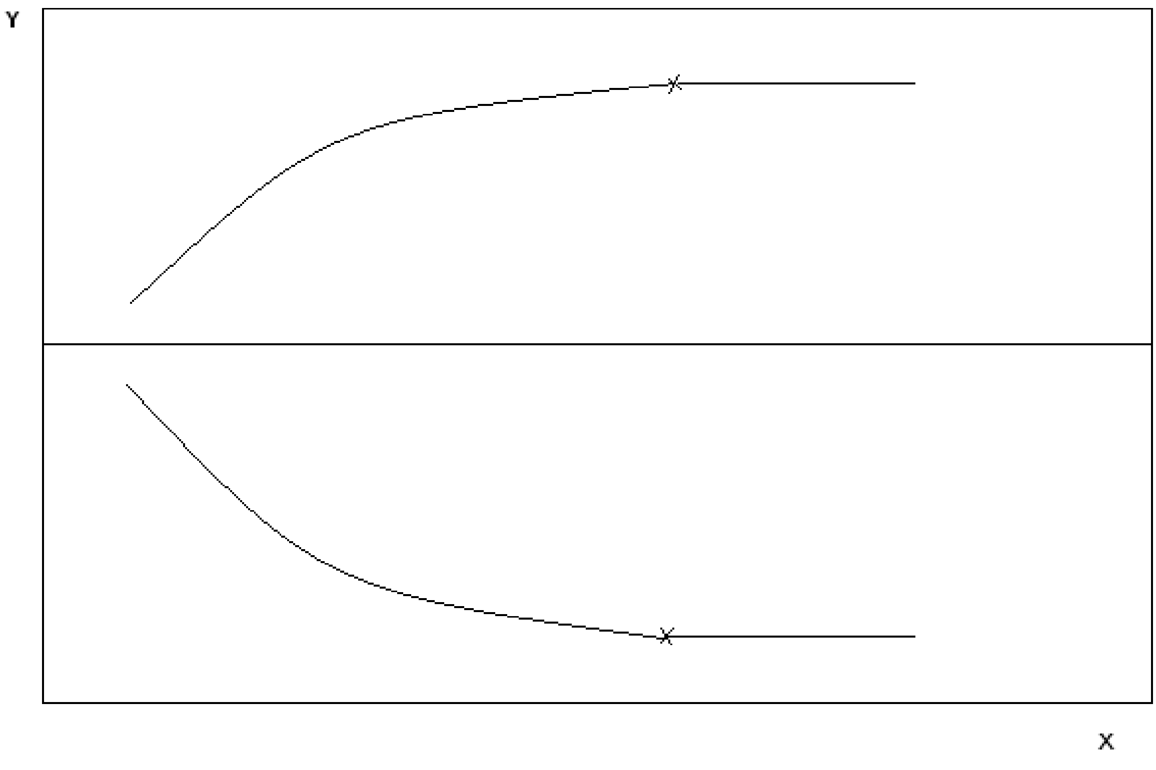
şeklinde tanımlanır. Model 3 parametreyi içerir ancak parametrelere göre denklem doğrusal değildir. X değerinin X_0'dan küçük olması durumunda model kuadratik, X değerinin X_0'dan büyük olması durumunda model p noktasında sabit bir sayıdır, bir diğer ifade ile p noktasından sonra düz bir çizgidir. Burada; a,b ve c parametreler olup,

$X_0= -0.5*b/c$ (4)

$p= a+b*X_0+c*X_0^2$ (5)

şeklinde hesaplanır.

Bu model verinin karakterine göre Şekil 5'de verilen tipik görünümler verir.



Şekil 5. Kuadratik kırık hat regresyon modeli (Plateau'lu) için tipik görünümler.

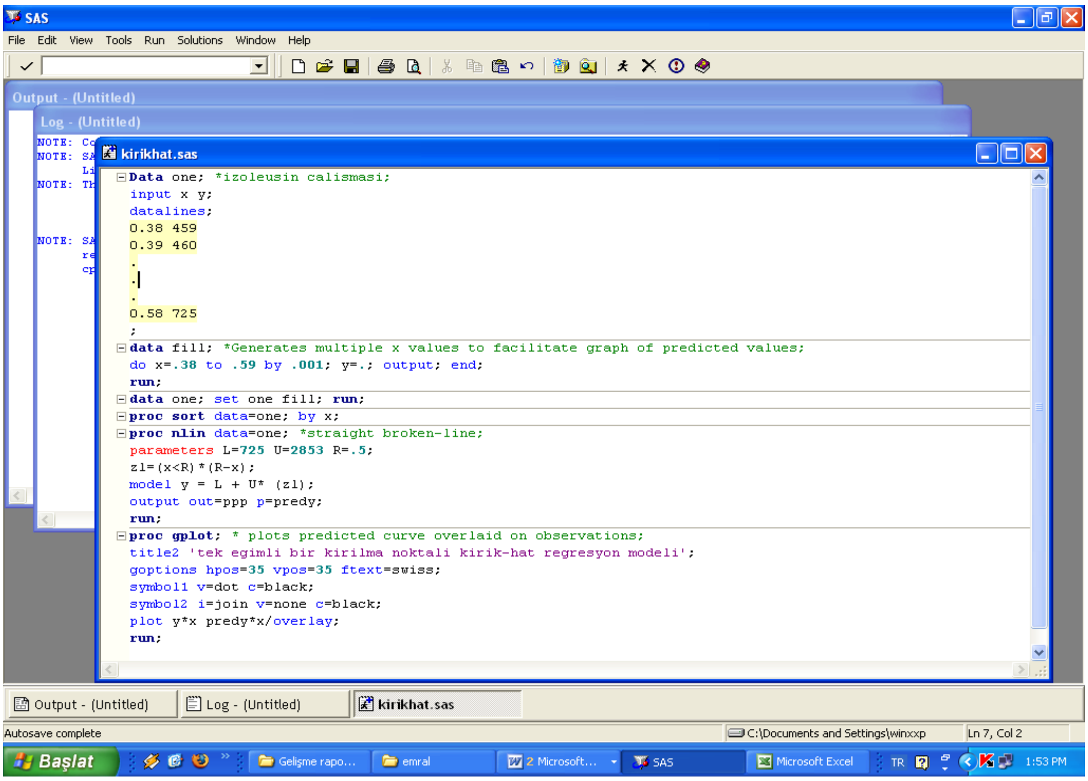
(x: kırılma noktası)

3.2.2. Kırıkhat Regresyon Modellerinin SAS Programda Çözümlenmesi

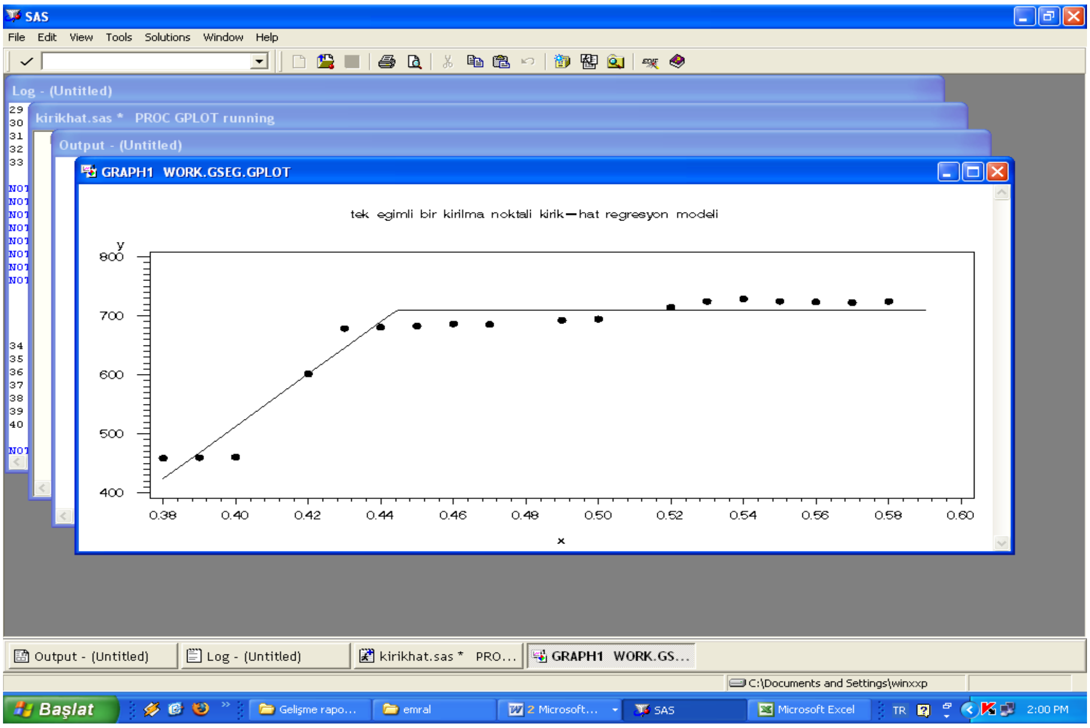
3.2.2.1 SAS Programının Genel Kullanımı

Programın açılışında SAS ana menüsünde üç tane pencere bulunur (Şekil 6). “Editor” penceresine analizi yapılacak olan verilerle beraber ihtiyaç duyulan program kod ve komutları yazılır. Resimdeki ‘editor’ penceresindeki programda veriler kolaylık için kısaltılmış, program “kirik hat” şeklinde kaydedilmiştir. Program yazıldıktan sonra menü çubuğu kısmından “run” seçeneğine basıldığında ortaya çıkan menüde “submit” seçeneğine tıklandığında SAS programı analizi yapmaya başlar ve analiz çıktısı Şekil 7 de görülen çıktı ve varsa grafikleri sergiler. Şekil 7 de ardı ardına dizilmiş olan pencerelerin en önünde grafik yer alırken, Şekil 8 de gösterilen analiz çıktısı “output” penceresinden izlenebilir. Programın doğru işlediğini takip etmek için “Log” penceresi takip edilebilir (Şekil 9). Herhangi bir hata durumunda “Log” penceresinde “ERROR” ve kırmızı renkteki yazılar belirir ve gerekli düzeltmelere imkan sağlanır.

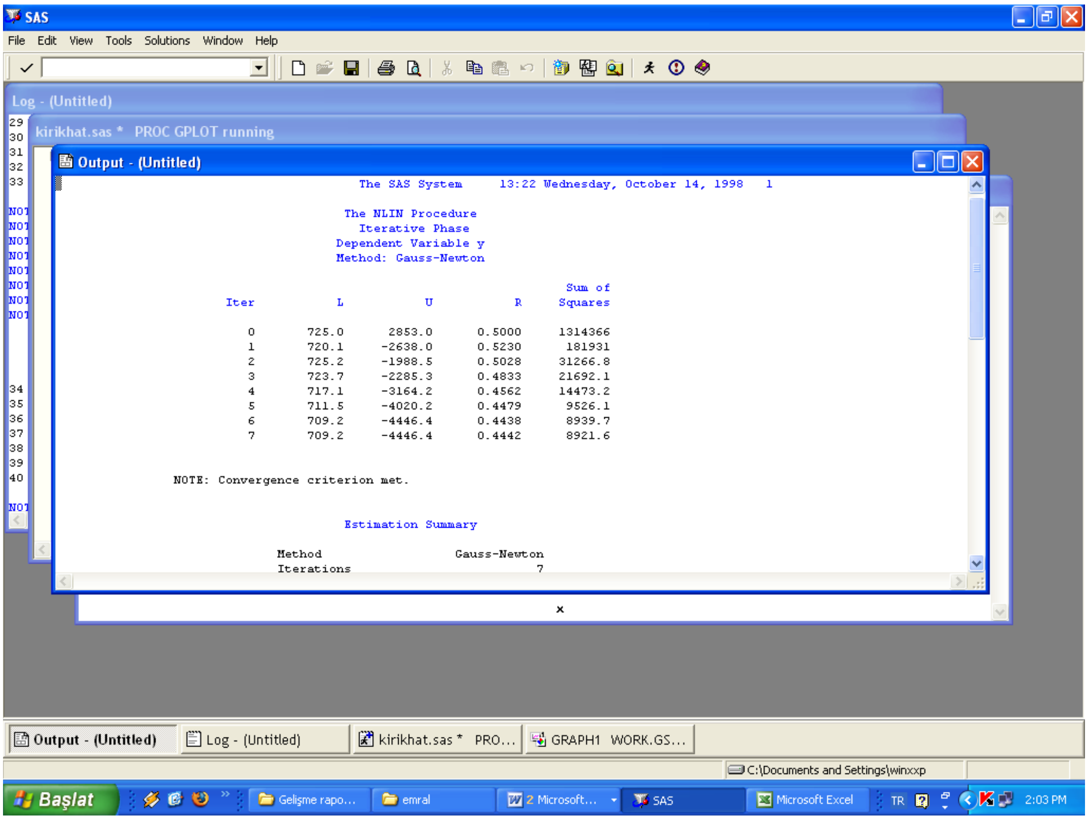
Şekil 6. Editor penceresinin görünümü.



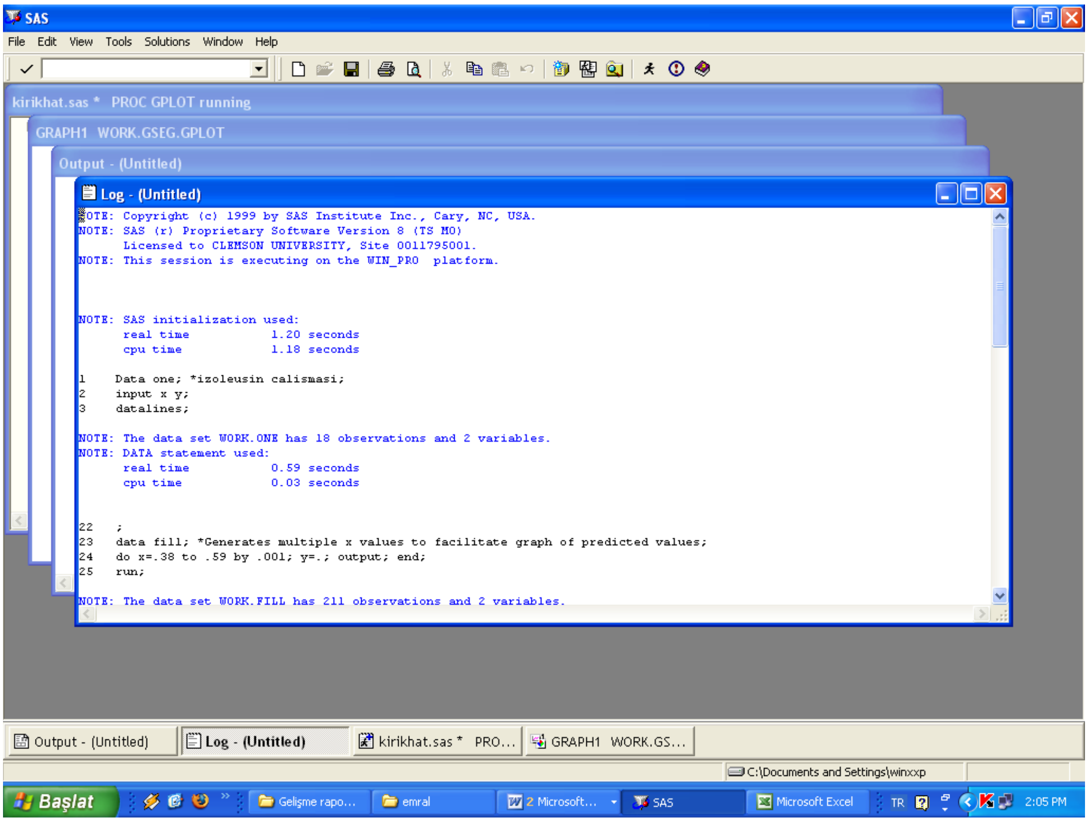
Şekil 7. Grafik penceresinin görünümü.



Şekil 8. Analiz sonuçlarının sergilendiği "output" penceresinin görünümü.



Şekil 9. Analizin işleyiş adımlarının sergilendiği “Log” penceresinin görünümü.



3.2.2.2. Kırıkhat Regresyon Modelinde Kullanılan SAS İfadeleri ve Komutlar

Her program yazılımında olduğu gibi SAS da kendine has ifade ve komutlara sahiptir. SAS ifadeleri genelde iki ana gruptan oluşur: DATA adımları ve PROC (veya PROCEDURE) adımları SAS programlarının temelini oluşturur. Genellikle DATA adımları veri gruplarının oluşturulmasında, PROC adımları da bu veri gruplarının işleme girmesini sağlayıp verileri düzenler ve muhafaza edilmesinde kullanılır. Kırık hat regresyon modeline uygun örnek SAS program yazılımı Çizelge 2 de gösterilmiştir. Kırık hat regresyon modelinde kullanılan ifadelerin başında da DATA adımı gelir ve işlem veri setlerin yazılımıyla devam eder. Veri setleri girilmeden önce veri türlerini belirleyen “INPUT” ifadesi kullanılmalıdır böylece PROC komutu veri türlerini tanımış ve işlemleri bu türler altında yapmaya yönlendirilmiş olur. Verileri girmeden önce DATALINES ifadesi yazılarak bir sonraki adımdaki verileri tanımlar. Düzlemsel olmayan bir regresyon modeli olan kırık hat regresyon modeli SAS’ta PROC NLIN (procedure nonlinear) işlemi altında analiz edilebilir. Bu işlemde kullanıcın yapması gereken en önemli şeyler parametreleri ve modeli belirlemektir. PARAMETERS (ya da PARMS) ifadesi model içindeki yer alan öğeleri belirlemeye ve onları tahmin etmeye yarar. Doğrusal regresyonda buna ihtiyaç yoktur çünkü her bir değişkenin kendi ile ilgili bir parametresi vardır. Doğrusal olmayan regresyonda değişkenlerin ilgili parametreleri bir veya birden fazla olabilir. Böylece SAS değişken ve parametreler arasındaki farkı ayırt eder. Parametrelere arzu edilen isim verilebilir (numarayla başlamayan sekiz karakteri aşmayan). PARMS ifadesi kullanıcıya iterative (yineleyici) değerlendirmelerden önce başlangıç değerlerini belirleme izni verir. Parametre tayini tahmin işlemleri için oldukça önemlidir. Başlangıç değerlerini nihai tahminin çok ötesinde vermek yineleme işlemlerinde problem çıkaracağından yanlış çözümlere götürebilir. En uygun olanı birkaç başlangıç değeri kullanmaktır. Bunu SAS da PARMS ifadesini takiben bir aralıktaki birkaç başlangıç değeri kullanılabilir. Böylece SAS mümkün olan tüm başlangıç değeri kombinasyonlarını deneyerek yineleme işlemini başlatmak için en küçük hata kareler ortalamasına sahip olan grubu seçer. Değerlendirme süreci zaman alıcı bir işlem olabileceğinden dikkat edilmelidir. Basit örnekte PARMS ifadesi:

```
Parms a=1.2 b= 49.5 g=.004;
```

şeklinde yazılabilir. Dikkat edilirse birkaç parametre aralarda boşluk bırakılmak suretiyle burada listelenebilir. Daha karmaşık bir ifadede a ile b aralık değerleri içeren başlangıç değerlerine sahip olabilir:

```
parms a=1 to 2 by .1 b=40 to 60 by 1 g=.004;
```

Bu durumda aralık 'to' terimiyle ayrılıp artış ise 'by' terimiyle ifade edilir. Böylelikle SAS başlangıç değerini belirlemek için 10*20*1=200 parametre kombinasyonunu değerlendirir. SAS parametreleri ve bunların başlangıç değerini belirlemesi gerektiğinden PARM ifadesi MODEL ifadesinden önce gelmelidir *(HTTP://WWW.UIDAHO.EDU/AG/STATPROG)* .

MODEL ifadesi ise hata haricindeki matematiksel terimleri içerir. Kolaylık açısından bu parametreler L, U, V ve R gibi harflerle adlandırılmıştır. Modeldeki kırılma noktası x değeri için (R), ilk segmentin asimtodu (L) ve iki hatlı segmentin eğimleri (U, V) olarak gösterilecektir. Y değeri bağlı değişkeni, Parametre ya da gösterge değişkenlerini belirlemek için Z harfi kullanılacaktır.

3.2.2.3. Kırık hat regresyon modelleri için SAS program kodları

İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için SAS kodları

Eşitlik 1’de verilen iki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeline ait parametre tahminleri için SAS programında editor penceresinden aşağıdaki kodlar girilir.

PROC NLIN data=veri dosyası adı;

PARAMETTERS L = başlangıç degeri, U = başlangıç degeri, R = başlangıç degeri;

Z = (X < R) * (R – X), eğer (X<R) ise (R-X) sıfır olarak tanımlanır;

MODEL Y = L + U * (Z);

RUN;

Üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için SAS PROC NLIN kodları

Eşitlik 2’de verilen üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeline ait parametre tahminleri için SAS programında editor penceresinden aşağıdaki kodlar girilir.

PROC NLIN data=veri dosyası adı;

PARAMETTERS L = başlangıç degeri, U = başlangıç degeri, V = başlangıç degeri, R = başlangıç degeri;

Z1 = (X < R) * (R – X), eğer (X<R) ise (R-X) sıfır olarak tanımlanır;

Z2= (X-R)*(X-R), eğer (X<R) ise (X<R) sıfır olarak tanımlanır;

MODEL Y = L + U * (Z1) + V * (Z2);

RUN;

Tek eğimli modele uygunluk için basitce V veya Z2 silinir. Yada benzer şekilde Z gösterge değişkenlerinin kullanımından kaçınılır ve her bir parçada modelin belirginliği tanımlanır ve aşağıdaki kod kullanılır.

PROC NLIN data= veri dosyası adı;

PARAMETTERS L=başlangıç degeri, U=başlangıç degeri, V=başlangıç degeri, R=başlangıç degeri;

eğer (X < R) ise MODEL Y = L + U * 0; tek eğimli modele uygunluk için kullanılır;

ya da MODEL Y = L + V + (X – R) iki eğimli modele uygunluk için kullanılır;

SAS PROC NLMIXED prosedürü yeni bir prosedür olup modelde tesadüfe bağlı bileşenlerin dahil edilmesi sağlar. Çünkü çoğu araştırmalarda bloklama yapılır. Bloklama etkisini belirlemek için kullanılan NLMIXED işleminde blokların tesadüfi olduğu da RANDOM ifadesi altında belirtilebilir.

PROC NLMIXED data= veri dosyası adı;

PARAMETTERS L = başlangıç degeri, U = başlangıç degeri, V = başlangıç degeri, R = başlangıç degeri;

```
Z = (X < R) * (R – X)
MODEL Y = ~ Normal [L + U * (Z1) + block, errvar];
RANDOM block ~ Normal (0, rep var) subject = rep;
RUN;
```

NLIN ve NLMIXED model ifadelerinde, R'nin her iki tarafında hattın eğimi linear veya kurvlinear olabilir. Kuadratik model de parametrelerin tahmini aşağıdaki kod kullanılır

```
MODEL Y = L + U * (Z1) * (Z1), for NLIN;
MODEL Y ~ Normal [L + U * (Z1) * (Z1) + block, errvar],
For NLMIXED.
```

Kuadratik kırık hat regresyon modeli için SAS PROC NLIN kodları

Eşitlik 3,4 ve 5'te verilen kuadratik modele ait parametre tahminleri için SAS programında editor penceresinden aşağıdaki kodlar girilir.

```
PROC NLIN;
PARMS a=.45 b=.05 c=-.0025;        *başlangıç değerleri.
X0=-.5*b / c;                  * Kırılım noktasının tahmini;
IF X<X0 THEN                  * Modelin Kuadratik kısmı.
MODEL Y=a+b*X+c*X*X;
ELSE                        * Modelin plato kısmı;
MODEL Y=a+b*X0+c*X0*X0;
IF_OBS_=1 AND _ITER_ =.  THEN DO;
PLATEAU=a+b*X0+c*X0*X0;
PUT /  X0= PLATEAU=  ;
END;
OUTPU OUT=b PREDICTED=yp;
RUN;
```

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

SAS programında tüm kırık hat regresyon modellerine ait parametre tahminleri Gauss-Newton yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntem hata kareler toplamını minimum yapıncaya kadar iterasyon yaparak parametre tahminlerini yapmaktadır.

4.1. İki Doğrulu Tek Kırılma Noktalı Kırık Hat Regressyon Analiz Sonuçları

İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için materyal kısmında (Ek 1'de) verilen değerler kullanılarak, yöntem kısmında verilen SAS kodları Şekil 6 da verilen SAS programı editor penceresine Çizelge 1'deki gibi girilir.

Çizelge 1. İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için SAS kodlarının girilişi.

```
Data one; * İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon model çalışması;
input X Y;
datalines;
0.38 459
0.39 460
0.40 461
0.42 602
0.43 679
0.44 681
0.45 683
0.46 687
0.47 686
0.49 693
0.50 695
0.52 715
0.53 725
0.54 729
0.55 725
0.56 724
0.57 723
0.58 725
```

```
;
data fill; *Çoklu X değerleri oluşturarak tahmin edilen değerlerin grafik haline getirilmesine yarar;
do X=.38 to .59 by .001; Y=.; output; end;
run;
data one; set one fill; run;
proc sort data=one; by X; *verileri X değerlerine göre sınıflandırır;
proc nlin data=one; *straight broken-line;
parameters L=725 U=2853 R=.5;
Zl=(X<R)*(R-X);
model Y = L + U* (Zl);
output out=ppp p=predy;
run;
proc gplot; * gözlem noktaları üzerine tahmin edilen eğriyi çizmeye yarar;
title2 'tek egimli bir kirilma noktali kirik-hat regresyon modeli';
goptions hpos=35 vpos=35 ftext=swiss;
symbol1 v=dot c=black;
symbol2 i=join v=none c=black;
plot Y*X predy*X/overlay;
run;
```

Çizelge 1'deki komutlar çalıştırıldığında iki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli ile ilgili sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2. İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için parametre tahminleri, yaklaşık standart hata ve yaklaşık %95 güven sınırları.

Parametreler	Tahmin	Yaklaşık standart hata	Güven Sınırları
L	709.2000	7.0402	694.2000 - 724.2000
U	-4446.4000	460.9000	-5428.8000 - (-3464.100)
R	0.4442	0.0045	0.4347 - 0.4538

Çizelge 2'deki parametre tahminleri Eşitlik 1'deki modelde yerine yazılırsa iki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli;

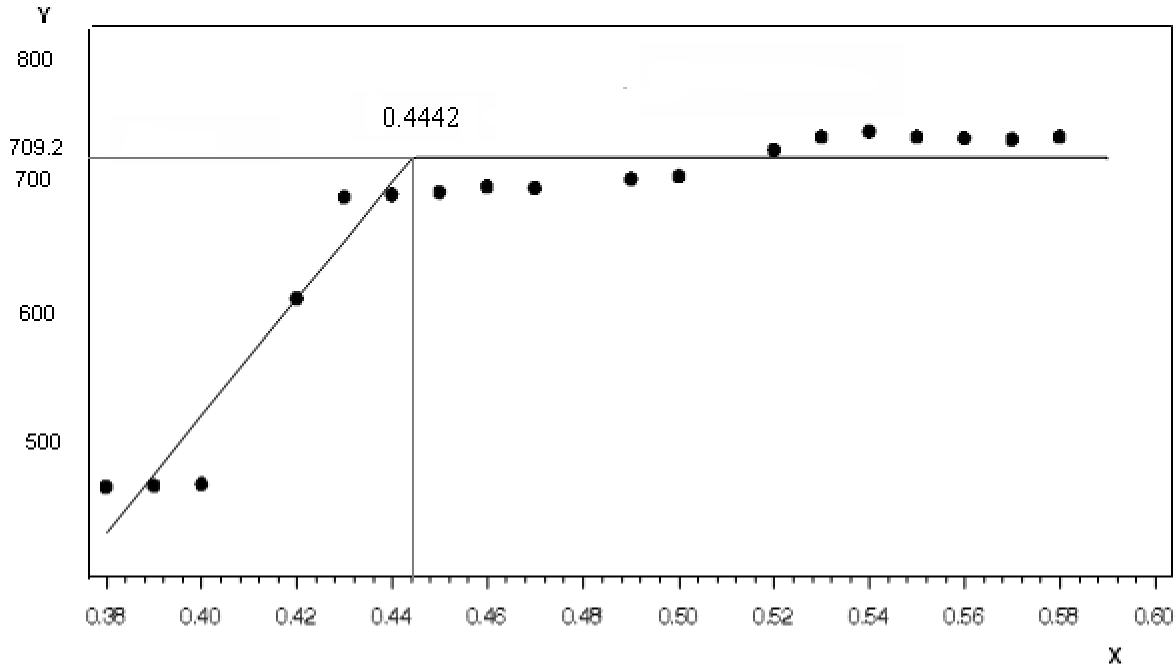
$$Y=709.2 - 4446.4^* (0.4442-X) \quad (6)$$

olarak elde edilir. Bu eşitliğin önem testi için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir. Buna göre regresyon istatistik olarak önemli bulunmuştur($P<0.01$).

Çizelge 3. İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalanası	P
Regresyon	3	7951860	2650620	0.001
Hata	15	8921.6	594.8	
Genel	18	7960782		

Ek 1’deki veriler ve Eşitlik 6’de verilen modele ait grafik Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 10. İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli (Eşitlik 6) grafiği.

Eşitlik 6 ve Şekil 10’ya göre iki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modelinin tahmini kırılma noktasının 0.4442 ±0.0045 olduğu anlaşılır. Bir diğer ifade ile X’e göre Y’deki değişimin kırılma noktası X’in 0.4442 olduğu noktadır. Kırılma noktasındaki Y değeri ise 709.2volarak tahmin edilmiş ve bu noktadan sonraki X değerleri ne olursa olsun Y’de istatistiksel olarak önemli bir değişimin olmadığı yani sabit olduğu (709.2) görülmektedir.

4.2. Üç Doğrulu İki Kırılma Noktalı Kırık Hat Regresyon Analiz Sonuçları

Üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için materyal kısmında (Ek 2'de) verilen değerler kullanılarak, yöntem kısmında verien SAS kodları Şekil 6’da verilen SAS programı editor penceresine Çizelge 4’deki gibi girilir.

Çizelge 4. Üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için SAS kodlarının girilişi.

```
Data one; * Üç Doğrulu İki Kırılma Noktalı Kırık Hat Regresyon çalışması;
input X Y; *added value of X=.59 allowed fit of 6 parameter model;
datalines;
0.37 455
0.38 459
0.39 460
0.41 550
0.42 552
0.43 560
0.45 690
0.46 687
0.47 685
0.49 690
0.50 695
0.51 700
0.52 720
0.53 725
0.54 729
0.57 720
0.58 725
0.59 725
0.60 721
;
data fill; *Generates multiple X values to facilitate graph of predicted values;
do X=0.37 to 0.60 by 0.001; Y=; output; end;
run;
data one; set one fill; run;
```

```
proc sort data=one; by X;
proc nlin data=one; *3 straight lines with 2 breakpoints;
parameters L=4 U=200 V=10 W=.01 R1=0.45 R2=0.55;
bounds 0.48>R1>0.42, 0.56 > R2 > 0.5;
if (X le R1) then model Y = L + U*X;
else do; if (R2 ge X > R1) then model Y=L+R1 *U + V* (X-R1);
else model Y=L + R1 *U + (R2-R1) *V + W* (X-R2);
end;
output out=ppp p=predy; *generates predicted values,
run;
proc gplot; * plots predicted curve overlaid on observations;
title2 '3 dogrulu iki kirilma noktali kirik-hat regresyon modeli';
goptions hpos=35 vpos=35 ftext=swiss;
symbol1 v=dot c=black;
symbol2 i=join v=none c=black;
plot Y*X predy*X/overlay;
run;
```

Çizelge 4'deki komutlar çalıştırıldığında üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli ile ilgili sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5. Üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regressyon modeli için parametre tahminleri, yaklaşık standart hata ve yaklaşık %95 güven sınırları.

Parametreler	Tahmin	Yaklaşık standart hata	Yaklaşık %95 güven sınırı
L	-604.6	110.8	-844.0 – (-365.2)
U	2792.3	271.6	2205.6 – 3379.0
V	571.5	256.3	17.80 – 1125.1
W	-27.15	853.9	-1871.8 – 1817.5
R1	0.4596	0.00924	0.4396 - 0.4796
R2	0.54	0.0690	-0.3910 – 0.6890

Çizelge 5'deki parametre tahminleri Eşitlik 2'deki modelde yerine yazılırsa üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli;

$$\left.\begin{array}{ll} Y=-604.6 + 2792.3*X , & X<0.4596 \\ Y=-604.6 + 2792.3*0.4596 + 571.5*(X-0.4596), & 0.4596<X<0.54 \\ Y=-604.6 + 2792.3*0.4596 + 571.5*(0.54-0.4596) - 27.15*(X-0.54) , & X>R2 \end{array}\right\} \quad (7)$$

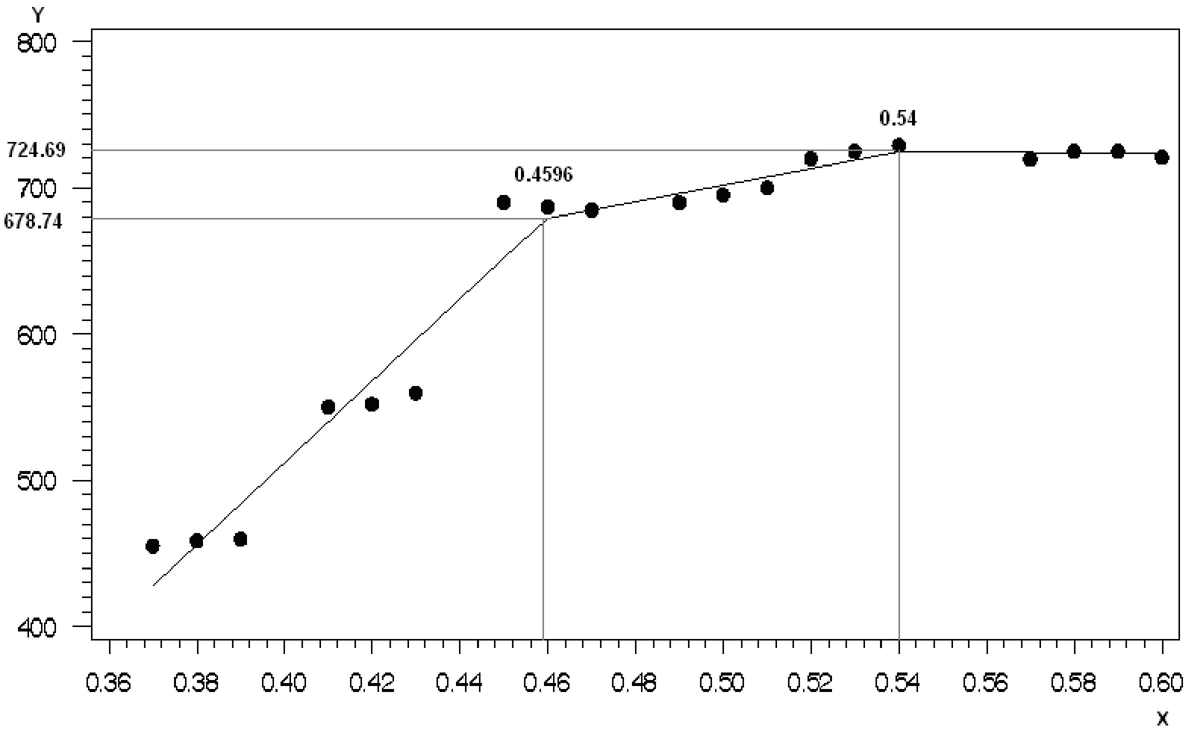
olarak elde edilir. Bu eşitliğin önem testi için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Buna göre regresyon istatistik olarak önemli bulunmuştur($P<0.01$).

Çizelge 6. Üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalanası	P
Regresyon	6	8076747	1346124	<0.0001
Hata	13	4739.1	364.5	
Genel	19	8081486		

Ek 2'deki veriler ve Eşitlik 7'de verilen modele ait grafik Şekil 11'de verilmiştir.

Eşitlik 7 ve Şekil 11'e göre üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modelinin tahmini 1. kırılma noktasının 0.4596 ± 0.00924, ikinci kırılma noktasının ise 0.54 ±0.069 olduğu anlaşılır. Bu değerler Eşitlik 7'de yerine konursa X'e göre Y'deki değişimin 1. kırılma noktasında Y değeri 678.74, ikinci kırılma noktasında ise Y değeri 724.69 olarak tahmin edilir.



Şekil 11. Üç doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli (Eşitlik 6) grafiği.

4.3. Kuadratik kırık hat regresyon analiz sonuçları

Kuadratik kırık hat regresyon modeli için için materyal kısmında (Ek 3'de) verilen değerler kullanılarak, yöntem kısmında verien SAS kodları Şekil 6'da verilen SAS programı editor penceresine Çizelge 7'deki gibi girilir.

Çizelge 7. Kuadratik kırık hat regresyon modeli için SAS kodlarının girilişi.

```
Title 'Platolu Kuadratik Kırıkhat Regresyon Modeli';
  data a;
    input y x;
    datalines;
   0.46     1
   0.78     8
   0.80    15
   0.47     2
   0.70     9
   0.78    16
   0.57     3
   0.74    10
   0.61     4
   0.77    11
   0.62     5
   0.78    12
   0.68     6
```

```
   0.74   13
   0.69    7
   0.80   13
;
  proc nlin;
    parms a=.45 b=.05 c=-.0025;

    x0=-.5*b / c;                 * Estimate join point;
    if x<x0 then                  * Quadratic part of Model;
      model y=a+b*x+c*x*x;
    else                          * Plateau part of Model;
      model y=a+b*x0+c*x0*x0;

    if _obs_=1 and _iter_ =.  then do;
      plateau=a+b*x0+c*x0*x0;
      put /  x0= plateau=  ;
      end;
    output out=b predicted=yp;
  run;
```

Çizelge 7'deki komutlar çalıştırıldığında kuadratik kırık hat regresyon modeli ile ilgili sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 8. Kuadratik kırık hat regresyon modeli için parametre tahminleri, yaklaşık standart hata ve yaklaşık %95 güven sınırları.

Parametreler	Tahmin	Yaklaşık standart hata	Yaklaşık %95 güven sınırı
a	0.3921	0.0267	0.3345 – 0.4497
b	0.0605	0.00842	0.0423 – 0.0787
c	-0.00237	0.000551	-0.00356 – (-0.00118)

Çizelge 8'deki parametre tahminleri Eşitlik 3'deki modelde yerine yazılırsa kuadratik kırık hat regresyon modeli;

$$Y = 0.3921+0.0605*X - 0.00237X^2 ,\ X<X_0 \qquad (8)$$

olarak elde edilir. Eşitlik 8'e göre kuadratik kırık hat regresyon modelinin tahmini kırılma noktası Eşitlik 4 yardımıyla

X_0= -0.5*b/c = -0.5*0.0605/-0.00237 = 12.76

ve kırılma noktasından sonraki yatay çizgi (plateau) Eşitlik 5 yardımıyla

p= a+b*X_0+c*X_0^2 = 0.3921 + 0.0605*12.76 – 0.00237*1276^2 = 0.78

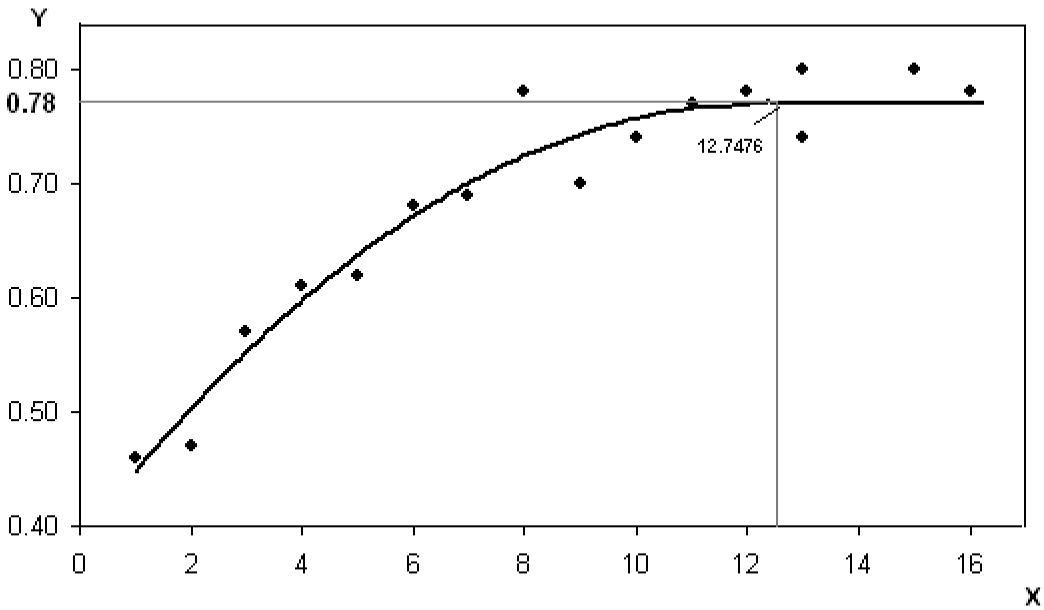
olarak tahmin edilir. Diğer bir ifade ile modele ait grafik 12.76 noktasında kırılmakta ve bu noktadan sonra ise Y=0.78 çizgisinde sabit hale gelmektedir (Şekil 12).

Eşitlik 8'de verilen kuadratik kırık hat regresyon modelinin önem testi için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 9'da verilmiştir. Buna göre regresyon istatistik olarak önemli bulunmuştur($P<0.01$).

Çizelge 9. Kuadratik kırık hat regresyon modeli için varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalanası	P
Regresyon	3	7.7256	2.5752	<0.0001
Hata	13	0.0101	0.000774	
Genel	16	7.7357		

Ek 3'deki veriler ve Eşitlik 8'da verilen modele ait grafik Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Kuadratik kırık hat regresyon modeli (Eşitlik 8) grafiği.

Kırık hat regresyon regresyon analizi su ürünleri, hayvan besleme, tıp, gıda gibi bir çok bilim dalında sık sık kullanılmaktadır. Bu yöntem daha çok bağımlı değişkeni etkileyen faktörlerin kırılma noktasından önce veya sonraki etkilerini görmek amacıyla kullanılır. Böylece ilgili faktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etkileri görmek ve yorumlamak daha kolaylaşır. Kırılma noktasının tahmin edilmesinde kullanılan standart olasılık-temelli tahmin yöntemleri oldukça karmaşıktır (SEBER ve WILD, 1989; KÜCHENHOFF ve CARROL 1997). Buna karşın kırılma noktalarının tahmin edilmesinde doğrusal olmayan modeller ve standart maksimizasyon yaklaşımları yerine, standart optimizasyon teknikleri ile birlikte diğer ilave tekniklerde uygulanmalıdır (SEBER ve WILD, 1989). Doğrusal olmayan yöntemler tüm parametreler için başlangıç değerlerini gerektirir ve MCMC yöntemi ile Bayesian yaklaşımı çok büyük interaksiyon değerlerine bağlıdır. Özellikle daha karmaşık kırık hat regresyon modellerine ait parametrelerin tahmin yöntemlerindeki bu karmaşıklık kırık hat yönteminin pratikte uygulamasını güçleştirmektedir. Buna karşın bazı basit kırık hat regresyon modellerinde bilgisayar yardımıyla bu zorluklar yaşanmamaktadır. Örneğin eğer kırılma noktası sabit ve modelin doğrusal olduğu durumlarda tahminde ve yorumlamada problem yaşanmaz. Açıklayıcı değişkenin genel sınırlarında sürekli değişebilir fonksiyonla (TISHLER ve ZANG, 1981b; BACON ve WATTS, 1971; GRIFFITHS ve MILLER, 1973) veya bilinmeyen komşu kırık hat ile kırılmış ilişkileri tahmin eden modeller de kullanılabilir (TISHLER ve ZANG, 1981a).

Kırılma noktası serpme diyagramının incelenmesi ile (KUNST ve ark., 1993; VERMONT ve ark. 1991) yada bazı özel algoritmalar kullanılarak tahmin edilebilmektedir (STASINOPOULOS ve ark., 1992; ULM, 1991; ERTEL ve FOWLKES, 1976; RIGBY, 1992; KÜCHENHOFF, 1997; HAWKINS, 1976). Algoritmada modele ait eğimin tahmini kırılma noktasının bilinmesine bağlı olduğu için kırılma noktasına bir başlangıç değeri verilerek iterasyon yapılır ve optimum tahmin elde edildiğinde işlem sonlandırılır. Bu noktada bilgisayar ve bilgisayar programları oldukça faydalı seçenekler sunmaktadır.

Kırık hat regresyon modellerine ait parametre tahminleri birçok istatistik paket programları içerisinde mevcut olmakla birlikte, bu çalışmada uygulamada çok yaygın kullanılan SAS paket programı ve incelenen modeller için SAS kodları verilmiştir. SAS programı ile ilgili en önemli dezavantajı, modele ait parametrelerin tahmin edilmesinde kullanılması gereken tüm kodları eksiksiz ve doğru yazılmasının gerektiğidir. Bu nedenle SAS programının kullanımı programla ve model ile ilgili yeterli bilgi ve fazladan dikkat gerektirir. Diğer bir yol ise bu programı yeterli derecede bilen bir kişiden yardım almaktır.

KAYNAKLAR

BACON, D.W., WATTS, D.G., 1971. **Estimating the transition between two intersecting straight lines.** Biometrika, 58:525-534.

BORLONGAN I.G., SATOH S., 2001. **Dietary phosphorus requirement of juvenile milkfish, Chanos chanos (Forsskal).** Aquaculture Research. 32:s1 26.

BRUSILOVSKIY, E., 2006. **The Piecewise Regression Model as a Response Modeling Tool.** www.nesug.org/html/Proceedings/nesug04/an/an09.pdf (25.09.2006)

ERTEL, J.E., FOWLKES, E.B., 1976. **Some alggorithms for linear spline and piccewise multiple linear regression.** Jjournal of the American Statistical Association, 71:640-648.

FEDER, P., 1975. **The log-likelihood-ratio in segmented regression.** Annals of Statistics 3 :84-87.

GOMEZ, K. A, GOMEZ, A.A., 1984. **Statistical procedurs for Agricultural Research.** 2nd ed. Wiley, New York, pp.160.

GÖSSL, C., KÜCHENHOFF, H., 2001. **Bayesian analysis of logistic regression with an unknown change point and covariate measurement error.** Statisties in Medicine, 20: 319-341.

GRIFFITHS, D.A., MILLER, A.J., 1973. **Hyperbolic regression a model based on two-phase piecewise linear regression with a smooth transition betwen regimens.** Communications in Statistics, 2: 561-569.

HASTIE, J.,TIBSHIRANI, R.J., 1990. **Generalized additive Models.** Chapman & Hall: London.

HAWKINS, D.M., 1976. **Point estimation of the parameters of pieeewise regresion models.** Applied Statisties, 25: 51-57.

HELLRIEGEL, B., DAUMER, M., NEIB, A., 2003. **Analysing the course of multiple sclerosis with segmented regression models**. Discussion paper 355 - SFB 386 - LMU Munich

KOUTSOYIANNIS, D., 2000. **Broken line smoothing: a simple method for interpolating and smoothing data series.** Environmental Modelling & Software 15: 139–149.

KUNTS, A.E., LOOMAN, C.W.N., MACKENBACH, J.P., 1993. **Outdoor air tempareture and mortalitiy in the Netherlands: a time series analysis.** American Journal of Epidemiology, 137: 331-341.

KÜCHENHOFF, H., 1997. **An exact algorithm for estimating breakpoints in segmented.** Generalized Linear Models, Computational Statistics, 12: 235-247.

KÜCHENHOFF, H.K., CARROL, R.J., 1997. **Segmented regression with errors in predictors: semi- parametric and parametric methods.** Statistics in Medicine, 16: 169-188.

MOHAMED, J.S., 2001. **Dietary pyridoxine requirement of Indian catfish, *Heteropneustes fossilis*.** Aquaculture, 194:327-335.

MOHAMED, J.S., SIVARAM, V., CHRISTOPHER ROY, T.S., MARIAN, M.P., MURUGADASS, S., HUSSAIN, M.R., 2003. **Dietary vitamin A requirement of juvenile greasy grouper (*Epinephelus tauvina*).** Aquaculture, 219:693-701.

MONLINARI, N., DAURES, J., DURAND, J., 2001. **Regression splines for threshold selection in survival data analysis.** Statistics in Medicine, 20(5): 237-247.

MUGGEO V.M. R., 2003. **Estimating regression models with unknown break-points.** Statist. Med.; 22:3055–3071

PASTOR, R., GUALLER, E., 1998. **Use of two-segmented logistic regression to estimate change-points in epidemiologic studies.** American Journal of Epidemiology, 148: 631-642.

ROBBINS, K.R., NORTON, H.W., BAKER, D.H., 1979. **Estimation of nutrient requirement from growth data.** J.Nutr. 109 :1710-1714.

ROBBINS K. R., A. M. SAXTON, A. M., AND SOUTHERN L. L., 2005. **Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis.** J.Anim.Sci.83:1- 11

SAHOO, S.K., GIRI, S.S., AND SAHU, A.K., 2002. **Effect of density on growth and survival of Clarias batrachus fry during hatchery rearing (Abstract).** Presented in "The Sixth Indian Fisher-ies Forum, held at CIFE, Mumbai, 17-20.

SAU, S.K., PAUL, B.N., MOHANTA, K.N., MOHANTY, S.N., 2004. **Dietary vitamin E requirement, fish performance and carcass composition of rohu (*Labeo rohita*) fry.** Aquaculture, 240:359-368.

SEBER, G.A.F., WILD, C.J., 1989. **Nonlinear Regression.** Wiley: New York.

SHARPLEY A.N., MCDOWELL R.W., AND KLEINMAN P. J. A., 2004. **Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure**. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:2048–2057

SHIAU, S.Y., AND HUANG, S.Y., 2001. **Dietary folic acid requirement determined for grass shrimp, *Penaeus monodon*.** Aquaculture, 200:339-447.

SHIAU, S.Y., AND WU, M.H., 2003. **Dietary vitamin B_6 requirement of grass shrimp, *Penaeus monodon*.** Aquaculture, 225:397-404.

SHIAU, S.Y., AND SU, S.L., 2004. **Dietary inositol requirement for juvenile grass shrimp, *Penaeus monodon*.** Aquaculture, 241:1-8.

STASINOPOULOS, D.M., RIGBY, R.A., 1992 . **Deteeting break points in generalised linear models.** Computational Statistics and data Analysis, 13:461-471.

TISHLER, A., ZANG, I., 1981a. **A maximum likelihood method for piecewise regression models with a continuous depent variable.** Applied Statistics, 30:116-124.

TISHLER, A., ZANG, I., 1981b. **A maximum likelihood method for piecewise regression.** Applied Statistics, 76: 980-987.

ULM, K., 1991. **A statistical methods for assessing a threshold in epidemiological studies.** Statistics in Medicine, 10: 341-349.

VERMONT, J., BOSSON, J.L., FRANÇOIS, P., RUEF, R.C., DEMONGEOT, J.A., 1991. **Strageies for graphieal threshold determination.** Computer Methods and Programs in Biomedicine, 35: 141-150.

YANG, S.D., LİOU, C.H., LIU, F.G., 2002. **Effects of dietary protein level on growth performance, carcass composition and ammonia excretion in juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*).** Aquaculture, 213:363-372.

EK 1.

İki doğrulu tek kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için veriler.

X	Y
0.38	459
0.39	460
0.40	461
0.42	602
0.43	679
0.44	681
0.45	683
0.46	687
0.47	686
0.49	693
0.50	695
0.52	715
0.53	725
0.54	729
0.55	725
0.56	724
0.57	723
0.58	725

EK 2.

Üç Doğrulu iki kırılma noktalı kırık hat regresyon modeli için veriler.

X	Y
0.37	455
0.38	459
0.39	460
0.41	550
0.42	552
0.43	560
0.45	690
0.46	687
0.47	685
0.49	690
0.50	695
0.51	700
0.52	720
0.53	725
0.54	729
0.57	720
0.58	725
0.59	725
0.60	721

EK 3.

Kuadratik kırık hat regresyon modeli için veriler.

X	Y
1	0.46
8	0.78
15	0.80
2	0.47
9	0.70
16	0.78
3	0.57
10	0.74
4	0.61
11	0.77
5	0.62
12	0.78
6	0.68
13	0.74
7	0.69
13	0.80

ÖZGEÇMİŞ

22.02.1974 yılında Malatya'nın Hekimhan ilçesinde doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi Adana'da tamamladım. 1992 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Hemşirelik Yüksek Okulunu kazandım ve 1996 yılında mezun oldum. 1997 yılının mart ayında İnönü Üniversitesi Araştırma hastanesinde (Turgut Özal Tıp Merkezi) yoğun bakım hemşiresi olarak göreve başladım. Ekim-1997 yılında milli eğitim bakanlığının öğretmen atamasında Erzurum'a atamam yapılmasına rağmen, aynı dönemde Mustafa Kemal Üniversitesi Sağlık Yüksek Okulunun açmış olduğu öğretim görevliliği sınavını kazandığım için, Mustafa Kemal Üniversitesi Sağlık Yüksek Okulunda öğretim görevlisi olarak göreve başladım. Halen aynı görevde çalışmaktayım. 2003 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Bölümü Anabilim Dalında yüksek lisansa başladım.