

BULANIK REGRESYON İLE TAHMİN VE BİR UYGULAMA

Selma DÜZYURT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2008

ANKARA

Selma DÜZYURT tarafından hazırlanan BULANIK REGRESYON İLE TAHMİN VE BİR UYGULAMA adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Fevzi KUTAY
Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği A.B.D.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fevzi KUTAY
Endüstri Mühendisliği A.B.D. G.Ü.

Prof. Dr. Hasan BAL
İstatistik A.B.D. G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Feyzan ARIKAN
Endüstri Mühendisliği A.B.D. G.Ü.

Tarih: 20/06/2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Selma DÜZYURT

BULANIK REGRESYON İLE TAHMİN VE BİR UYGULAMA**(Yüksek Lisans Tezi)****Selma DÜZYURT****GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ****Haziran 2008****ÖZET**

Aralarında sebep sonuç ilişkisi bulunan bir bağımlı nicel değişkenle, bir veya birden fazla bağımsız nicel değişken arasında ilişki biçimine regresyon, ilişki biçimini gösteren matematiksel ifadeye regresyon modeli denir. Bulanık regresyon, karar verme sürecinde hem nicel hem de nitel değişkenlerin dikkate alınmasına olanak sağlayan problemlerin çözümünde kullanılabilecek karar verme yöntemlerinden birisidir. Bulanık regresyon, sistem yapısındaki belirsizliğe bağlı olarak verilerin tamamının ya da bir kısmının bulanık olması veya sistem yapısının değişkenler arasında kesin ilişkiler tanımlanmasına imkan vermemesi gibi klasik regresyon uygulanmasının önerilmediği durumlarda kullanılan alternatif bir yöntemdir. Bu çalışmada klasik regresyon ve bulanık mantığın tipik bir uygulaması olan bulanık regresyon teorik olarak incelenmiş ve bu kapsamda Ankara'daki konut fiyatlarının tahminine yönelik modeller oluşturularak sonuçlar karar vericiye göre değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 906.1.066
Anahtar Kelimeler : Tahmin, Regresyon, Bulanık Regresyon
Sayfa Adedi : 123
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Fevzi KUTAY

**A FORECAST ABOUT FUZZY REGRESSION AND A CASE
(M.Sc. Thesis)**

Selma DÜZYURT

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
June 2008**

ABSTRACT

The relationship based on a cause and effect relation between a dependant quantitative variable and one/or more independant quantitative variable is called regression, the mathematical expression that shows this relationship is called regression model. Fuzzy regression is one of the methods that can be used in solving the problems by providing facilities to consider both quantitative and qualitative variables in decision making process. Fuzzy regression is an alternative method which is used in some situations that are not suggested for classical regression implementations such as; all/or some of the datas' being fuzzy due to the ambiguous system structure or the system structure's being unable to determine definite relations between variables. In this case, classical regression and fuzzy regression as a typical implementaion of a fuzzy logic are studied. In this scope, models are formed through forecast housing prices in Ankara and the results are evaluated due to the decision makers.

Science Code : 906.1.066
Key Words : Forecast, regression, fuzzy regression
Page Number : 123
Adviser : Prof. Dr. Fevzi KUTAY

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Fevzi KUTAY'a, tecrübelerinden faydalandığım ve bana her konuda yardımcı olup, fikirlerini esirgemeyen sevgili arkadaşım Bedriye ÖZEL'e, manevi desteklerinden dolayı aileme ve tüm dostlarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
2. TAHMİN, TAHMİN TEKNİKLERİ VE REGRESYON	3
2.1. Tahmin	3
2.2. Tahmin Teknikleri	3
2.2.1. Sebep-sonuç ilişkisine dayalı tahmin teknikleri	4
2.2.2. Zaman serileri analizine dayalı tahmin teknikleri	5
2.3. Regresyon	5
3. BULANIK KÜME TEORİSİ VE BULANIK REGRESYON	8
3.1. Bulanık Küme Teorisi	8
3.1.1. Bulanıklık kavramı faydası ve uygulamaları	9
3.1.2. Belirsizlik ve kesin olmayış	10
3.1.3. Belirsizlik yöntemleri	11
3.1.4. Bulanık kümeler ve üyelik dereceleri	12
3.1.5. Bulanık sistem	13
3.1.6. Bulanık mantığın avantaj ve dezavantajları	15
3.2. Bulanık Regresyon	17
3.2.1. Literatür taraması	20

Sayfa

3.2.2. Bulanık doğrusal regresyon modeli.....	26
3.2.3. Tanaka'nın bulanık regresyon modeli.....	27
3.2.4. Tanaka'nın bulanık doğrusal regresyon modelinin yeniden gözden geçirilmiş metodu	31
3.2.5. Bulanık en küçük kareler regresyonu:.....	32
3.2.6. Klasik regresyon ve bulanık regresyon analizi	35
4. KLASİK REGRESYON VE BULANIK REGRESYON İLE KONUT FİYATLARININ TAHMİNİ	38
4.1. Klasik Regresyon İle Tahmin.....	39
4.2. Tanaka'nın Bulanık Regresyon Analizi Modeli.....	41
4.3. Tanaka'nın Bulanık Doğrusal Regresyon Modelinin Yeniden Gözden Geçirilmiş Metodu ile Tahmin (Revize FLR) :	48
4.4. Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonu ile Tahmin	54
4.5. Aralık Regresyon ile Tahmin	60
4.6. Kesikli X Bağımsız Değişkenleri ve Bulanık Y Bağımlı Değişkeni İçin $H=0.00$ Minimum Bulanıklık Kriteri İle Tanakanın Bulanık Regresyon Modeli	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
EKLER.....	74
EK-1 MINITAB paket programı ile elde edilen sonuçlar.....	75
EK-2 Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen Çözüm Sonuçları.....	76
EK-3 Kesikli X bağımsız değişkenleri ve bulanık Y bağımlı değişkeni için $H=0.00$ minimum bulanıklık kriteri ile Tanakanın bulanık regresyon modeli.....	119
ÖZGEÇMİŞ	123

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Ankara'nın farklı semtlerinde bulunan konutların fiyatları ve konut fiyatlarını etkileyen kriterlerin listesi.....	39
Çizelge 4.2. Klasik Regresyon kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	47
Çizelge 4.3. H=0.00 için Tanaka'nın bulanık regresyon analizi kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	49
Çizelge 4.4. H=0.50 için Tanaka'nın bulanık regresyon analizi kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	51
Çizelge 4.5. H=0.70 için Tanaka'nın bulanık regresyon analizi kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	53
Çizelge 4.6. H=0.00 için Revize FLR kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	56
Çizelge 4.7. H=0.50 için Revize FLR kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	58
Çizelge 4.8. H=0.70 için Revize FLR kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	60
Çizelge 4.9. H=0.00 için Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonu kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	62
Çizelge 4.10. H=0.00 için Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonu kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	64
Çizelge 4.11. H=0.70 için Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonu kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	66
Çizelge 4.12. Aralık Regresyon Modeli kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri.....	68
Çizelge 4.13. Kullanılan yöntem ve sonuçların özeti.....	69
Çizelge 4.14. Ankara'nın farklı semtlerinde bulunan konutların fiyatları ve konut fiyatlarını etkileyen kriterlerin listesi.....	71

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Regresyonun Sınıflandırılması.....	6
Şekil 3.1. Üyelik derecesi fonksiyonları (a) klasik küme, (b) bulanık küme.....	14
Şekil 3.2. Bulanık veri $\tilde{Y}_i$ 'yi elde etmek için gerekli olan $\tilde{Y}_i$ 'nin uygunluk derecesi.....	31
Şekil 3.3. Aralık Regresyon Modelleri (a) Belirli X ve belirli Y değerleri için aralık regresyon modeli (b) Belirli X ve bulanık Y değerleri için aralık regresyon modeli.....	36

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi regresyon bir tahmin yöntemi olup, bağımsız değişken değerlerinden bağımlı değişken değerlerini tahmin etmede kullanılır. Sebep-sonuç ilişkisi bulunan bağımlı ve bağımsız değişkenler nicel değişkenlerdir. Yani sayısal değerlerdir. Değişken değerleri belli ve kesindir ve dolayısıyla herkes tarafından aynı şekilde değerlendirilebilir ve yorumlanır. Öte yandan bağımlı değişkene etki eden nicel değişkenlerden başka nitel değişkenlerde vardır. Bunlar ölçülemediğinden regresyon modellerine dahil edilemezler. Dolayısıyla regresyon modeli ile tahmin edilen bağımlı değişken değerleri gerçeği tam olarak yansıtmazlar. Örneğin tüketim; gelir, kira, kültür harcamaları gibi nicel değişkenlerin fonksiyonu olduğu gibi, tüketimi sosyal çevre, oturulan semt gibi bazı nitel değişkenlerde doğrudan etkilerler ancak bunlar ölçülemeyeceğinden regresyon modellerine dahil edilemezler. Bilindiği üzere nitel değişkenler kesin değil görecelidirler. Örneğin zengin-fakir, büyük-küçük, uzun-kısa kavramları kişiden kişiye farklı algılanır ve değerlendirilir. Öte yandan sistem yapısı her zaman değişkenler arasında kesin ilişkiler tanımlanmasına imkan vermeyebilir. Dolayısıyla regresyon modeli ile tahmin edilen bağımlı değişken değerleri gerçeği tam olarak yansıtmazlar.

1960'lı yıllarda Zadeh'in geliştirdiği Bulanık Küme Teorisi yaklaşımı, nitel değişkenlere sayısal olarak değerlendirme olanağı yaratmıştır. Daha sonra Tanaka ve ark. (1982) Bulanık Küme Teorisinden yararlanarak Bulanık Doğrusal Regresyon yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntemle her bir nitel gözlem üyelik derecesine göre modele sayısal olarak katılmaktadır.

İkinci bölümde, tahmin, tahminin önemi ve tahmin teknikleri konusunda bilgi verilmiş ve bir tahmin tekniği olan regresyon kısaca anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde; bulanıklık kavramı, bulanık sistem, bulanık kümeler, üyelik dereceleri, bulanık regresyon ve bulanık regresyon teknikleri hakkında bilgi verilerek literatürde bu konu ile ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde; Klasik Regresyon ve Bulanık Regresyon kullanılarak Ankara'daki konut fiyatlarının sunulan kriterlere göre tahminine yönelik bir uygulama yer almaktadır.

Beşinci bölümde; Klasik Regresyon ile Bulanık Regresyon çeşitli alternatiflere göre kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. TAHMİN, TAHMİN TEKNİKLERİ VE REGRESYON

2.1. Tahmin

Tahmin bir olayın alacağı değerleri önceden yaklaşık olarak bilmektir denilebilir. Birçok kişi özellikle her alandaki yöneticiler (karar vericiler), pek çok konuda karar verme durumundadırlar. Karar vericilerin mevcut durumla veya geleceğe ilişkin kararlarının hemem hemen hepsi tahmine dayanır.

Tahmine ilişkin kararlar risk içermektedir. Şöyle ki tahminler ne kadar gerçeğe yakınsa doğru karar verme olasılığı yüksek, dolayısıyla risk azdır. Aksine tahminler ne kadar gerçekten uzaksa, doğru karar verme olasılığı düşük, dolayısıyla risk fazladır.

Sonuç olarak kararlar risk içermektedir. Mevcut durumla ilgili kararlarda risk az, geleceğe ilişkin kararlarda belirsizlik fazla olduğundan risk yüksektir. Çünkü geleceği gerçeğe yakın bilmek oldukça güçtür. Tahmin bir olayla ilgili doğru karar vermeyi amaçlar. Dolayısıyla tahmin karar vericinin en önemli vazgeçilmez unsurudur. [Kutay, 1989].

2.2. Tahmin Teknikleri

Birçok tahmin teknikleri vardır. Bunlar çeşitli şekilde sınıflandırılabilir. Tahmin tekniklerini başlıca kalitatif ve kantitantif teknikler olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Gerek kantitatif tekniklerde, gerekse kalitatif tekniklerde çıkış noktası aynıdır, şöyleki; söz konusu olaya ilişkin gözlem değerleridir. Geçmiş ve şimdiki dönem gözlem değerlerinden gelecek dönem gözlem değerleri belirli kurallar çerçevesinde tahmin edilir. Kalitatif tahmin teknikleri, geçmiş bilgilere dayanmakla beraber, büyük ölçüde tahmini yapanın bilgi, tecrübe ve kişisel görüşlerine dayanır. Kalitatif tekniklerde tahmini yapanın bilgi ve tecrübesi, deneyimi önemli ölçüde rol oynar. Dolayısıyla bir konuda deneyimli, tecrübeli bir kişinin tahmini daha iyi sonuç verebilir. Kalitatif teknikler subjektiftir denilebilir. Çünkü aynı gözlem değerleri için

farklı kişilerin değerlendirmeleri farklı olabilir. Öte yandan kalitatif tahmin tekniklerinde tahmin hatası ölçülemez. Bundan kalitatif tahmin tekniklerinin tamamen gereksiz olduğu anlamı çıkarılmamalıdır. Yukarıda belirtildiği gibi tahmini yapanın o konudaki bilgisi, deneyimi ne kadar fazla ise, yaptığı tahminlerde gerçeğe daha yakın sonuçlar verebilir. Bazen kalitatif teknikler, kantitatif tekniklerden daha iyi sonuçlar verebilirler. Öte yandan, kalitatif tekniklerinin uygulamasının kolay olması, fazla çaba ve zaman gerektirmemesi olumlu özellik olarak belirtilebilir.

Kantitatif tahmin teknikleri de çeşitli açılardan sınıflandırılabilir. Başlıca, sebep sonuç ilişkisine dayanan teknikler ve zaman serisi analizlerine dayanan teknikler olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Sebep sonuç ilişkisine dayanan kantitatif teknikler Regresyon ve ekonometrik modellerdir. [Kutay, 1989].

2.2.1. Sebep-sonuç ilişkisine dayalı tahmin teknikleri

Regresyon tekniğinde aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan bir nicel bağımlı değişkenle bir veya daha çok nicel bağımsız değişken arasındaki sebep sonuç ilişkisi geçmiş dönem gözlem değerleri yardımıyla belirlenir. Daha sonra bağımsız değişkenlerin gelecekteki çeşitli değerleri için bağımlı değişkenin alacağı değer tahmin edilmeye çalışılır. Öte yandan regresyon tekniği bağımlı bağımsız değişkenler arasındaki sebep sonuç ilişkisini belirlemeyi de amaçlar.

Ekonometrik modeller sebep sonuç ilişkisi gösteren iki ve daha çok (basit veya çoklu) regresyon denkleminde oluşan denklem sistemidir. Dolayısıyla ekonometrik modellerde birden fazla bağımlı değişken bulunur. Ekonometrik modellerde tüm bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler eş zamanlı (simultane) olarak incelenir. Böylece bağımlı bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler daha gerçekçi bir şekilde değerlendirilmiş olur. Bunun sonucu olarak bir denklemdeki bağımsız değişken değerleri yardımıyla bağımlı değişken değeri ve bu değişkeni içeren diğer denklemler yardımıyla diğer bağımlı değişken değerleri tahmin edilebilmektedir.

Yukarıda da belirtildiği üzere sebep sonuç ilişkisine dayalı tahmin teknikleri daha çok bağımsız değişken değerlerinden bağımlı değişken değerlerini tahmin etmede kullanılırlar. Regresyon ve ekonometrik modellerle gelecek dönem tahminleri yapılabilmesi oldukça sınırlıdır. Zira regresyon ve ekonometrik modeller yardımıyla bağımlı değişken veya değişkenlerinin gelecek dönem değerlerini tahmin edebilmek için bağımsız değişkenlerin gelecek dönem değerlerinin belirlenmesi yada tahmin edilmesi gerekir. Bu da ancak söz konusu bağımsız değişkenlere ilişkin zaman serilerinin analizi ile mümkündür. [Kutay, 1989].

2.2.2. Zaman serileri analizine dayalı tahmin teknikleri

Regresyon ve ekonomik model dışındaki tüm kantitatif tahmin teknikleri değişkenin geçmiş gözlem değerlerinden oluşan zaman serilerini esas alır. Regresyon ve ekonomik modeller bağımsız nicel değişkenlerden, bağımlı nicel değişkenleri tahmin etmeyi ve geçmiş gözlem değerleri yardımıyla değişkenlerin gelecek dönem değerlerini tahmin etmeyi amaçlar.

Tüm tahmin tekniklerinin ekstrapolasyona (ötelemeye) dayandığı söylenebilir. Tahmin tekniklerinde izlenen yol aynıdır. Şöyle ki önce ilgilenilen değişkene ilişkin geçmiş gözlem değerlerinden oluşan zaman serisi analiz edilerek serinin ana eğilimi ve özellikleri belirlenir. Sonra bu eğilimi yansıtacak model seçilir ve mevcut zaman serisinden modelin parametreleri yaklaşık olarak bulunur. Daha sonra değişkenin gelecek dönemlerde de aynı eğilimi göstereceği varsayılarak belirlenmiş model yardımıyla gelecek dönemler için yaklaşık değerleri elde edilir.

Zaman serilerine dayalı tahmin teknikleri, Trend Analizi, Kısımlara Ayırma Tekniği, Düzeltme Teknikleri ve Box-Jenkins tekniğidir. [Kutay, 1989].

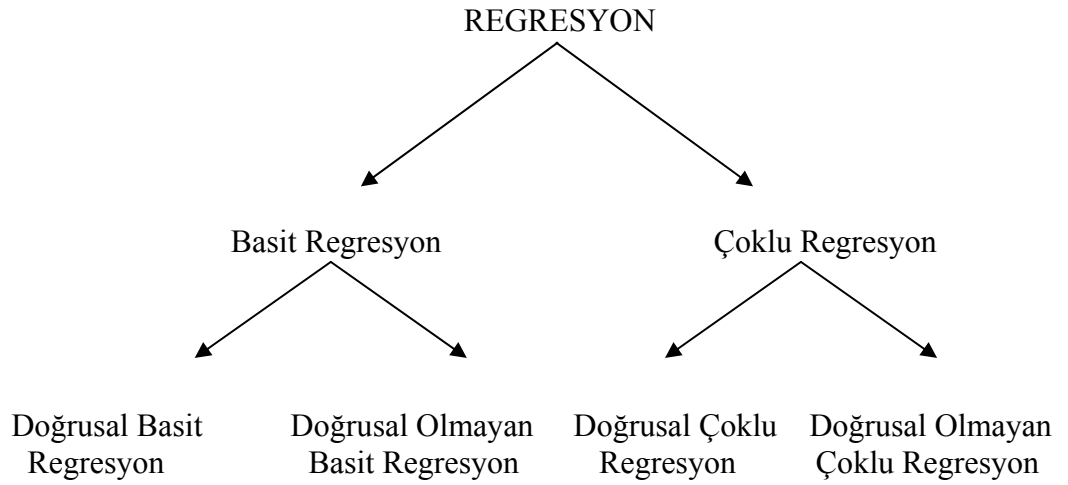
2.3. Regresyon

Aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan bir bağımlı nicel değişkenle, bir veya birden çok bağımsız nicel değişken arasındaki ilişki biçimine regresyon denir.

İlişki biçimini gösteren matematiksel ifadeye regresyon fonsiyonu veya regresyon modeli denir.

Regresyon modelleri çeşitli açılardan sınıflandırılabilir. İçerdiği bağımsız değişken sayısı bakımından Basit Regresyon ve Çoklu Regresyon olmak üzere 2'ye ayrılır. Bir bağımsız değişken içeren modele Basit Regresyon, Birden çok bağımsız değişken içeren regresyona çoklu regresyon denir.

Öte yandan regresyon doğrusal ve doğrusal olmayan olarak ikiye ayrılır. Doğrusal olma ve doğrusal olmama basit ve çoklu için de söz konusudur. Dolayısıyla regresyon modelleri;



Şekil 2.1. Regresyonun sınıflandırılması

Şeklinde sınıflandırılır. Doğrusal (basit veya çoklu) regresyon bir tane, doğrusal olmayan (basit veya çoklu) regresyon çok çeşitlidir.

Basit veya çoklu regresyon modellerinin belirlenmesinde En Küçük Kareler yöntemi kullanılır. Gözlem değerleri ile tahmin değerleri arasındaki farka hata denir. En Küçük Kareler Yöntemi Hata Karelerinin Toplamını en küçüklemeyi amaçlar. Gözlem değerleri ile tahmin değerleri arasındaki hata kaçınılmazdır. Hata nedenleri başlıca;

- Ölçme Hataları
- Modele dahil edilmeyen nitel değişkenlerin etkileridir.

3. BULANIK KÜME TEORİSİ VE BULANIK REGRESYON

3.1. Bulanık Küme Teorisi

Her insan günlük hayatında kesin olarak bilinemeyen, bazen de önceden sanki kesinmiş gibi düşünülen, ama sonuçta kesinlik arz etmeyen durumlarla karşılaşır. Bu durumların örgün (sistematik) bir şekilde önceden planlanarak sayısal öngörülerin yapılması ancak bir takım kabul ve varsayımlardan sonra mümkün olabilmektedir. Şimdiye kadar yapılan mühendislik araştırmalarında ve modellemelerinde bu varsayım ile kabul ve kavramlara kesinlik kazandırmak için değişik çalışmalarda bulunulmuştur. Halbuki, büyük ölçeklerden küçük ölçeklere doğru geçildikçe incelenen olayların kesinlikten uzaklaşarak belirsizlik içeren yönlerle doğru gitmeleri söz konusudur [Şen, 2001].

Gerçek dünya karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik, kesin düşünceden yoksunluk ve karar verilemeyiştten kaynaklanır. Birçok sosyal, ekonomik ve teknik konularda insan düşüncesinin tam anlamıyla olgunlaşmamış oluşundan dolayı belirsizlikler her zaman bulunur. İnsan tarafından geliştirilmiş olan bilgisayarlar, bu türlü bilgileri işleyemezler ve çalışmaları için sayısal bilgiler gereklidir. Gerçek bir olayın kavranılması insan bilgisinin yetersizliği ile tam anlamıyla mümkün olmadığından, insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. Genel olarak değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık kaynaklar adı verilir. Zadeh tarafından gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelemeye alınırsa, çözümün daha da bulanık hale geleceği ifade edilmiştir. Çünkü çok fazla olan bilgi kaynaklarının tümünü insan aynı anda ve etkileşimli olarak kavrayamaz ve bunlardan kesin sonuçlar çıkaramaz. Burada bilgi kaynaklarının temel ve kesin bilgilere ilave olarak, özellikle sözel olan bilgileri de ihtiva ettiği vurgulanmalıdır. İnsan sözel düşünebildiğine ve bildiklerini başkalarına sözel ifadelerle aktarabildiğine göre bu ifadelerin kesin olması beklenemez [Şen, 2001].

Bir sistem hakkında ne kadar fazla öğrenerek bilgi sahibi olursak, onu o kadar daha iyi anlayabiliriz ve onun hakkındaki karmaşıklıklar da o derece azalır, fakat tamamen yok olmaz. İncelenen sistemlerin karmaşıklığı, az veya yeterli miktarda veri bulunmazsa, bulanıklık o kadar etkili olacaktır. Bu sistemlerin çözümlerinin araştırılmasında bulanık olan girdi ve çıktı bilgilerinden, bulanık mantık kurallarının kullanılması ile anlamlı ve yararlı çıkarımların yapılması yoluna gidilebilir [Şen, 2001].

3.1.1. Bulanıklık kavramı faydası ve uygulamaları

L. Asker Zadeh ilk kez "bulanık küme" kavramından 1962'de yayınlandığı "Devre teorisinden sistem teorisine" adlı çalışmasında bahsetmiştir [Zadeh, 1962]. Belirsizliğin matematiği olarak isimlendirilebilecek bu düşünceler ikinci çalışmada olgunlaşmıştır [Zadeh, 1965] Bundan sonraki on yılda (1965-1975) iki çalışmadan kapsamlı bir bibliyografya oluşturabilecek 620 çalışmaya ulaşıldı [Gaines ve Kohout, 1977]. Çalışmaların sayısı yıldan yıla artarak 1979' da 1400' e ulaştı [Kendall ve Yager, 1979]. Takip eden yıllarda yayınlar artık üstel bir hıza erişmişti. Bulanık küme teorisi ile ilgilenenler, bu konuda çalışanlar, küçük uzman gruplardan uluslararası topluluklara dönüştü. Uygulama alanı öyle çoğaldı ki çeşitli disiplinlerdeki bu yayınları izlemek artık mümkün değil.

Bulanık küme teorisi ve matematiğine bu aşırı ilgi, teorik ve uygulamacı bilim adamları ve teknokratların çoğunluğunun problem çözme anlayışında değişim olmasındandır. İnsan yapılı sistemlerin geliştirilmesinde geçerliliği ve güçlülüğü ispatlanan katı (hard) sistem yaklaşımı doğal sistem, ya da yarı doğal yarı insan yapılı sistem için model geliştirmede o kadar etkili görülmemektedir. "Yumuşak" (soft) sistem yaklaşımı bilim ve teknolojinin, ekolojik, sosyal ve ekonomik süreçlere genişletmesi için gerekli hale gelmiştir. Yumuşak sistem yaklaşımının temelinde ise bulanık küme teorisi ve onun uzman sistemlerdeki uygulamaları vardır [Gaines, 1987].

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 zeka sistemlerinin dizaynında temel olacağını belirtmiştir.[Kaufman, 1975] Gerçekten de bugüne kadar yapılan çalışmalar Zadeh'in öngörülerini doğrulamaktadır. Bulanık küme teorisi aşağıdaki bilim dalları ve alanlarda uygulanmıştır:

- Yapay zeka
- Uzman sistemler
- Kontrol teorisi
- Kalite kontrol,
- Çok amaçlı karar verme
- Ürün planlaması, seçimi
- Optimum sistem planlaması
- Taşıma, ulaşım
- Net work
- Oyunlar kuramı
- Çevre yönetimi
- Bankacılık finansı
- Ziraat

Bununla beraber başlangıçta bir çok bilim adamının bu yeni teori üzerinde şüpheleri vardır [Arbib, 1977].

3.1.2. Belirsizlik ve kesin olmayış

Mantık, sistem, küme vb için bulanıklık belirsizliğin bir ifadesi olarak karşımıza çıkar. Geçmişte belirsizliklerin işlenmesi ve anlamlı sonuçlara varılabilmesi için olasılık teorisi kullanılmıştır. Matematik ve mühendislikte de bu olasılık teorisi belirsizlik durumlarında istatistik yöntemlerle beraber kullanılır. Bu nedenle de bütün belirsizliğin rastgele (random) karakterde olduğu kavramı yaygınlaşmıştır.

Rastgeleliğin en önemli özelliği, sonuçların ortaya çıkmasında tamamen şans olayının rol oynaması ve gerekli öngörülerin ve tahminlerin kesin bir doğrulukla önceden yapılamamasıdır. Ancak, bilinen belirsizliklerin hepsi rastgele karakterde değildir. Günlük hayatta karşılaşılan belirsizliklerinin çoğunun rastgele olmadığı kolayca anlaşılabılır. Rastgele karakterde olmayan olaylarda, sözel belirsizlikler halinde inceleme ve sonuç çıkarma işlemlerinde olasılık ve istatistik gibi sayısal belirsizlikleri gerektiren yöntembilimler (metodolojiler) kullanılamaz [Şen, 2001].

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunamaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesidir. İkincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine ihtiyaç gösteren hallerdir. Bulanık mantıktan karmaşıktaki olsa, karşılaşılan her türlü sorunun çözülebileceği anlamı çıkarılmamalıdır. Ancak, en azından insan düşüncesinin incelenen olayla ilgili olarak bazı sözel çıkarımlarda bulunması dolayısı ile en azından, daha iyi anlaşılabilen sonucuna varılabilir [Şen, 2001].

3.1.3. Belirsizlik yöntemleri

Son 30 yıla kadar sürekli kullanılan belirgin mantık ve özellikle de yine 2000 yılına kadar insanların basitçe kullandıkları Aristo mantığı yerine, belirsizlik içeren ve bugün bulanıklık (fuzzy) denilen bir mantık yapısı, değişik teknolojik cihazlarda kullanılır hale gelmiştir. Burada, günlük konuşma dilinde geçen sözel belirsizlikleri de, modelleme veya hesap yapılırken işin içine katması mümkün olmuştur. Günümüz teknolojisinin, çamaşır-bulaşık makinesi, elektrikli süpürge, araba, asansör, yapay zeka, modelleme gibi birçok atılımları son günlerde bulanık mantık yöntemlerinde kullanılması ile başarılabilmektedir [Şen, 2001].

Bu açıklamalardan sonra belirsizliğin her tarafta ve her şeyde bulunduğu ve bunların nesnel olarak incelemeleri için bazı teknik, yöntem algoritma ve yaklaşımların alışlagelmiş belirgin matematik (diferansiyel denklem, türev) dışında belirsizliği yakalayabilecek ve onu sayısallaştırabilecek kuralları olan bazı bilimsel yöntemlere

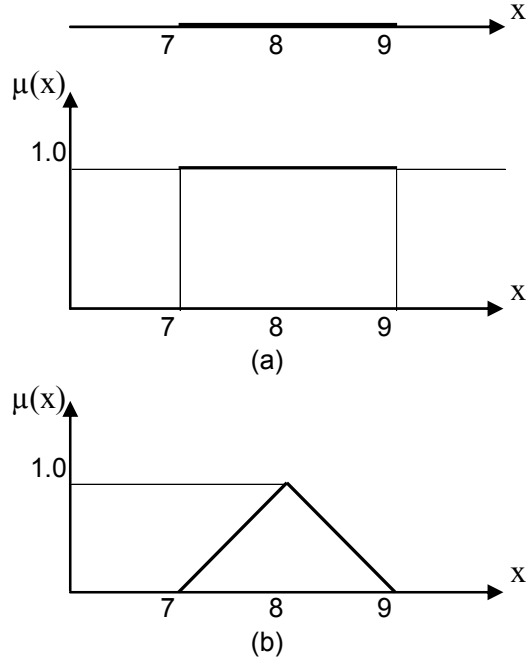
ihtiyaç olduğu aşıkardır. Bu türlü konular için geçerli olabilecek olasılık, istatistik, stokastik, fraktal, kaotik, kuantum gibi değişik belirsizlik yöntemleri bulunmaktadır. Ancak bunların en eskisi ve diğerlerinin anlaşılması için gerekli olanı olasılıktır. Bu yöntemler olayın incelenmesinde kuralcı, basitleştirici ve donuk kavramlar olması yerine daha dinamik, belirsiz ve verimli yaklaşım ve görüşlerle yardımcı olmaktadır [Şen, 2001].

3.1.4. Bulanık kümeler ve üyelik dereceleri

Yukarıda değinilen değişik belirsizlik durumları arasında sözel olanlarının mükemmel olmayan bilgi içeriği olması açısından daima yaklaşıklık ve bulanıklık içerdiği anlaşılmaktadır. Bu gibi belirsizlik durumlarında en uygun yönetim bilim esasının küme elemanlarına değişik üyelik derecelerinin verilmesi ile olacağı Lütfü Askerzade tarafından 1965 yılında belirtilmiştir. Aristo mantığına göre insanlar boy bakımından ya uzundur veya değildir. Halbuki, Zadeh yaklaşımına göre uzun boyluluğun değişik dereceleri vardır. Uzun boylulardan 1 tanesi gerçek uzun boylu olarak alınırsa ondan biraz daha kısa olanlar uzun boylu değil diye dışlanamazlar. Esas alınan uzun boyluluğun altında ve üstündeki boylar o kadar kuvvetli olmasa bile, uzun boyluluğa ait olma derecesi biraz daha az olmakla beraber, yine de uzun boylular kümesine girmektedir. Böylelikle dünyadaki tüm insanlar kümesindeki insanların teker teker boy uzunluğu açısından birer üyelik derecelerin bulunduğunu söyleyebiliriz [Şen, 2001].

Aristo mantığına göre çalışan ve şimdiye kadar alışlagelen klasik küme kavramında, bir kümeye giren öğelerin oraya ait oluşları durumunda üyelik dereceleri 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit varsayılmıştır. İkisi arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülemez. Halbu ki bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında değişen, değişik üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür. Böylece daha şimdiden bulanık kümelerdeki öğelerin üyelik derecelerinin kesintisiz olarak 0 ile 1 arasında değerler aldığından söz edebiliriz. Aslında Zadeh küme öğelerinin üyelik derecelerinin 0 ile 1 arasında değişebileceğini ileriye sürerek kümeler teorisinde geniş uygulamaya sahip ve doğal hayatla uyumlu olan bulanık küme teorisini

geliştirmiştir. Bu kadar basit temeli olan bulanık kümeler kavramının özellikle 1980 yılı sonrasındaki teknoloji ve bilimsel çalışmalarda etkisi büyük olmuştur. [Şen, 2001].



Şekil 3.1. Üyelik derecesi fonksiyonları (a) klasik küme, (b) bulanık küme [Chang ve ark. ,2001]

Bulanıklık müphemlik, belirsiz anlamlılık, değişik anlamlara gelebilme özelliği vardır. Rastgelelik, o olayın meydana gelmesindeki sayısal ölçüsü olarak tanımlanabilir. Olay meydana gelir ya da gelmez ama onun bulanıklığı daima söz konusudur [Şen, 2001].

3.1.5. Bulanık sistem

Bulanıklığın anlamı, bir araştırmacının incelediği konunun kendisi tarafından tam kesinlikle bilinmemesi durumunda sahip olduğu eksik ve belirsiz bilgilerin tümüdür. Böylece araştırmacı, klasik analitik yöntemler ile dinamik ve korunum ilkeleri (enerjinin, maddenin, momentumun korunumu gibi) elde ettiği denklemleri, verilerinde ve bilgilerinde belirsizlik yani bulanıklık bulunduğu için doğrudan kullanamaz. Araştırmacının incelediği olay ve mekanizma sadece kesin kurallı,

çıkarımlarında kabul ve varsayımlar olan denklemler yerine, onların tamamlayıcısı olarak mevcut, onunla ilgili sözel ve oldukça belirsiz bilgiler de göz önünde tutularak modellenebilir. Bulanık ilkelerin yardımı ile olayların incelenmesinde veri ve bilgi bakımından bir bulanıklık söz konusu ise de, bulanık yöntemlerin işleyişi tamamen belirgindir. Araştırmacıların bulanık sistemleri kullanması için genel olarak iki sebebi vardır. Bunlar şöyle ifade edilebilir:

1) Gerçek dünya olaylarının çok karmaşık olması dolayısıyla bu olayların belirgin denklemlerle tanımlanarak, kesin bir şekilde kontrol altına alınması mümkün olmaz. Bunun doğal sonucu olarak araştırmacı, kesin olmasa bile yaklaşık fakat çözülebilirliği olan yöntemlere başvurmayı her zaman tercih eder. Zaten Einstein'ın da dediği gibi, gerçek olaylar matematik denklemlerle kesinlikle ifade edilebiliyor denirse, ya denklemlerin kesinliğinden, veya matematik denklemler gerçeği kesin olarak tasvir edebiliyor sonucuna varılırsa, bu sefer de, gerçek dünya olaylarından söz edilemez. O halde, yapılan bütün çalışmalarda çözümler bir dereceye kadar yaklaşıktır. Aksi taktirde, çok sayıda doğrusal olmayan denklemlerin aynı zamanlı olarak çözülmesi gerekir ki, bunun günümüz bilgilerine göre belirgin olmayan kaotik (buhranlı) çözümlere yol açacağı bilinmektedir (Lorenz,1963).

2) Mühendislikte bütün teori ve denklemler gerçek dünyayı yaklaşık bir şekilde ifade eder. Birçok gerçek sistem doğrusal (lineer) olmamasına, nonlinear olmasına rağmen bunların klasik yöntemlerle incelenmesinde doğrusallığı kabul etmek için her türlü gayret sarf edilir. Örneğin, mukavemet hesaplarında malzemenin gerilme altında şekil değiştirmesinin doğrusal olduğu, Hooke kanunu ile kesin bir ifadeye kavuşturulmuştur. Halbuki, malzemenin her zaman bu şekilde davranması beklenemez ve bu sebeple küçük de olsa bazı sapmaların olması muhtemeldir. Zaten bunun doğal sonucu olarak, mukavemet boyutlandırmalarında emniyet katsayısı gibi bir büyüklük hesaplara ithal edilerek, olabilecek belirsizlikler yine belirgin bir şekilde göz önünde tutulmuştur. Emniyet katsayısının kullanılması, bir bakıma belirsizliklerin arka kapıdan çözümün içine katı bir şekilde sokulmasıdır. Halbuki, gerçek malzemenin davranışlarında emniyet katsayısı gibi bir büyüklüğe gerek kalmadan boyutlandırma yapılması için belirsizlik ilkelerine gerek duyulur.

Günümüzde bilgi ve bunun getirdiği sözel verilere önem verilmektedir. Bunun sebebi, insanların bir cihaz gibi sayısal değil de yaklaşık sözel verilerle konuşarak anlaşmasıdır. Sözel veriler gün geçtikçe önemini arttırmaktadır. Sözel insan verilerini, bir sistem içinde formüle ederek, cihazların verdiği sayısal bilgilerle beraber mühendislik sistemlerinde göz önünde tutmak gerekmektedir. Bulanık sistemlerin asıl işleyeceği konu bu tür bilgilerin bulunması halinde, çözümlemelere gitmek için nasıl düşünüleceğidir. İyi bir mühendislik teorisinin incelenen olayın önemli bazı özelliklerini yakalayarak onu yaklaşık bir biçimde modellemesi ve matematik bakımından karmaşık olmayacak çözümlerle kontrol altına alınması beklenir. Aslında bulanık yöntemlerle bir sistemin modellenmesinde de yaklaşıklık ve oldukça kolay çözünürlük bulunur. Bu bakımdan bulanık küme, mantık ve sistem ilkeleri, uzman kişilerinde vereceği sözel bilgileri işleyerek toptan çözüme gitmeye yarar. Mühendislik yaklaşımlarında elde edilen tüm sayısal ve sözel bilgiler çözüm algoritmasına katılarak incelenen olayın kontrolünde anlamlı çözümlere varılabilmelidir. Bu bakımdan bulanık küme, mantık ve sistem ilkeleri, uzman kişilerinde vereceği sözel bilgileri işleyerek toptan çözüme gitmeye yarar. Halbuki, teorik matematik ve diferansiyel hesaplamalarda sadece sayısal değerler kullanılır. İnsanların sunduğu sözel bilgilerin sayısal hale getirilerek bilgisayarlar veya algoritmalar tarafından algılanarak hesaplamaların yapılabilmesi için bulanık sistemlere gerek vardır [Şen, 2001].

3.1.6. Bulanık mantığın avantaj ve dezavantajları

Günlük yaşamda karşılaştığımız problemlerin birçoğu insan düşünüş tarzına yakın özelliklere sahip, iyi tanımlanmamış, bulanık karakterli ve karmaşıktır. İşte bu tip özelliklere sahip matematiksel birçok problemde bulanık denetim insan düşünüş tarzına uygun düştüğü için belirgin bir avantaja sahip olmaktadır. Belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir. Sistem biraz önce söylediğimiz özellikleri arz etmeyen basit bir matematiksel modelle tanımlananbilen bir sistemse, o zaman geleneksel bir sistem yaklaşımı yeterli olacaktır. Fakat sistemin karmaşıklık derecesi arttıkça geleneksel denetim

kurallarının, dolayısıyla geleneksel mantığın uygulanması o derece güçleşir ve bulanık mantık denetimi iyi bir alternatif olarak ortaya çıkar. Zira karmaşık bir sisteme geleneksel bir mantık uygulamak hem çok güç, hem de yüksek maliyetlidir. Buna karşılık bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir.

Bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işlemlere tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik işlevlerine indirgenememeleri sebebiyle bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır.

Bulanık mantık denetiminin sağladığı diğer bir avantaj ise, doğrudan kullanıcı girişlerine, kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine olanak sağlamasıdır. Buna elektronik olarak sürekli değiştirilebilen aktarım güzel bir örnek teşkil eder. Bilindiği gibi geleneksel otomatik vites değişiminin motorun belli hızlara ulaşması sonucunda otomatik olarak gerçekleşir. Buna karşılık manuel vitesli bir arabada ise sürücünün hürriyeti daha fazladır ve yol, yük ve kendi araba kullanım tarzına göre belli durumlarda vites değişir.

Bulanık mantık ve bulanık denetim konusundaki uygulamalarda örnekler verilirken, sürekli olarak geleneksel denetleyicilere kıyaslamalar yapılmış ve sonuçta da bulanık tabanlı denetleyicilerin geleneksel denetleyicilere kıyasla daha başarılı sonuçlar getirdiğinden bahsedilmiştir.

Bulanık denetim konusundaki diğer güzel bir örnek ise Mitsubishi tarafından üretilen bulanık denetimli klima cihazıdır. Bu cihaz ortam koşullarını sezerek en iyi çalışma durumunu ayarlar ve odaya birisi girerse soğutmayı arttırır. Geleneksel denetleyici ile kıyaslandığında ısıtma ve soğutma sürelerinin önemli ölçüde azaldığı, bunun yanı sıra kullanılan güçte de %20 oranında bir azalma olduğu görülmüştür.

Bulanık mantık denetleyicilerine yöneltlen çeşitli eleştiriler söz konusudur. Bu eleştirilerden birisi, bulanık mantık denetleyicilerinin süreç hakkında daha fazla bilgiye ve daha fazla algılayıcıya ihtiyaç duydukları dolayısıyla hem pahalı, hem de

daha az güvenilir olduklarıdır. Bu her zaman doğru değildir. Örneğin Mitsubishi tarafından üretilen klima cihazında geleneksel denetleyiciye göre daha az algılayıcı kullanılmıştır. Benzer şekilde, National Panasonic firmasının piyasaya sürdüğü bulanık denetleyicili çamaşır makinasında ise sadece iki tane algılayıcı vardır.

Yapılan diğer bir eleştiri ise, bulanık mantık denetleyicilerinin geleneksel denetleyicilere kıyasla gösterdiği yüksek performansın doğrusal olmayan denetleyici aracılığı ile de sağlanabileceği yönündedir. Bu doğru olabilir ancak büyük bir olasılıkla doğrusal olmayan denetleyici 4 bitlik mikro işlemci ile gerçekleşmeyecektir.

Yukarıda açıklanan yararlar, bulanık denetimi endüstriyel uygulamalar için uygun bir aday konumuna sokmuşlardır. Bununla birlikte uygulamada karşılaşılan bazı güçlükler de yok değildir. Bunlar şöyle sıralanabilir;

- 1- Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır.
- 2- Üyelik işlevlerin seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun işlev deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir.
- 3- Denetleme sisteminin bir kararlılık analizi yapılamaz, sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır.

Açık veya net olmayan ya da bulanık olan verilerle birçok alanda karşılaşırız. Bu kesin olarak tanımlanmayan veya sınıflanmayan veriler için bulanık sayılar veya veriler tanımını kullanılmaktadır. Değişkenin aldığı sayısal değer subjective bir tanımlamaya yol açıyorsa bu veri bulanık veri olarak tanımlanır [Zimmerman,1976].

3.2. Bulanık Regresyon

Klasik Regresyon, bağımsız nicel değişkenleri kullanarak, bağımlı nicel değişken değerlerini tahmin etme yöntemidir. Klasik regresyon mevcut ve/veya geçmiş dönemlere ait nicel verilere dayanarak tahmin yapma, karar destek sistemlerine

katkılarda bulunma gibi önemli uygulama aracıdır. Klasik regresyondaki bazı önemli varsayımlara rağmen, gerçek hayatta var olan esnek düşünme yapısı metot içinde yer almamaktadır [Tanaka ve ark., 1982].

Klasik Regresyon mevcut durumu veya geleceği tahmin etme amacı ile eldeki mevcut verilere dayanarak değişkenler arasındaki ilişkiyi modelleyen istatistiksel bir araç olarak kullanılmakta ve söz edilen değişkenler arasındaki ilişkiyi çok keskin tanımlamaktadır. Bilim adamları geleceği tahmin etmek amacıyla kullandıkları bulanık olmayan regresyonda bağımsız değişkenlerin etkilerini ve miktarını tam olarak yakalamaya çalışırlar. Halbuki doğadaki birçok belirsiz (bulanık) olayı yansıtmaya çalışan kesin matematiksel modeller her zaman çalışmaz. Klasik regresyon ancak doğada kesin bir şekilde veri elde edebildiğinde doğru sonuçlar vermektedir. Diğer bir deyişle, kendisine klasik mantığı temel almış regresyon, insan düşünüş tarzına yakın özellikler taşıyan bulanık sistemlerde yanlış kararlara sebep olmaktadır [Tanaka ve ark., 1982].

Yukarıda anlatılan klasik regresyonun dezavantajlarına karşılık bulanık regresyon geliştirilmiştir. Bulanık regresyonda bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki klasik regresyondaki gibi kesin değildir. Bu sebepten dolayı, bulanık teknikler, belirsiz olaylarda bağımsız değişkenlerin etkilerini daha gerçekçi bir şekilde yansıtır [Tanaka ve ark., 1982].

Bulanık mantık ve bulanık regresyon doğada ve günlük yaşantımızda belirsizliğin var olduğu, geleneksel mantığa dayanan matematiksel metodların yetersiz kaldığı durumlarda işin içine girip, sistemin güvenilirliğini artırdığı gibi maliyetlerde de gözle görülür bir düşüş gerçekleştirmede, bunun yanı sıra doğayla tutarlı kararlar vermemizde faydalı olmaktadır [Tanaka ve ark., 1982].

Osaka ve Ryukoku Üniversitelerinden Tanaka, Hayashi ve Watada'nın esnek düşünme tabanına dayalı çalışmaları Regresyon Analizine Bulanık boyut kazandırmıştır. Bu sayede, doğada ve günlük yaşantımızda belirsizliğin var olduğu

ve klasik metodun yetersiz kaldığı durumlarda, kurulan sistemlerin güvenilirliğini arttırdığı gibi, doğal düşünüşe uygun kararlar vermemize yardımcı olmaktadır.

Klasik Regresyonda hesaplanan değerler ile gözlenen değerler arasında ki farklılıkların ölçüm hataları olduğu kabul edilir. Bulanık Regresyon modelinde ise, bu farklılıkların sistem parametrelerinin kararlı olmayışına dayandığı varsayılır. Önerilen model bulanık katsayılardan modele direk giren sistem katsayıları arasında doğru bir ilişki kurmak içindir [Tanaka ve ark., 1982].

Bulanık regresyon bulanık verilerle ilişkilendirilerek önerilmiştir. Olasılık teorisini temel alan klasik regresyonun tersine, bulanık regresyon possibility teori ve bulanık küme teorisini temel alır. Klasik regresyon analizinde, regresyon modeli ve gözlemlenen veriler arasındaki hatalar genellikle normal dağılımlı, ortalaması '0' olan ve sabit varyanslı rastsal değişken gözlemlene hatası olarak varsayılır. Bulanık regresyon analizinde aynı tip hataların model yapısındaki bulanıklıktan kaynaklandığı kabul edilir.

Tanaka ve ark. (1982) çalışmalarında bulanık bağımlı değişken ve kesikli bağımsız değişkenler matematiksel programlama problemlerinde formüle edilmiştir. Amaç, regresyon modelinin bulanık karşılığını tahmin eden üyelik değerini sağlayan değeri bulacak şekilde bulanık regresyon katsayılarının toplam dağılımını minimize etmektir. Bulanık doğrusal regresyon, bulanıklığın düşünüldüğü durumda değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi modellemek için geliştirmiştir.

Bulanık regresyon analizi aynı zamanda olası (possibility) regresyon analizidir. Klasik regresyon analizinde gözlenen ve tahmin edilen değişkenler arasındaki sapmanın rastsal hatalardan kaynaklandığı varsayılır. Bununla birlikte bu sapmalar bazen tanımlanamayan sistem yapısı veya bulanık gözlemlerden kaynaklanır. Regresyon modelinin bu tipindeki belirsizlik, modeli rastsal değil bulanık yapar [Yang & Liu, 2003].

3.2.1. Literatür taraması

Bulanık mantık (BM) sistemlerin ve modellerin tanımlanmasında ve kontrol edilmesinde geniş çapta kullanılan bir sistemdir. Bulanık ilkeler hakkında ilk bilgiler, Azerbaycan asıllı Lutfu Askerzade tarafından ortaya atıldı [Zadeh, 1965]. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizlikleri açıklamak ve belirsizliklerle çalışabilmek için kurulmuş kesin bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Zadeh'in bulanık kümeler kavramını tanıttıktan sonra bu yana regresyon modelinde bulanık bilgiyi dikkate alan uygulamalar birçok bilim dalında başarıyla uygulanmıştır. Bulanık regresyon ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Tanaka vd. (1982) bulanık modele sahip doğrusal regresyon çözümlemesindeki ilk çalışmayı önermişlerdir. Girdi ve çıktı değişkenlerinin bulanık olmadığı, fakat sistem bilgisinin bulanık olduğu varsayılmakta ve amaç fonksiyonu bağımlı değişkenin tahmin değerinin yayılmasının minimizasyonuna dayanmaktadır. Analiz lineer-programlama tekniği kullanılarak çözümlenmektedir. [Tanaka ve ark., 1982].

Moskowitz ve Kim bulanık doğrusal regresyonda bulanık parametrelerin yayımları, üyelik fonksiyonları şekilleri ve H değeri arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir [Moskowitz ve Kim, 1993].

Chang ve Lee aykırı değer olması durumu için üyelik dereceleriyle ağırlıklandırma yapan ve karar verici ile etkileşime dayanan genelleştirilmiş bulanık ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemini ileri sürmüşlerdir [Chang ve Lee, 1996].

Uemura, çeşitli bulanık regresyon metotlarını okullarda uygulanan fiziksel testlerin değerlendirilmesi için kullanmıştır. 2 yaklaşım esas alınmıştır. İlkinde veriler tanımlıyken klasik regresyon analizi kullanılmıştır. İkincisinde ise verilerin bulanık olduğu durumda bulanık regresyon kullanılmış ve toplam eğilim üzerine bir çalışma yapılmıştır. [Uemura, 1996].

Yang ve Ko basit regresyon için ağırlıklandırılmış bulanık en küçük kareler çözümlemesinin 2 aşamalı iteratif algoritması ile ilgili bir çalışma yapmıştır. İlk olarak gözlemlerin sınıf üyeliklerini veren bulanık sınıflama yöntemi seçilir, daha sonra üyeliklerin bu değerleri ağırlıklar olarak kullanılır. Bulanık regresyon çözümlemesinde ağırlıklandırılmış bulanık en küçük kareler bir optimizasyon problemi olarak düşünülmüştür [Yang ve Ko, 1997].

Chang, mevsimsel zaman serileri verileri için bulanık regresyon kullanmıştır [Chang, 1997].

Boreux, Pesti, Duckstein ve Nicolas Paleoclimatic araştırmalarda yaş modeli tahminini bulanık regresyon modeli ile yapmıştır. Bulanık regresyon modeli tortuların yaşlarını ve derinliklerini belirlemede kullanılmıştır. Yosun veya bölgesel bitkiler mevsimsel değişikliklere duyarlıdır. Tortuların yaş ve derinlikleri bağımlı değişkenlerdir ve aralarındaki ilişki genellikle bulanıktır. Bulanık doğrusal regresyon modeli ile veri kümesi kullanılarak tahmin modeli oluşturulmuştur [Boreux ve ark., 1997].

Wang ve Tsaur, Tanaka tarafından tanımlanmış bulanık olmayan bağımsız değişken ve bulanık bağımlı değişkenli problemin çözümü için geliştirilmiş bulanık en küçük kareler yöntemini önermişlerdir [Wang ve Tsaur, 2000].

Ishibuchi ve Manabu bulanık regresyon yönteminin bazı kısıtlarından söz etmişler ve simetrik üçgen bulanık sayı tipinde olan katsayıların asimetrik üçgen ve yamuk sayı tipine uzanmasını yapmışlardır [Ishibuchi ve Manabu, 2001].

Chang ve Bilal bulanık regresyon ve klasik regresyon arasındaki farklılıkları tanımlamışlardır Çalışmada kapsamlı bir literatur taraması yapılarak bulanık regresyonun üç yaklaşımı özetlenmiştir. İlk yaklaşım, en uygun ölçüt ile bulanıklığın minimizasyonu esasına dayanır. İkinci yaklaşımda uygun kriter olarak hataların en küçük kareleri kullanılmaktadır ve makalede iki yöntem özetlenmiştir. Üçüncü yaklaşım aralıklı regresyon analizi olarak tanımlanmaktadır. Her bir bulanık

regresyon yöntemi ile klasik regresyon yöntemi arasındaki farklılığı değerlendirmek için sayısal örnekler ve grafiksel sunumlar kullanılmıştır. Makalede klasik regresyon model verilerindeki belirsizliğin rastgelelik tipi ile geleneksel bulanık regresyon model verilerindeki belirsizliğin bulanıklık tipi arasındaki temel farklılıklar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir [Chang ve Ayyub, 2001].

Lee ve Chen geliştirilmiş bulanık doğrusal regresyon modeli sunmuşlar, bulanık parametreleri belirlemek için lineer olmayan programlama modeli önermişlerdir [Lee ve Chen, 2001].

Tsaur ve arkadaşları mevsimsel değişim ve yıllık değişimin önemli olduğu endüstriyel alanda bulanık regresyon metodunun uygulandığı bir yöntem önermişlerdir. Yapılan iki zaman serisi analizinde ortalama tahmin hatası sırasıyla % 2,91 ve % 4,29 bulunurken önerilen bulanık regresyon analizinde ortalama tahmin hatası %1,85 bulunmuştur [Tsaur ve ark., 2002].

Wu ve Tseng bulanık örneklerle bulanık parametre tahmini kullanarak bulanık regresyon modeli oluşturmak ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Klasik analiz tahminlerinden farklı olarak gözlemlenen değerlerin bulanık ölçümü ile ilgilidir. Sonuçlar yeni geliştirilen yaklaşımın klasik regresyon analizine göre daha etkili ve daha gerçekçi olduğunu ispatlamıştır [Wu ve Tseng, 2002].

Tseng ve Tzeng bulanık regresyon ve mevsimsel zaman serisi ARIMA serisinin avantajlı yönlerini birleştiren bulanık mevsimsel ARIMA (SARIMA) yöntemi önermişlerdir [Tseng ve Tzeng, 2002].

Tran ve Duckstein klasik ve bulanık regresyon modellerinin sırasıyla merkezi eğilim ve olabilirlik özelliklerini birleştiren çok amaçlı bulanık regresyon modeli sunmuştur [Tran ve Duckstein 2002].

Wu ve Tseng en küçük kareler yaklaşımı ile bulanık parametre tahminli bulanık regresyon modeli sunmuşlardır [Wu ve Tseng, 2002].

Yang ve Lin bulanık girdi ve bulanık çıktı değişkenleri için bulanık en küçük kareler yaklaşımı altında iki tahminleme yöntemi önermişlerdir. Heterojen veri kümesi ve aykırı değerleri belirlemek için kümeleme analizinden yararlanmışlardır [Yang ve Lin, 2002].

Hong, Hwang ve Ahn öğrenme algoritması kullanarak bulanık doğrusal regresyon modelinin bir tahminlemesini yapmışlardır [Honh ve ark., 2004].

Lee ve Chou Bulanık zaman serilerini temel alan bulanık tahmin adlı bir çalışma yapmıştır [Lee ve Chou, 2004].

Hojati, Bector, Smimou sadece bağımsız değişkenlerin bulanık, hem bağımlı hem bağımsız değişkenlerin bulanık olduğu iki durum için bulanık düşünüş altında hesaplanan yeni bir yöntem önermişlerdir [Hojati, 2005].

Kwong ve Bai mikroskobik sarma prosesi oluşturmak için bulanık aralıklarla bulanık regresyon analizi yaklaşımı geliştirilmiştir. 2 bulanık regresyon modeli sırasıyla 3 süreç parametresi ve 2 kalite karakteristiği ile ilişkilendirilmiştir. Daha sonra bulanık çok amaçlı optimizasyon problemi oluşturulmuştur. Bulanık doğrusal regresyon modelleri optimizasyon modelleri içindir. Model çözülerek optimal süreç parametrelerine ulaşılmıştır [Kwong ve Bai, 2005].

Aydın, Karaköse ve Akın, bulanık mantık tabanlı zaman serisi veri madenciliği kullanan bir tahmin algoritması önerilmiştir [Aydın ve ark., 2005].

Nasrabadi, Nasrabadi, Nasrabay Çok amaçlı programlama yaklaşımı ile bulanık doğrusal regresyon analizi adlı bir çalışma yapmıştır. Bulanık regresyon aykırı değerlere karşı duyarlı olduğu, tüm verilerin tahmin edilen parametreleri etkilemediği ve tahmin edilen değerlerin dağılımının model içindeki verilere göre daha da dağıldığından dolayı eleştirilmektedir. Bu eksiklikleri yok etmek için çok amaçlı bulanık doğrusal regresyon modeli geliştirilmiştir [Nasrabadi ve ark., 2005].

Chen, Jia ve Lee, ısı çevrimli odalarda ısı konforunun bulanık regresyon analizi ile modellenmesi adlı bir çalışma yapmıştır. Isı konforu öznel bir yapıdadır ve dilsel terimlerle ifade edilir. Gerekli verileri elde etmek için deneyler yapılmıştır. Sonuçlar analiz edilmiştir ve bireysel hissin modelde önemli bir rol oynadığı görülmüştür [Chen ve ark., 2006].

Öğüt, Türkiyedeki araba sahiplerinin sayısının belirlenmesi için bir model geliştirilmesi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Araba sahibi olmanın ekonomik, sosyal ve demografik birçok nedene bağlı olmasından dolayı çok değişkenli bulanık regresyon modeli kullanılmıştır. Sonuçlar posibilistik regresyona çok değişkenli yaklaşım eklendiğinde modelin sadece kesikli çıktılar değil aynı zamanda çıktı aralığı şeklinde sonuçlar verdiğini göstermiştir [Öğüt, 2006].

Stahl çalışmasında bulanık bağımsız değişken ve bulanık parametreler kullanılarak doğrusal bulanık regresyon modeli kurulmuştur. Bulanık parametreleri oluşturmak için en küçük kareler metodu kullanılmıştır. En küçük kareler metodunun güçlü bir tahmin edici olduğunu göstermiştir [Stahl, 2006].

D'Urso ve Santoro çalışmalarında gözlemlerin homojen olmadığı gerçek durumlarda klasik regresyonu iyileştirilerek yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu çalışmada kümelenmiş doğrusal regresyon analizi bulanıklık çerçevesinde ele alınmıştır. Bulanık kümelenmiş doğrusal regresyon analizi (FCWLR) modelinin simetrik bulanık çıktı ve kesikli girdi değişkenleri ile oluşturulması önerilmişlerdir [D'Urso ve Santoro, 2006].

Hung ve Yang tarafından aykırı değer problemlerini ele almak amacıyla Tanakanın doğrusal programlama metodu için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım gözlemler yok edildiğinde amaç fonksiyonundaki değer değişiklik davranışlarını hesaplayabilme kapasitesine sahiptir [Hung ve Yang, 2006].

Kandari, Soliman ve Alammari titreşim voltaj ölçümleri için bulanık doğrusal tahmin metodunu temel alan bir çalışma yapmıştır. Geliştirilen algorithmada güç kalite

standartlarının yerine getirildiği sayısallaştırılmış voltaj sinyal örnekleri kullanılmıştır. Voltaj sinyalleri bulanık doğrusal parametre tahmin problemleri kullanılarak modellenmiştir. Parametreler üçgensel üyelik fonksiyonu ile tanımlanmıştır [Kandari ve ark., 2006].

Wang, Zhang ve Mei, kolaylaştırılmış yerel doğrusal teknikleri temel alan bulanık parametrik olmayan regresyon geliştirmişlerdir. [Wang ve ark., 2007]

Ge., H., Wang, S., simetrik olmayan bulanık üçgensel katsayılar kullanarak, bulanık doğrusal regresyondaki uyum derecesi ve girdi gürültüsü arasındaki bağımlılık ile ilgili bir çalışma yapmıştır. [Ge ve Wang, 2007]

He, Chan ve Wu, üretkenlik, müşteri memnuniyeti ve karlılık arasındaki ilişki klasik regresyon ve yeni bulanık regresyon yaklaşımı kullanarak belirlenmeye çalışılmıştır. Hong Kong'dan 22 örnek firma seçilmiş ve üç değişkenin istatistiksel değerleri verilmiştir. Bilinen en küçük kareler yöntemi (OLS) kullanılarak, birçok model ilk olarak tahmin edilmiştir. Mevcut FLR yöntemine yeni kısıt eklenerek 'geliştirilmiş FLR' yöntemi oluşturulmuştur. Veriler istatistiksel regresyon modeli, FLR modeli ve yeni geliştirilen FLR metodu ile çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır [He ve ark., 2007].

Sánchez tarafından Tanakanın klasik bulanık regresyon metodu ile Sherman'ın hak koruma plan metodu birleştirip geliştirilerek yeni bir hak koruma metodu oluşturulmuştur [S'anchez, 2007].

Huang ve Tzeng, ürün yaşam zamanını ve ürünlerin yıllık sipariş miktarını hesaplamak için iki adımlı yeni bir bulanık parça regresyon analizi metodu geliştirmişlerdir. [Huang ve Tzeng, 2008]

Changa, Ayyubb çalışmalarında bulanık regresyon ve istatistiksel regresyon arasındaki ana farklılıkları anlatmıştır. Bulanıklık ve rastsallığı kaynaştırmak için,

melez bulanık en küçük kareler regresyon analizi geliştirilmiş ve metotun ayrıntıları anlatılmıştır.

3.2.2. Bulanık doğrusal regresyon modeli

Yıllardan beri klasik regresyon hemen hemen her bilim dalında uygulanmaktadır. Regresyonun amacı $f(x)$ 'in, $Y = f(x)$ 'teki x açıklayıcı değişkenlere bağlı olarak bağımlı bir Y değişkenin değişimini açıklamaktır. Klasik regresyonun kullanımı, gözlemlenemeyen hata terimleri karşılıklı bağımsız ve aynı dağılımlı olması ve verilen verilerle ilgili bazı kesin varsayımlara dayanır. Sonuç olarak klasik regresyon sadece verilen veriler bir modele göre dağılım göstermişse ve x ve y arasındaki ilişki kesin olarak tanımlanmışsa uygulanabilir. Bulanık doğrusal regresyon (FLR) 1982 yılında ilk olarak Tanaka ve ark. tarafından geliştirilmiş ve klasik regresyonun bazı kesin varsayımları gevşetilmiştir [Tanaka ve ark., 1982].

Klasik regresyon analizinin katı varsayımlarının sağlanmadığı durumda, bulanık regresyonun gerçek yaşam problemlerine uygulanabilirliğinden dolayı, birçok araştırmacı doğrusal bulanık regresyon alanında araştırma yapmıştır.

İlk bulanık regresyon modeli geliştirildiğinden beri, Celmins, Chang ve ark. ve Redden ve Woodall tarafından eleştirilmiştir. İlk metoda giriş yapıldıktan sonra, birçok bulanık regresyon metodu bulanıklığı minimize etmek için kullanılmıştır. Tanaka ve Ishibuchi bulanık katsayıları oluşturmak için ikinci dereceden üyelik fonksiyonlarını geliştirmişlerdir. [Ishibuchi ve Tanaka, 1992] Chang ve Lee bulanık regresyon için genişliği kısıtsız işaretli bir model geliştirmiştir. Tanaka ve ark. bulanık regresyonun sonuçlarını klasik regresyonla karşılaştıran regresyon geliştirmiştir. Bu geliştirilen metotlarda uygunluk kriteri olarak minimum bulanıklık elde edilmesi için doğrusal programlama problem çözme tekniği kullanılmıştır [Chang ve Ayyub, 2001].

Aşağıda şimdiye kadar geliştirilen bulanık regresyon modellerinden 4 tanesi özetlenmiştir. Bir sonraki bölümde, anlatılan bulanık regresyon modelleri üzerinde sayısal bir örnek çalışma yapılacak ve sonuçlar karar vericiye göre yorumlanacaktır.

3.2.3. Tanaka'nın bulanık regresyon modeli

Bulanık regresyondaki gözlemlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki sapmanın sistem bulanıklığından veya regresyon katsayılarının bulanıklığından kaynaklandığı farz edilir. Bulanık regresyonun amacı tüm gözlemlenen bulanık veriler için uygun bir regresyon modeli bulmaktır. Uygun kriterlerin kullanımına bağlı olarak farklı bulanık regresyon modelleri oluşturulur. Tanaka ve ark. bulanık bir modelle ilk bulanık doğrusal regresyon modelini oluşturmuştur. Bu metoda göre regresyon katsayıları bulanık sayılardır. Regresyon katsayıları bulanık sayılar olduğundan tahmin edilen bağımlı değişken Y değeri de bulanık sayıdır. Tek bağımsız X değişkenli bulanık regresyon analizi aşağıda özetlenmiştir. A_0 bulanık etkileşim katsayısı ve A_1 bulanık eğim katsayısıdır [Tanaka ve ark., 1982]..

$$\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X$$

Her bulanık parametre $\tilde{A}_i = (c_i, s_i)$ merkezi değeri c_i ve dağılım değeri s_i olan simetrik üçgensel üyelik fonksiyonları olarak ifade edilir. Diğer üyelik fonksiyonu şekilleri de kullanılabilir.

Bu yaklaşıma göre, bulanık katsayılar $\tilde{A}_i (i = 0,1)$ tahmin edilen bulanık çıktı $\tilde{Y}$ 'nin amaç edinen H inanç derecesini sağlayacak şekilde minimum bulanık genişliğe sahip olacak şekilde hesaplar. “ H ” terimi veriler ve regresyon modeli arasındaki uyumu ölçen “uyumluluk derecesi”nin ölçüsü olarak anılır [Tanaka ve ark., 1982]..

Temel bir bulanık doğrusal regresyon modeli aşağıdaki gibi varsayılır;

$$\tilde{Y} = \tilde{A}_0 X_0 + \tilde{A}_1 X_1 + \dots + \tilde{A}_N X_N = \tilde{A}X$$

$X = [X_0, X_1, \dots, X_N]^T$ bağımsız değişken vektörüdür.

$\tilde{A} = [\tilde{A}_0, \tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_N]^T$ üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanan simetrik üçgensel

bulanık sayı yapısındaki $\tilde{A}_j = (c_j, s_j)$ bulanık katsayı vektörleridir:

c_j merkezi değer ve s_j dağılım değeridir.

$$\mu_{\tilde{A}_j}(a_j) = \begin{cases} 1 - \frac{|c_j - a_j|}{s_j}, & c_j - s_j \leq a_j \leq c_j + s_j, \forall j = 1, 2, \dots, N \\ 0 & \text{dd} \end{cases} \quad (3.1)$$

Böylece bulanık regresyon modeli aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\tilde{Y}_i = (c_0, s_0) + (c_1, s_1)X_{1i} + (c_2, s_2)X_{2i} + \dots + (c_N, s_N)X_{Ni}$$

Yukarıdaki bulanık regresyon analizi, girdi ve çıktı verileri arasındaki ilişkinin parametre dağılımı bulanık fonksiyon olan belirli girdi ve çıktı verilerini tahmin eder.

Extension ikeleri eklenerek, bulanık sayı $\tilde{Y}_i$ 'nin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi hesaplanır ;

$$\mu(Y_i) = \begin{cases} 1 - \frac{|Y_i - X^t c|}{s^t |X|}, & X \neq 0, \\ 1, & X = 0, Y \neq 0, \forall i = 1, 2, \dots, M \\ 0, & X = 0, Y = 0, \end{cases} \quad (3.2)$$

$s^t = (s_0, s_1, \dots, s_N)$, $c = (c_0, c_1, \dots, c_N)$ 'dir.

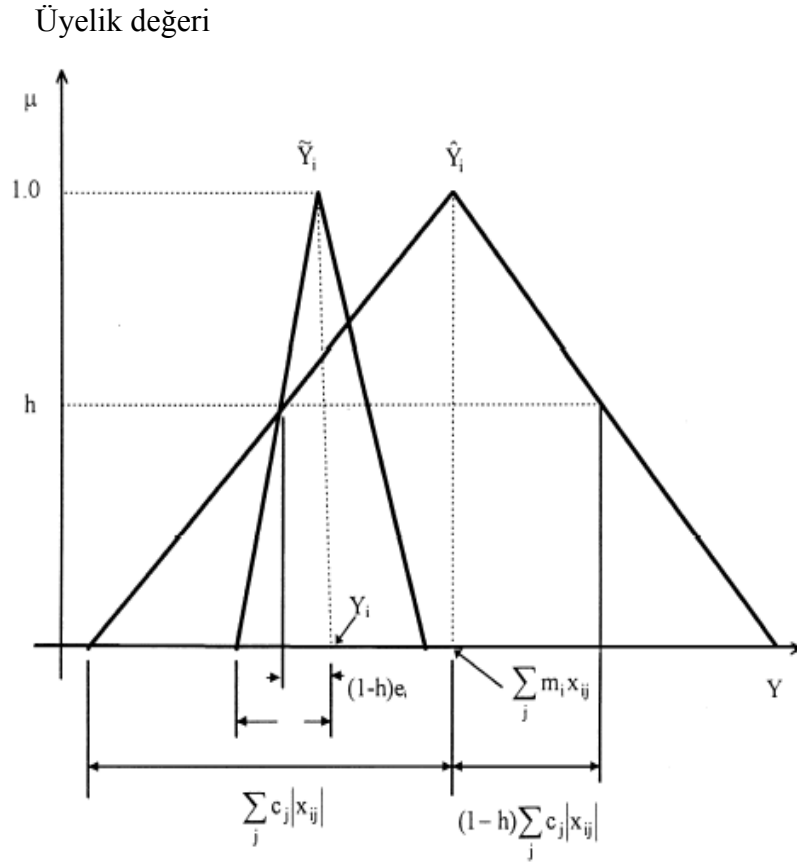
Her bir bağımlı bulanık değişken değeri, $\tilde{Y}_i = (Y_i^L, Y_i^{h=1}, Y_i^U)$ $i = 1, 2, \dots, M$ gibi hesaplanır. $\tilde{Y}_i$ bulanık sayısının alt sınır değeri $Y_i^L = \sum_{j=0}^N (c_j - s_j) X_{ij}$; $\tilde{Y}_i$ 'nin merkezi değeri $Y_i^{h=1} = \sum_{j=0}^N c_j X_{ij}$ ve $\tilde{Y}_i$ 'nin üst sınır değeri $Y_i^U = \sum_{j=0}^N (c_j + s_j) X_{ij}$ 'dir.

Bulanıklığı minimize edecek şekilde bulanık regresyon analizi elde etmek için, amaç fonksiyonu bulanık sayı $\tilde{Y}_i$ 'nin toplam dağılımını minimize edecek şekilde uyarlanır;

$$\text{MIN} s^t |X| = \text{MIN} \sum_{j=0}^N \left(s_j \sum_{i=1}^M |x_{ij}| \right), \quad (3.3)$$

Kısıtlar her bir Y_i gözlem değerinin $\tilde{Y}_i$ 'ye en az H derecesi ile bağlı olmasını gerektirir. Yani, $\mu Y_i \geq H \quad (i = 1, 2, \dots, M)$

$$1 - \frac{|Y_i - X^t c|}{s^t |X|} \geq H, \quad \forall i = 1, 2, \dots, M. \quad (3.4)$$



Şekil 3.2. Bulanık veri $\tilde{Y}_i$ 'yi elde etmek için gerekli olan $\tilde{Y}_i$ 'nin uygunluk derecesi
[Chang ve ark., 2001]

Bulanık $\tilde{Y}$ ve belirli Y_i verisi olabilen her bir gözlemlenen veri seti, Şekil 3.2.'de gösterildiği gibi H seviyesindeki tahmin edilen $\tilde{Y}$ değerine düşmek zorundadır. Bulanık regresyonda H değerini belirlemek analiste bırakılmıştır. H'ın seçimi konusunda belirli bir ölçüt yoktur. Genellikle tavsiye edilen H seviyesi 0,5'dir [Uras, 1998].

Bulanık katsayı $\tilde{A}_i = (c_i, s_i)$ 'yi hesaplamak için Tanaka ve ark.'nın geliştirdiği aşağıdaki doğrusal bulanık regresyon modeli formüle edilir:

$$\min S = ns_0 + s_1 \sum_{i=1}^n |X_i|$$

$$st$$

$$s_0 \geq 0, \quad s_1 \geq 0 \quad (3.5)$$

$$\sum_{j=0}^l c_j X_{ij} + (1-H) \sum_{j=0}^l s_j |X_{ij}| \geq Y_i + (1-H)e_i \quad \text{for } i = 1 - n$$

$$\sum_{j=0}^l c_j x_{ij} - (1-H) \sum_{j=0}^l s_j |X_{ij}| \leq Y_i - (1-H)e_i \quad \text{for } i = 1 - n \quad (3.6)$$

SF regresyon modelinin toplam bulanıklığıdır. Eş. 3.5 ve Eş. 3.6 gözlemlenen bulanık veri değeri $\tilde{Y}_i = (Y_i, e_i)$ ile ilgilidir. Y_i bulanık merkez ve e_i bulanık dağılım ölçüsüdür. Eğer gözlemlenen bir veri kesikli ise, verinin e değeri sıfırdır. Böylece, belirli bir sayı bulanık bir sayının özel bir durumudur [Tanaka ve ark., 1982].

3.2.4. Tanaka'nın bulanık doğrusal regresyon modelinin yeniden gözden geçirilmiş metodu

Tanaka'nın FLR modelinde h_i değerinin sadece tahmin edilen $\tilde{Y}_i$ 'lerin dağılımlarına $\left(s_0 + \sum_{j=1}^m s_j |x_{ji}|\right)$ bağlı olmadığı, aynı zamanda $\tilde{Y}_i$ 'lerin merkezi değerlerinin uzaklıklarına da $\left(c_0 + \sum_{j=1}^m c_j x_{ji}\right)$ bağlı olduğu fark edilmiştir. $\tilde{Y}_i$ 'lerin dağılımlarının toplamının minimize edilmesi ve modelin daha gerçekçi olması gerekliliğinden dolayı $\bar{h}$ 'ları da içeren bir başka amaç fonksiyonu da eklemek gerekliliğinden türetilmiştir [He ve ark., 2007].

$$\begin{aligned}
Min : \quad SF + d_i &= \sum_{i=1}^n \left(s_0 + \sum_{j=1}^m s_j |x_{ji}| \right) + \sum_{i=1}^n d_i \\
st. \quad 0 \leq h_i &= \frac{1 - d_i}{\left(s_0 + \sum_{j=1}^m s_j |x_{ji}| \right)} \\
d_i &= \left| y_i - \left(c_0 + \sum_{j=1}^m c_j x_{ji} \right) \right| \quad i = 1, 2, \dots, n \\
s_j &\geq 0, \quad j = 0, 1, \dots, m
\end{aligned} \tag{3.7}$$

Eş. 3.7 bir LP formülasyonudur ve LİNGO veya LINDO paket programı kullanılarak çözülebilir. Tanakanın bulanık doğrusal regresyon modelinin yeniden gözden geçirilmiş metodu'nun, Tanaka'nın bulanık doğrusal regresyon modeline göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Sistem bulanıklığı Tanaka'nın bulanık doğrusal regresyon modeline göre düşüş sağlamaktadır. H derecesini belirlemek bilindiği üzere analiste bırakılmıştır. Analistin belirlediği H derecesine bağlı olarak model her bir kısıtı en az belirlenen H derecesi kadar $\tilde{Y}_i$ 'ye bağlı olmaya zorlar. Yeniden gözden geçirilmiş bulanık doğrusal regresyon modelini kullanılarak elde edilen, sistem ortalama uyumluluk derecesi Tanaka'nın bulanık doğrusal regresyon modeline göre artış sağlamaktadır [He ve ark., 2007]..

3.2.5. Bulanık en küçük kareler regresyonu:

Bu bölümde, bulanık en küçük kareler regresyon analizinin (FLSRA) geliştirilmesi tanımlanmıştır. Bulanık en küçük kareler regresyonuna Celmins, Diamond, Savic ve Pedrycz ve Chang ve Ayyub tarafından farklı bakış açıları geliştirilmiştir. Celmins bulanık veri ve bir model arasında uygun ölçüm tanımlamış ve bu ölçümü model uygunluk kriteri olarak kullanmıştır. Diamond bir en küçük kareler metodu geliştirmiştir. Savic ve Pedrycz klasik regeresyonun içine minimum bulanık kriterliğini kaynaştırarak FLSRA için bütünleşmiş bir yaklaşım geliştirmiştir. Chang

ve Ayyub standart sapma, korelasyon katsayısı gibi güvenilirlik konularına dikkat çekmiştir. Bu bölümde Celmins, Savic ve Pedrycz tarafından geliştirilen FLSRA'nın 2 metodu özetlenmiştir [Chang ve Ayyub, 2001].

Minimum Bulanıklık Kriteri Kullanan En Küçük Kareler Regresyonu:

Savic ve Pedrycz en küçük kareler prensibini ve minimum bulanıklık kriterini birleştirerek bulanık regresyon metodu formüle etmiştir. Metot 2 ardışık adımla yapılır. İlk adım bulanık regresyon katsayılarının bulanık merkez değerlerini bulmak için klasik regresyonu kullanır. 2. adım bulanık regresyon katsayılarının bulanık aralıklarını bulmak için minimum bulanıklık kriterini kullanır.

İlk adımda, bulanık gözlemlerin merkezi değerleri ile ilgili mevcut bilgiler kullanılarak bir regresyon doğrusu geliştirilir. Bulanık veriler basitleştirilmiş belirli veriler gibi davranır ve regresyon analizi klasik regresyon olarak yapılır. İlk adımın sonuçları, bulanık regresyon katsayılarının merkezi katsayılarının merkezi değeri olarak kullanılır.

2. adımda, bulanık katsayılar minimum bulanıklık kriteri kullanılarak hesaplanır. Bulanık katsayıların genişliği Eş. 3.8 ve 3.9 kullanılarak hesaplanır [Savic ve Pedrycz, 1991].

$$\min S = ns_0 + s_1 \sum_{i=1}^n |X_i|$$

(3.8)

$$s_0 \geq 0, \quad s_1 \geq 0$$

$$\sum_{j=0}^l c_j X_{ij} + (1-H) \sum_{j=0}^l s_j |X_{ij}| \geq Y_i + (1-H)e_i \quad \text{for } i = 1 - n$$

$$\sum_{j=0}^l c_j x_{ij} - (1-H) \sum_{j=0}^l s_j |X_{ij}| \leq Y_i - (1-H)e_i \quad \text{for } i = 1 - n$$

(3.9)

Aralık Regresyonu:

Bu metoda göre, bulanık veri ve bulanık regresyon katsayıları aralık sayıları gibi davranır. Aralık işlemleri bulanık regresyona eklenir ve böylece aralık regresyonu analizi olarak anılır. Bulanık regresyon katsayıları, tüm bulanık çıktılar bulanık regresyon modelindeymiş gibi hesaplanır. Belirli X ve belirli Y için bir aralık regresyon modeli Şekil 3.3.'de gösterilmiştir. $\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X$ için aşağıdaki doğrusal programlama formülasyonu bulanık regresyon katsayılarını $\tilde{A}_0 = (c_0, s_0)$ ve $\tilde{A}_1 = (c_1, s_1)$ çözmek için kullanılır.

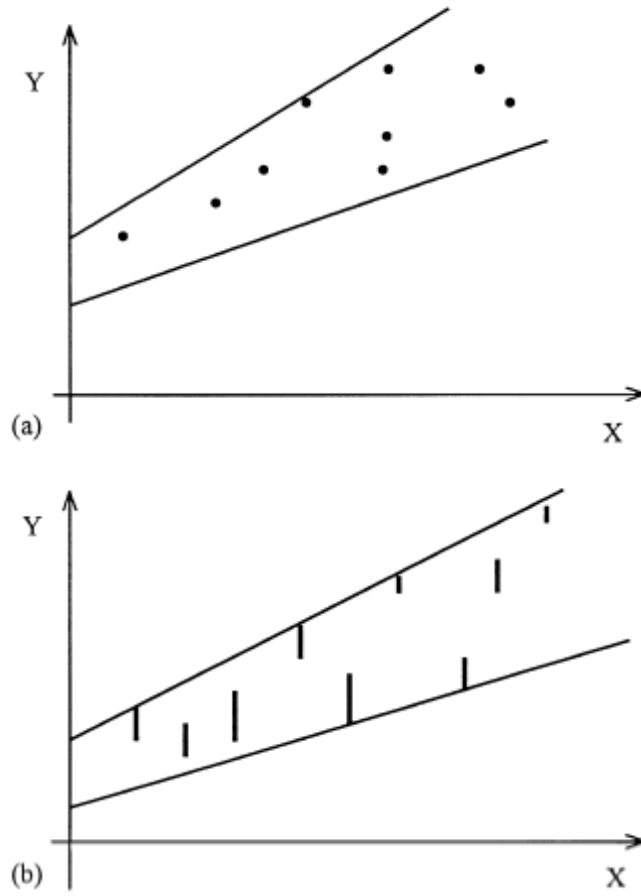
$$\min \quad ns_0 + s_1 \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.10)$$

$$\text{st} \quad s_0 \geq 0 \text{ ve } s_1 \geq 0$$

$$(c_0 - s_0) + (c_1 - s_1)X_i \leq Y_{i,L} \quad i = 1 - n \quad (3.11)$$

$$(c_0 + s_0) + (c_1 + s_1)X_i \geq Y_{i,U} \quad i = 1 - n \quad (3.12)$$

$Y_{i,L}$ ve $Y_{i,U}$ sırasıyla her bir bulanık veri için alt ve üst sınır değerleridir. Eş. 3.10' daki amaç fonksiyonu toplam bulanık büyüklükleri minimum edecek şekilde sonuçlanır. Eş. 3.11 ve 3.12 gözlemlenen bulanık verileri bulanık regresyon modeli ile sınırlandırmak için kullanılır. Yukarıdaki formülasyon Ishibuchi tarafından minimizasyon problemi olarak adlandırılır [Ishibuchi, 2005].



Şekil 3.3. Aralık Regresyon Modelleri (a) Belirli X ve belirli Y değerleri için aralık regresyon modeli (b) Belirli X ve bulanık Y değerleri için aralık modeli

3.2.6. Klasik regresyon ve bulanık regresyon analizi

Regresyon analizi, bağımsız nicel değişkenlerle bağımlı nicel değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan istatistiksel bir araç olarak tanımlanabilir. Ancak sağlıklı bir analiz doğadan kesin bilgiyi toplamayı gerektirmektedir. Oysaki bu çoğu zaman imkânsızdır. İşte böyle durumlarda regresyon analizinin eksikliklerini bulanık regresyon kullanarak telafi edebiliriz.

Zira bulanık verilerle klasik regresyon analizi yapmak bize gerçekten uzak ve sapmalı sonuçlar getirecektir. Bulanıklığın ve karmaşıklığın her geçen gün arttığı

dünyamızda ne işletmelerin ne de diğer kuruluşların uzak, anlamsız ve sapmalı sonuçlara tahammülü yoktur.

Bu sebeple gerek bulanık veriler, gerekse standart veriler kullanılarak yapılabilen bulanık regresyon analizi sayesinde anlamlı ve gerçek hayatla tutarlı ve minimum sapmalı sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Bulanık regresyonun getirdiği diğer bir avantajı ise, karar vericiye binlerce alternatif sunmasıdır. Böylece analist işletme için en uygun modeli seçme imkanında sahip olacaktır.

Sayısal örnekler ve tartışmalara göre bulanık regresyon sistem bulanıklığını temel alır ve klasik regresyondan farklı sonuçlar verir. Bulanık regresyon ve klasik regresyon arasındaki farklılık gözlemlenen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki görüş farklılıklarından kaynaklanır. Klasik regresyonda sapmalar gözlemlerdeki rastsal hatalardandır. Bulanık regresyonda, sapmalar sistem bulanıklığından kaynaklanan bulanık hatalardan kaynaklanır. Hem bulanık hem de klasik regresyon sadece toplam belirsizlik kısmını hesaba katar. Gerçekte rastsal ve bulanıklık regresyon analizinde oluşan belirsizliğin 2 farklı türüdür. Klasik regresyonda, rastsal hataları modellemek için olasılık teorisi kullanılır, ve sonuçlar klasik regresyon denklemlerinde sunulur. Diğer taraftan, bulanık küme teorisi bulanık hataları modellemek için kullanılabilir ve sonuçlar bulanık regresyon denklemlerinde sunulur.

Klasik regresyon gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki rastsal hataları analiz eden belirli gözlemlenen veriler için uygun bir araçtır. Klasik regresyonda, bulanık verilerin bulanık hatalarından farklı olarak, belirli veriler rastsal hatalar içeriyor olarak düşünülür. Bulanık regresyon dilsel açıklamalar: mükemmel, çok iyi, iyi gibi gözlemlenen bulanık verileri modellemek için bir yol sağlar. Eğer veriler bulanıklık içeriyorsa, bulanık regresyona ihtiyaç duyulur. Bununla birlikte, bulanık regresyonda veriler kesikli duruma yaklaştırılmaya zorlanırsa, bulanık regresyon sonuçları klasik regresyon sonuçlarına yaklaşabilir. Fakat, bulanık regresyon

metotlarında kullanılan bu gibi bir özellik henüz bulunmamaktadır. Bunun sebebi bulanık regresyonun klasik regresyondaki rastsallık varsayımının yerine sistem bulanıklığı varsayımını kullanmasıdır.

Verilerin bulanıklığı, verilere rastsallık vermek yerine, verilerin rastsallığının yerine geçmiş olarak kullanılır. Bu varsayım temel alınarak bulanık regresyon modelleri veri bulanıklığı ve sistem bulanıklığının sonuçlarıdır. Bununla birlikte, farklı uyum kriterleri bulanık regresyon modellerinde kullanılmalıdır. Sonuç olarak, tüm veriler belirli olsa bile, bulanık regresyon sistem bulanıklığını içerdği varsayılarak bulanık model sağlayabilir.

Bulanık regresyonun, veri seti klasik regresyon analizi için yeterli değilse, istatistiksel dağılış varsayımları sağlanmıyorsa, regresyon modelinin temsilciliği zayıfsa, insan yargısı varsa (Girdi veya çıktılar bulanık sayı ise), hata terimleri sistem belirsizliği ile ilişkili ise klasik regresyona göre daha iyi sonuçlar vermektedir. [Özelkan ve Duckstein, 2000]

Sonuç olarak, rastsallık ve bulanıklık regresyon analizinde ortaya çıkabilecek 2 farklı belirsizlik türüdür. Hem Rastsallık hem de bulanıklık regresyon modelindeki toplam belirsizliğe eklenebilir. Tam bir regresyon analizi hem rastsallık hem de bulanıklık içerebilir. Fakat belirsizliğin bulanıklık tipi sadece regresyon verileri bulanıklık içeriyorsa oluşur. Regresyon analizinde hem rastsallık hem de bulanıklık elde etmek için melez regresyon analizi adı ile yeni bir metot geliştirmeye ihtiyaç vardır. Bulanık regresyon ve melez regresyonun güvenilirlik ölçütleri de gelecek çalışmalar için bir ihtiyaçtır.

4. KLASİK REGRESYON VE BULANIK REGRESYON İLE KONUT FİYATLARININ TAHMİNİ

Bir önceki bölümde anlatılan Klasik Regresyon ve Bulanık Regresyon metotlarının uygulaması için Ankara'nın farklı semtlerinde bulunan konut fiyatlarının tahminine yönelik bir çalışma yapılmıştır.

Çalışmada, ilk olarak 2005 yılına ait, farklı semtlerdeki emlakçılardan alınan 30 adet kesikli bağımsız değişkenler ve kesikli bağımlı değişkenler kullanılmıştır. Daha sonra konut fiyatlarının verilen değerlerden ± 5.000 . – YTL değişebileceği durumu dikkate alınarak, kesikli bağımsız değişkenler ve bulanık bağımlı değişkenler kullanılmıştır. Konut fiyatının belirlenmesindeki kriterlerin yeterince tanımlanmamış olması nedeniyle ortaya çıkan belirsizlik ortamı da dikkate alınarak, klasik regresyon ve bulanık regresyon metodları ele alınmış ve Ankaradaki konut fiyatlarının tahminini sağlayan modeller oluşturulmuştur.

Konut fiyatlarının; konutun alanı, konutun merkeze uzaklığı, konutun yaşı ve konutun katına bağlı olduğu durumu dikkate alınmıştır. Ankara'nın merkezi olarak Kızılay seçilmiştir. Bağımsız uzaklık kriteri belirlenirken, konutların Kızılay'a km olarak uzaklığı alınmıştır.

Konut fiyatlarının sadece yukarıda belirtilen kriterle bağlı olmadığı, konut fiyatını etkileyen daha birçok bağımsız değişkenin olduğu bilinmektedir. Konut fiyatının belirlenmesindeki kriterlerin yeterince tanımlanmamış olması nedeniyle ortaya çıkan belirsizlik ortamı sistemde bulanıklığına sebep olmaktadır.

2005 yılında yapılan bir çalışmada farklı emlakçılardan alınan 30 adet veri setinin gösterimi Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Modellerde kullanılacak bağımlı değişken ve bağımsız değişkenlerin tanımı aşağıda yapılmıştır;

$Y_i = i$. Konutun fiyatı (*1.000.-YTL)

$X_{i1} = i$. Konutun alanı (m^2)

$X_{i2} = i$. Konutun merkeze uzaklığı (km) (merkez olarak Kızılay alınmıştır.)

$X_{i3} = i$. Konutun yaşı

$X_{i4} = i$. Konutun katı

Çizelge 4.1. Ankara'nın farklı semtlerinde bulunan konutların fiyatları ve konut fiyatlarını etkileyen kriterlerin listesi

i	Y_i	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	X_{i4}	i	Y_i	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	X_{i4}
1	174	135	9	18	3	16	102	140	25	1	7
2	200	150	9	2	2	17	95	115	5	2	2
3	61	110	26	1	4	18	135	180	3	8	3
4	75	120	13	8	5	19	80	135	5	18	7
5	130	140	9	2	1	20	125	100	3	23	3
6	80	120	3	1	5	21	265	280	3	8	4
7	420	210	3	1	4	22	65	110	3	1	1
8	66	100	26	8	1	23	135	130	9	8	2
9	280	185	2	2	4	24	98	110	3	8	2
10	46,5	115	26	8	4	25	98	175	12	8	1
11	75	120	2	13	2	26	245	170	2	1	2
12	108	117	9	13	1	27	160	177	5	5	4
13	80	106	25	4	3	28	150	110	4	8	1
14	63	100	9	13	1	29	275	180	3	1	9
15	155	140	3	2	1	30	145	150	3	1	2

4.1. Klasik Regresyon İle Tahmin

Ankara'nın farklı semtlerinde bulunan konutların alanının, merkeze uzaklığının, yaşının ve katının, konut fiyatları üzerindeki etkisini belirlemek için çoklu regresyon modeli kurulmuştur.

$$Y_i = c_0 + c_1 X_{i1} + c_2 X_{i2} + c_3 X_{i3} + c_4 X_{i4} + e_i$$

Yapılan araştırma sonucu elde edilen veriler için, MINITAB paket programı yardımı ile aşağıdaki klasik regresyon eşitliği elde edilir.

$$Y_i = -17,5 + 1,31X_{i1} - 2,55X_{i2} - 1,94X_{i3} + 2,52X_{i4} + e_i$$

Yukarıdaki eşitlikten, konut fiyatları ile konutun alanı ve konutun bulunduğu katı arasında pozitif bir ilişki olduğu görülebilir. Diğer bağımsız değişkenlerin aynı olduğu düşünülürse konutun alanı ve bulunduğu kat sayısı artarsa bu doğrultuda konutun fiyatıda artmaktadır. Konutun merkeze uzaklığı ve konutun yaşı arttığı durumda ise konutun fiyatı düşüş göstermektedir.

Regresyon eşitliğinin yanı sıra, güvenilirlik ölçütleri de regresyon analiz için önemlidir. Kurulan regresyon modelindeki gözlem değerlerinin modele uyumunu gösteren belirlilik katsayısı $R^2 = 63,1$ olarak hesaplanmıştır. Bağımlı değişkendeki değişmelerin %63,1'inin bağımsız değişkenleri tarafından açıklandığını, %36,9'unun hata terimine bağlı belirsiz sebeplerden kaynaklandığı söylenebilir. (MINITAB paket programı ile elde edilen sonuçlar EK-1'de verilmiştir.)

Çizelge 4.2. Klasik Regresyon kullanılarak tahmin edilen Y (Konut Fiyatları) değerleri

i	GERÇEK Y_i DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN Y_i DEĞERLERİ	i	GERÇEK Y_i DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN Y_i DEĞERLERİ
1	174	109,04	16	102	117,85
2	200	157,21	17	95	121,56
3	61	68,44	18	135	202,69
4	75	103,63	19	80	129,32
5	130	141,59	20	125	68,79
6	80	142,71	21	265	336,21
7	420	258,09	22	65	119,53
8	66	34,2	23	135	119,37
9	280	225,95	24	98	108,47
10	46,5	61,41	25	98	168,15
11	75	114,42	26	245	203,2
12	108	90,12	27	160	202
13	80	57,41	28	150	103,4
14	63	67,85	29	275	231,39
15	155	156,89	30	145	174,45

4.2. Tanaka'nın Bulanık Regresyon Analizi Modeli

Bu metoda göre, her veri 2 kısıta dönüştürülür. Çizelge 4.1.'deki 30 veri değerleri 60 kısıt oluşturur. Eş. 3.5'in amaç fonksiyonu bulanık katsayılarının toplam bulanık genişliğini minimize etmek içindir. Böylece, Eş. 3.6'nın doğrusal programlama formülasyonu regresyon katsayılarının merkezi değerini ve bulanık yarım dağılımlarını oluşturmak için çözülebilir. Minimum bulanıklık kriteri $H=0.00$, $H=0.50$ ve $H=0.70$ olan 3 durum için elde edilen doğrusal programlama modeli LİNGO paket programı ile çözülmüş ve her bir farklı minimum bulanıklık kriteri için elde edilen bulanık regresyon modelleri aşağıda özetlenmiştir.

(a) $H=0.00$ için;

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_i &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\ &= (-98,264 ; 34,88) + (1,712 ; 0,374) X_{i1} + (-2,869 ; 0) X_{i2} + \\ &\quad (-2,337 ; 0) X_{i3} + (13,37 ; 0,662) X_{i4}\end{aligned}$$

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 2690,244 \quad \bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0,46$$

$(-98,264 ; 34,88)$ merkezi değeri $-98,264$ ve dağılımı $34,88$ olan bulanık kısıttır. $(1,712 ; 0,374)$ merkezi değeri $1,712$ ve dağılımı $0,374$ olan bulanık eğimdir. Aynı şekilde $(-2,869 ; 0)$ merkezi değeri $-2,869$ ve dağılımı 0 olan; $(-2,337 ; 0)$ merkezi değeri $-2,337$ ve dağılımı 0 olan; $(13,37 ; 0,662)$ merkezi değeri $13,367$ ve dağılımı $0,662$ olan bulanık eğimlerdir.

Sistem bulanıklığı $2688,48$ olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi $\bar{h}$ ise, 0 'dan büyük bir değer olan $0,46$ olarak hesaplanmıştır.

Modelin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. $H=0.00$ için Tanaka'nın bulanık regresyon analizi kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut Fiyatları) değerleri

H=0.00 İÇİN						
i	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN $\tilde{Y}_i$ ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i=(c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y _i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c_i	s_i	
1	174	17,729	192,429	105,079	87,35	0,21
2	200	62,481	247,081	154,781	92,3	0,51
3	61	-12,055	145,265	66,605	78,66	0,93
4	75	34,973	201,093	118,033	83,06	0,48
5	130	36,391	212,191	124,291	87,9	0,94
6	80	80,022	246,142	163,082	83,06	0,00
7	420	187,732	419,852	303,792	116,06	0,00
8	66	-79,924	65,956	-6,984	72,94	0,00
9	280	154,814	368,234	261,524	106,71	0,83
10	46,5	-21,724	139,336	58,806	80,53	0,85
11	75	16,717	178,877	97,797	81,08	0,72
12	108	-20,09	138,506	59,208	79,298	0,38
13	80	-34,259	118,749	42,245	76,504	0,51
14	63	-42,836	103,044	30,104	72,94	0,55
15	155	53,605	229,405	141,505	87,9	0,85
16	102	69,084	252,804	160,944	91,86	0,36
17	95	27,127	185,547	106,337	79,21	0,86
18	135	118,523	326,883	222,703	104,18	0,16
19	80	80,045	260,025	170,035	89,99	0,00
20	125	-23,572	124,948	50,688	74,26	0,00
21	265	265,033	549,513	407,273	142,24	0,00
22	65	15,802	169,162	92,482	76,68	0,64
23	135	21,699	191,339	106,519	84,82	0,66
24	98	12,153	166,833	89,493	77,34	0,89
25	98	60,592	262,572	161,582	100,99	0,37
26	245	111,661	311,221	211,441	99,78	0,66
27	160	128,492	335,928	232,21	103,718	0,30
28	150	-3,426	149,934	73,254	76,68	0,00
29	275	211,142	427,422	319,282	108,14	0,59
30	145	82,032	266,632	174,332	92,3	0,68

Konut fiyatlarının bulanık ortalama değeri $Y_i=(c_i,s_i)$ şeklinde açıklanabilir. Konut fiyatlarının belirsizliği $\tilde{A}_0$ sabit katsayının, $\tilde{A}_1$ konutun alanının ve $\tilde{A}_4$ konutun yaşının belirsizliği ile ifade edilebilir. Bu parametrelerin bulanıklığı verilen verilerin dağılımı ile açıklanabilir.

(b) $H=0.50$ için;

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_i &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\ &= (-98,264; 69,761) + (1,712; 0,748)X_{i1} + (-2,869; 0)X_{i2} + \\ &\quad (-2,337; 0)X_{i3} + (13,37; 1,325)X_{i4}\end{aligned}$$

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 5380,489 \quad \bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0,73$$

Sistem bulanıklığı 5380,489 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi $\bar{h}$ ise, 0.50'den büyük bir değer olan 0,73 olarak hesaplanmıştır.

(-98,264; 69,761) merkezi değeri -98,264 ve dağılımı 69,761 olan bulanık kısıttır. (1,712; 0,748) merkezi değeri 1.712 ve dağılımı 0.748 olan bulanık eğimdir. Aynı şekilde (-2,869 ; 0) merkezi değeri -2,869 ve dağılımı 0 olan; (-2,337; 0) merkezi değeri -2,337 ve dağılımı 0 olan; (13,37; 1,325) merkezi değeri 13,367 ve dağılımı 1,325 olan bulanık eğimlerdir.

Konut fiyatlarının bulanık ortalama değeri $Y_i = (c_i, s_i)$ şeklinde açıklanabilir. Konut fiyatlarının belirsizliği $\tilde{A}_0$ sabit katsayının, $\tilde{A}_1$ konutun alanının ve $\tilde{A}_4$ konutun yaşının belirsizliği ile ifade edilebilir. Bu parametrelerin bulanıklığı verilen verilerin dağınıklığı ile açıklanabilir.

Modelin LINGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. H=0.50 için Tanaka'nın bulanık regresyon analizi kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut Fiyatları) değerleri

H=0.50 İÇİN						
i	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN $\tilde{Y}_i$ ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i=(c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y _i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c _i	s _i	
1	174	-69,637	280,248	105,079	175,169	0,61
2	200	-29,83	339,845	154,781	185,064	0,76
3	61	-90,736	224,399	66,605	157,794	0,96
4	75	-48,113	284,632	118,033	166,599	0,74
5	130	-51,515	300,55	124,291	176,259	0,97
6	80	-3,064	329,681	163,082	166,599	0,50
7	420	71,651	536,386	303,792	232,594	0,50
8	66	-152,87	139,355	-6,984	146,339	0,50
9	280	48,083	475,418	261,524	213,894	0,91
10	46,5	-102,275	220,34	58,806	161,534	0,92
11	75	-64,374	260,421	97,797	162,624	0,86
12	108	-99,394	218,263	59,208	159,055	0,69
13	80	-110,779	195,722	42,245	153,477	0,75
14	63	-115,782	176,443	30,104	146,339	0,78
15	155	-34,301	317,764	141,505	176,259	0,92
16	102	-22,812	345,153	160,944	184,209	0,68
17	95	-52,094	265,221	106,337	158,884	0,93
18	135	14,327	431,532	222,703	208,829	0,58
19	80	-9,981	350,504	170,035	180,469	0,50
20	125	-97,848	199,677	50,688	148,989	0,50
21	265	122,772	692,227	407,273	284,954	0,50
22	65	-60,884	246,301	92,482	153,819	0,82
23	135	-63,132	276,623	106,519	170,104	0,83
24	98	-65,198	244,637	89,493	155,144	0,95
25	98	-40,404	364,021	161,582	202,439	0,69
26	245	11,87	411,465	211,441	200,024	0,83
27	160	24,753	440,12	232,21	207,91	0,65
28	150	-80,112	227,073	73,254	153,819	0,50
29	275	102,956	536,061	319,282	216,779	0,80
30	145	-10,279	359,396	174,332	185,064	0,84

(c) $H=0.70$ için;

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_i &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\ &= (-98,264; 116,269) + (1,712; 1,247)X_{i1} + (-2,869; 0)X_{i2} + \\ &\quad (-2,337; 0)X_{i3} + (13,37; 2,209)X_{i4}\end{aligned}$$

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 8967,481 \quad \bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0,84$$

Sistem bulanıklığı 8967,481 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi ($\bar{h}$) ise, 0.70'den büyük bir değer olan 0,84 olarak hesaplanmıştır.

$(-98,264; 116,269)$ merkezi değeri -98,264 ve dağılımı 116,269 olan bulanık kısıttır. $(1,712; 1,247)$ merkezi değeri 1.712 ve dağılımı 1,247 olan bulanık eğimdir. Aynı şekilde $(-2,869; 0)$ merkezi değeri -2,869 ve dağılımı 0 olan; $(-2,337; 0)$ merkezi değeri -2,337 ve dağılımı 0 olan; $(13,37; 2,209)$ merkezi değeri 13,367 ve dağılımı 2,209 olan bulanık eğimlerdir.

Tanakanın Bulanık Regresyon Modelleri kullanılarak farklı minimum bulanıklık kriteri değerleri $H=0.00$, $H=0.50$ ve $H=0.70$ için elde edilen elde edilen bulanık modellerin orta çizgi denklemi aynı olup, klasik regresyon modelinin sonuçlarından farklı elde edilmiştir.

Modelin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2'de verilmiştir.

Çizelge 4.5.H=0.70 için Tanaka'nın bulanık regresyon analizi kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri

H=0.70 İÇİN						
i	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN Y_i ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i = (c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y _i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c_i	s_i	h_i
1	174	-186,162	396,32	105,079	291,241	0,73
2	200	-152,956	462,518	154,781	307,737	0,81
3	61	-195,67	328,88	66,605	262,275	0,99
4	75	-158,921	394,987	118,033	276,954	0,88
5	130	-168,767	417,349	124,291	293,058	0,95
6	80	-113,872	440,036	163,082	276,954	0,73
7	420	-83,183	690,767	303,792	386,975	0,71
8	66	-250,162	236,194	-6,984	243,178	0,71
9	280	-94,276	617,324	261,524	355,8	0,99
10	46,5	-209,704	327,316	58,806	268,51	0,99
11	75	-172,53	368,124	97,797	270,327	0,92
12	108	-205,169	323,585	59,208	264,377	0,81
13	80	-212,833	297,323	42,245	255,078	0,84
14	63	-213,074	273,282	30,104	243,178	0,89
15	155	-151,553	434,563	141,505	293,058	0,93
16	102	-145,368	467,256	160,944	306,312	0,88
17	95	-157,755	370,429	106,337	264,092	0,96
18	135	-124,653	570,059	222,703	347,356	0,70
19	80	-130,042	470,112	170,035	300,077	0,75
20	125	-196,908	298,284	50,688	247,596	0,71
21	265	-66,992	881,538	407,273	474,265	0,74
22	65	-163,166	348,13	92,482	255,648	0,88
23	135	-176,278	389,316	106,519	282,797	0,88
24	98	-168,364	347,35	89,493	257,857	0,97
25	98	-175,121	498,285	161,582	336,703	0,75
26	245	-121,236	544,118	211,441	332,677	0,97
27	160	-113,614	578,034	232,21	345,824	0,75
28	150	-182,394	328,902	73,254	255,648	0,71
29	275	-41,328	679,892	319,282	360,61	0,86
30	145	-133,405	482,069	174,332	307,737	0,81

Klasik regresyon modeli ve Tanakanın Bulanık Regresyon Analizi Modelleri kullanılarak $H=0.00$, $H=0.50$ ve $H=0.70$ değerleri için elde edilen orta çizgi denklemi aşağıdaki gibidir:

Klasik Regresyon:

$$\tilde{Y}_i = -17,50 + 1,31X_{i1} - 2,55X_{i2} - 1,94X_{i3} + 2,52X_{i4}$$

$H=0.00$, $H=0.50$ ve $H=0.70$

$$\tilde{Y}_i = -98,26 + 1,71X_{i1} - 2,86X_{i2} - 2,33X_{i3} + 13,37X_{i4}$$

Yukarıda görüldüğü üzere, seçilen H derecesine göre her bir verinin h (inanç derecesi) değeri, H ile 1 arasında dağılım göstermiştir. Farklı inanç dereceleri (H) için, yüksek inanç derecesi bulanık regresyon modelini daha bulanıklaştır. İnanç derecesi $H = 0.00$ 'a eşit olduğunda, bulanık regresyon modelindeki tüm h 'lar 0.0 ve 1.0 arasında en dar bulanık büyüklüklere sahip olur. H değeri arttıkça SF (Sistem Bulanıklığı) ve $\bar{h}$ (Sistemde kullanılan verilerin ortalama inanç derecesi) değeri artmıştır.

Model sistemde kullanılan her bir verinin h inanç derecesinin seçilen H derecesinden büyük veya seçilen H derecesine eşit olmaya zorlar. H derecesini analist seçer ve model seçilen H derecesine göre sonuçlar üretir. Analist her bir tahmin edilen değerlerin gerçek değerlere en az hangi H derecesi kadar bağlı olması gerektiğini belirler. Model seçilen H derecesine göre sonuçlar üretir. H derecesi ne kadar artarsa, yani model tahmin edilen verilerin gerçek değerlere ne kadar yakın olmasını isterse, aynı doğrultuda tahmin edilen $\tilde{Y}$ (konut fiyatları) dağılımı ve dolayısıyla da sistem bulanıklığı artar.

"Bulanık Doğrusal Model" bulanıklığı ya da esnek düşünmeyi sağlamaktadır. Bu da klasik regresyon modelinden farklı düşünmenin temel noktasıdır. Ayrıca bilinen regresyon modelindeki "Güven Aralığı" gözlem hatalarının üst ve alt sınırları olarak görülmektedir.

4.3. Tanaka'nın Bulanık Doğrusal Regresyon Modelinin Yeniden Gözden Geçirilmiş Metodu ile Tahmin (Revize FLR) :

Bu metoda göre, her veri 2 kısıta dönüştürülür, Eş. 3.8 Çizelge 4.1'deki 30 veri değerleri 60 kısıt oluşturur. Eş. 3.7'nin amaç fonksiyonu bulanık katsayılarının toplam bulanık genişliğini ve $\tilde{Y}_i$ 'lerin merkezi değerlerinin uzaklıklarının toplamını minimize etmek içindir. Böylece, Eş. 3.7'in doğrusal programlama formülasyonu regresyon katsayılarının merkezi değerini ve bulanık yarım dağılımlarını oluşturmak için çözülebilir. Güven derecesi $H=0.00$, $H=0.50$ ve $H=0.70$ olan 3 durum için çözülmüş ve bulanık regresyon modelleri aşağıda özetlenmiştir.

(a) $H=0.00$ için;

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_i &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\ &= (-57,17; 0) + (1,608; 0,604) X_{i1} + (-1,23; 0) X_{i2} + \\ &\quad (-1,251; 0) X_{i3} + (4,339; 0) X_{i4}\end{aligned}$$

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 2554,92 \quad \bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0,55$$

Sistem bulanıklığı 2554,92 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi ($\bar{h}$) ise, 0'dan büyük bir değer olan 0,55 olarak hesaplanmıştır.

$(-57,17; 0)$ merkezi değeri -57,17 ve dağılımı 0 olan bulanık kısıttır. $(1,608; 0,604)$ merkezi değeri 1,608 ve dağılımı 0,604 olan bulanık eğimdir. Aynı şekilde $(-1,23; 0)$ merkezi değeri -1,23 ve dağılımı 0 olan; $(-1,251; 0)$ merkezi değeri -1,251 ve dağılımı 0 olan; $(4,339; 0)$ merkezi değeri 4,339 ve dağılımı 0 olan bulanık eğimlerdir.

Modelin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. H=0.00 için Revize FLR kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri

H=0.00 İÇİN (REVİZE FLR)						
i	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN $\tilde{Y}_i$ ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i = (c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y _i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c _i	s _i	
1	174	57,25	219,25	138,25	81	0,56
2	200	87,92	267,92	177,92	90	0,75
3	61	36,92	168,92	102,92	66	0,36
4	75	58,49	202,49	130,49	72	0,23
5	130	73,59	241,59	157,59	84	0,67
6	80	79,54	223,54	151,54	72	0,01
7	420	165,21	417,21	291,21	126	0,00
8	66	5,18	125,18	65,18	60	0,99
9	280	140,19	362,19	251,19	111	0,74
10	46,5	33,17	171,17	102,17	69	0,67
11	75	52,78	196,78	124,78	72	0,96
12	108	36,84	177,24	107,04	70,2	0,99
13	80	26,07	153,27	89,67	63,6	0,85
14	63	19,84	139,84	79,84	60	0,72
15	155	80,97	248,97	164,97	84	0,88
16	102	81,14	249,14	165,14	84	0,25
17	95	57,84	195,84	126,84	69	0,62
18	135	122,13	338,13	230,13	108	0,12
19	80	79,49	241,49	160,49	81	0,01
20	125	23,38	143,38	83,38	60	0,31
21	265	226,46	562,46	394,46	168	0,23
22	65	52,22	184,22	118,22	66	0,98
23	135	60,42	216,42	138,42	78	0,96
24	98	47,8	179,8	113,8	66	0,76
25	98	97,4	307,4	202,4	105	0,01
26	245	117,78	321,78	219,78	102	0,75
27	160	124,75	337,15	230,95	106,2	0,33
28	150	42,24	174,24	108,24	66	0,37
29	275	156,86	372,86	264,86	108	0,91
30	145	96,55	276,55	186,55	90	0,54

(b) $H=0.50$ için;

$$\begin{aligned}\tilde{Y} &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\ &= (-43,632; 0) + (1,658; 1,162) X_{i1} + (-3,277; 0) X_{i2} + \\ &\quad (-1,073; 0) X_{i3} + (1,056; 0) X_{i4}\end{aligned}$$

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 4915,26 \quad \bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0,79$$

Sistem bulanıklığı 4915,26 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi ($\bar{h}$) ise, 0.50'den büyük bir değer olan 0,79 olarak hesaplanmıştır.

$(-43,632; 0)$ merkezi değeri -43,632 ve dağılımı 0 olan bulanık kısıttır. $(1,608; 1,162)$ merkezi değeri 1,608 ve dağılımı 1,162 olan bulanık eğimdir. Aynı şekilde $(-3,277; 0)$ merkezi değeri -3,277 ve dağılımı 0 olan; $(-1,073; 0)$ merkezi değeri -1,073 ve dağılımı 0 olan; $(1,056; 0)$ merkezi değeri 1,056 ve dağılımı 0 olan bulanık eğimlerdir.

Modelin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. H=0.50 için Revize FLR kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri

H=0.50 İÇİN (REVİZE FLR)						
i	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN Y_i ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i = (c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y _i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c_i	s_i	
1	174	-22,311	291,429	134,559	156,87	0,75
2	200	1,241	349,841	175,541	174,3	0,86
3	61	-71,123	184,517	56,697	127,82	1,03
4	75	-30,017	248,863	109,423	139,44	0,75
5	130	-4,775	320,585	157,905	162,68	0,83
6	80	10,264	289,144	149,704	139,44	0,50
7	420	53,848	541,888	297,868	244,02	0,50
8	66	-86,762	145,638	29,438	116,2	0,69
9	280	43,652	473,592	258,622	214,97	0,90
10	46,5	-76,154	191,106	57,476	133,63	0,92
11	75	-2,503	276,377	136,937	139,44	0,56
12	108	-27,986	243,922	107,968	135,954	1,00
13	80	-74,105	172,239	49,067	123,172	1,25
14	63	-36,418	195,982	79,782	116,2	0,86
15	155	14,887	340,247	177,567	162,68	1,14
16	102	-49,798	275,562	112,882	162,68	0,93
17	95	-3,011	264,249	130,619	133,63	0,73
18	135	30,401	448,721	239,561	209,16	0,50
19	80	-4,979	308,761	151,891	156,87	0,54
20	125	-25,374	207,026	90,826	116,2	1,29
21	265	81,057	731,777	406,417	325,36	0,57
22	65	1,08	256,72	128,9	127,82	0,50
23	135	-15,117	287,003	135,943	151,06	0,99
24	98	-5,375	250,265	122,445	127,82	0,81
25	98	-3,684	403,016	199,666	203,35	0,50
26	245	35,173	430,253	232,713	197,54	0,94
27	160	26,634	437,982	232,308	205,674	0,65
28	150	-9,708	245,932	118,112	127,82	0,75
29	275	44,248	462,568	253,408	209,16	0,90
30	145	21,976	370,576	196,276	174,3	0,71

(c) $H=0.70$ için;

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_i &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_1 + \tilde{A}_2 X_2 + \tilde{A}_3 X_3 + \tilde{A}_4 X_4 \\ &= (-50,627; 0) + (1,667; 1,939)X_{i1} + (-3,046; 0)X_{i2} + \\ &\quad (-0,853; 0)X_{i3} + (2,075; 0)X_{i4}\end{aligned}$$

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 8201,97 \quad \bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0.85$$

Sistem bulanıklığı 8201,97 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi ($\bar{h}$) ise, 0.70'den büyük bir değer olan 0,85 olarak hesaplanmıştır.

$(-50,627; 0)$ merkezi değeri -50,627 ve dağılımı 0 olan bulanık kısıttır. $(1,667; 1,939)$ merkezi değeri 1,667 ve dağılımı 1,939 olan bulanık eğimdir. Aynı şekilde $(-3,046; 0)$ merkezi değeri -3,046 ve dağılımı 0 olan; $(-0,853; 0)$ merkezi değeri -0,853 ve dağılımı 0 olan; $(2,075; 0)$ merkezi değeri 2,075 ve dağılımı 0 olan bulanık eğimlerdir.

Modelin LINGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2'de verilmiştir.

Tanakanın yeniden gözden geçirilmiş bulanık regresyon metodu ile, Tanaka'nın bulanık regresyon modeli karşılaştırıldığında, aynı H inanç dereceleri için; Tanakanın yeniden gözden geçirilmiş bulanık regresyon metodu ile elde edilen sistem bulanıklığı ve $\bar{h}$ (Sistemde kullanılan verilerin ortalama inanç derecesi) değeri Tanaka'nın bulanık regresyon modeline göre artış göstermiştir.

Çizelge 4.8. H=0.70 için Revize FLR kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri

H=0.70 İÇİN (REVİZE FLR)						
i	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN Y_i ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i = (c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y_i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c_i	s_i	
1	174	-366,89	399,64	137,875	261,765	0,86
2	200	-386,397	465,303	174,453	290,85	0,91
3	61	-350,296	274,284	60,994	213,29	1,00
4	75	-335,314	346,046	113,366	232,68	0,84
5	130	-367,752	427,168	155,708	271,46	0,91
6	80	-298,883	382,477	149,797	232,68	0,70
7	420	-487,438	704,942	297,752	407,19	0,70
8	66	-341,772	226,028	32,128	193,9	0,83
9	280	-433,445	616,985	258,27	358,715	0,94
10	46,5	-366,627	286,343	63,358	222,985	0,92
11	75	-312,298	369,062	136,382	232,68	0,74
12	108	-329,479	334,847	107,984	226,863	1,00
13	80	-343,596	258,272	52,738	205,534	0,87
14	63	-294,255	273,545	79,645	193,9	0,91
15	155	-349,476	445,444	173,984	271,46	0,93
16	102	-403,185	391,735	120,275	271,46	0,93
17	95	-301,693	351,277	128,292	222,985	0,85
18	135	-433,324	588,716	239,696	349,02	0,70
19	80	-346,406	420,124	158,359	261,765	0,70
20	125	-280,359	287,441	93,541	193,9	0,84
21	265	-638,449	951,391	408,471	542,92	0,74
22	65	-286,463	338,117	124,827	213,29	0,72
23	135	-350,075	388,065	135,995	252,07	1,00
24	98	-290,359	334,221	120,931	213,29	0,89
25	98	-454,528	539,122	199,797	339,325	0,70
26	245	-405,662	559,598	229,968	329,63	0,95
27	160	-428,566	576,44	233,237	343,203	0,79
28	150	-295,48	329,1	115,81	213,29	0,84
29	275	-414,903	607,137	258,117	349,02	0,95
30	145	-367,268	484,432	193,582	290,85	0,83

4.4. Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonu ile Tahmin

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi, bulanık regresyon katsayılarını hesaplamak için 2 adım vardır. İlk olarak bulanık merkez değerler en küçük kareler regresyonundan oluşturulur. İkinci olarak, elde edilen bulanık merkezi değerler doğrusal programlama probleminin Eş. 3.8’de yerine konulur ve regresyon katsayılarının bulanık katsayıları hesaplanır. Aşağıda, $H=0.00$, $H=0.50$ ve $H=0.70$ durumları gösterilmiştir.

(a) $H=0.00$ için;

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_i &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\ &= (-17,5; 19,17) + (1,31; 0,679) X_{i1} + (-2,55; 0) X_{i2} + \\ &\quad (-1,94; 0) X_{i3} + (2,52; 0) X_{i4}\end{aligned}$$

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 3450.313 \qquad \bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0,67$$

Sistem bulanıklığı 3450,313 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi ($\bar{h}$) ise, 0.’dan büyük bir değer olan 0,67 olarak hesaplanmıştır.

Modelin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2’de verilmiştir

Çizelge 4.9. $H=0.00$ için Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonu kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut Fiyatları) değerleri

H=0.00 İÇİN						
i	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN Y_i ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i = (c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y _i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c_i	s_i	h_i
1	174	-1,795	219,875	109,04	110,835	0,41
2	200	36,19	278,23	157,21	121,02	0,65
3	61	-25,42	162,3	68,44	93,86	0,92
4	75	2,98	204,28	103,63	100,65	0,72
5	130	27,36	255,82	141,59	114,23	0,90
6	80	42,06	243,36	142,71	100,65	0,38
7	420	96,33	419,85	258,09	161,76	0,00
8	66	-52,87	121,27	34,2	87,07	0,63
9	280	81,165	370,735	225,95	144,785	0,63
10	46,5	-35,845	158,665	61,41	97,255	0,85
11	75	13,77	215,07	114,42	100,65	0,61
12	108	-8,493	188,733	90,12	98,613	0,82
13	80	-33,734	148,554	57,41	91,144	0,75
14	63	-19,22	154,92	67,85	87,07	0,94
15	155	42,66	271,12	156,89	114,23	0,98
16	102	3,62	232,08	117,85	114,23	0,86
17	95	24,305	218,815	121,56	97,255	0,73
18	135	61,3	344,08	202,69	141,39	0,52
19	80	18,485	240,155	129,32	110,835	0,56
20	125	-18,28	155,86	68,79	87,07	0,35
21	265	126,92	545,5	336,21	209,29	0,66
22	65	25,67	213,39	119,53	93,86	0,42
23	135	11,93	226,81	119,37	107,44	0,85
24	98	14,61	202,33	108,47	93,86	0,89
25	98	30,155	306,145	168,15	137,995	0,49
26	245	68,6	337,8	203,2	134,6	0,69
27	160	62,647	341,353	202	139,353	0,70
28	150	9,54	197,26	103,4	93,86	0,50
29	275	90	372,78	231,39	141,39	0,69
30	145	53,43	295,47	174,45	121,02	0,76

(b) $H=0.50$ için;

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_i &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\ &= (-17,5; 38,344) + (1,31; 1,359)X_{i1} + (-2,55; 0)X_{i2} + \\ &\quad (-1,94; 0)X_{i3} + (2,52; 0)X_{i4}\end{aligned}$$

Sistem Bulanıklığı= 6900,627

$$\bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0.83$$

Sistem bulanıklığı 6900,627 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi $\bar{h}$ ise, 0.50'den büyük bir değer olan 0,83 olarak hesaplanmıştır.

Modelin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2'de verilmiştir

Çizelge 4.10. $H=0.50$ için Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonu kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri

i	H=0.50 İÇİN					
	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN Y_i ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i = (c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y _i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c_i	s_i	
1	174	-112,769	330,849	109,04	221,809	0,71
2	200	-84,984	399,404	157,21	242,194	0,82
3	61	-119,394	256,274	68,44	187,834	0,96
4	75	-97,794	305,054	103,63	201,424	0,86
5	130	-87,014	370,194	141,59	228,604	0,95
6	80	-58,714	344,134	142,71	201,424	0,69
7	420	-65,644	581,824	258,09	323,734	0,50
8	66	-140,044	208,444	34,2	174,244	0,82
9	280	-63,809	515,709	225,95	289,759	0,81
10	46,5	-133,219	256,039	61,41	194,629	0,92
11	75	-87,004	315,844	114,42	201,424	0,80
12	108	-107,227	287,467	90,12	197,347	0,91
13	80	-124,988	239,808	57,41	182,398	0,88
14	63	-106,394	242,094	67,85	174,244	0,97
15	155	-71,714	385,494	156,89	228,604	0,99
16	102	-110,754	346,454	117,85	228,604	0,93
17	95	-73,069	316,189	121,56	194,629	0,86
18	135	-80,274	485,654	202,69	282,964	0,76
19	80	-92,489	351,129	129,32	221,809	0,78
20	125	-105,454	243,034	68,79	174,244	0,68
21	265	-82,654	755,074	336,21	418,864	0,83
22	65	-68,304	307,364	119,53	187,834	0,71
23	135	-95,644	334,384	119,37	215,014	0,93
24	98	-79,364	296,304	108,47	187,834	0,94
25	98	-108,019	444,319	168,15	276,169	0,75
26	245	-66,174	472,574	203,2	269,374	0,84
27	160	-76,887	480,887	202	278,887	0,85
28	150	-84,434	291,234	103,4	187,834	0,75
29	275	-51,574	514,354	231,39	282,964	0,85
30	145	-67,744	416,644	174,45	242,194	0,88

(c) $H=0.70$ için;

$$\begin{aligned}\tilde{Y} &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\ &= (-17,5; 63,907) + (1,31; 2,265) X_{i1} + (-2,55; 0) X_{i2} + \\ &\quad (-1,94; 0) X_{i3} + (2,52; 0) X_{i4}\end{aligned}$$

Sistem Bulanıklığı = 11501,04

$$\bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0.90$$

Sistem bulanıklığı 11501,04 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi ($\bar{h}$) ise, 0,7 0'den büyük bir değer olan 0,90 olarak hesaplanmıştır.

Modelin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2'de verilmiştir

$H=0.00$, $H=0.50$ ve $H=0.70$ için elde edilen Eşitliklerin sonuçları, klasik regresyon ile karşılaştırıldığında, bulanık modellerin orta çizgi denklemi klasik regresyon ile aynıdır, $\tilde{Y}_i = -17,5 + 1,31X_{i1} - 2,55X_{i2} - 1,94X_{i3} + 2,52X_{i4}$. Bu metotta en küçük bulanıklık kriteri kullanıldığından, yüksek H inançlık derecesi regresyon modelini daha da bulanıklaştırır. Bununla birlikte H 'ın 0'a yaklaşması gibi bazı durumlarda, bulanık en küçük kareler regresyonu sonuçları klasik regresyon sonuçlarına yaklaşmaz. Sezgisel olarak bulanık en küçük kareler regresyonu H 0'a yaklaştığında klasik regresyon ile aynı sonuçları üretir.

Çizelge 4.11. H=0.70 için Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonu kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri

H=0.70 İÇİN						
i	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN Y_i ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i = (c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y _i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c_i	s_i	h_i
1	174	-260,642	478,722	109,04	369,682	0,82
2	200	-246,447	560,867	157,21	403,657	0,89
3	61	-244,617	381,497	68,44	313,057	0,98
4	75	-232,077	439,337	103,63	335,707	0,91
5	130	-239,417	522,597	141,59	381,007	0,97
6	80	-192,997	478,417	142,71	335,707	0,81
7	420	-281,467	797,647	258,09	539,557	0,70
8	66	-256,207	324,607	34,2	290,407	0,89
9	280	-256,982	708,882	225,95	482,932	0,89
10	46,5	-262,972	385,792	61,41	324,382	0,95
11	75	-221,287	450,127	114,42	335,707	0,88
12	108	-238,792	419,032	90,12	328,912	0,95
13	80	-246,587	361,407	57,41	303,997	0,93
14	63	-222,557	358,257	67,85	290,407	0,98
15	155	-224,117	537,897	156,89	381,007	1,00
16	102	-263,157	498,857	117,85	381,007	0,96
17	95	-202,822	445,942	121,56	324,382	0,92
18	135	-268,917	674,297	202,69	471,607	0,86
19	80	-240,362	499,002	129,32	369,682	0,87
20	125	-221,617	359,197	68,79	290,407	0,81
21	265	-361,897	1034,317	336,21	698,107	0,90
22	65	-193,527	432,587	119,53	313,057	0,83
23	135	-238,987	477,727	119,37	358,357	0,96
24	98	-204,587	421,527	108,47	313,057	0,97
25	98	-292,132	628,432	168,15	460,282	0,85
26	245	-245,757	652,157	203,2	448,957	0,91
27	160	-262,812	666,812	202	464,812	0,91
28	150	-209,657	416,457	103,4	313,057	0,85
29	275	-240,217	702,997	231,39	471,607	0,91
30	145	-229,207	578,107	174,45	403,657	0,93

4.5. Aralık Regresyon ile Tahmin

Aralık Regresyon modelinin amacı tüm veri noktalarını içeren en küçük model aralıklarını bulmaktır. Eş. 3.10, 3.11 ve 3.12'yi belirli X ve belirli Y verileri örneğine eklendiğinde, aşağıdaki aralık regresyon modeli elde edilir.

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_i &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\ &= (-98,264 ; 34,88) + (1,712 ; 0,374) X_{i1} + (-2,869 ; 0) X_{i2} + \\ &\quad (-2,337 ; 0) X_{i3} + (13,37 ; 0,662) X_{i4}\end{aligned}$$

$$\text{Sistem Bulanıklığı} = 2688,48 \quad \bar{h} = \sum_{i=1}^{30} h_i / 30 = 0,46$$

Sistem bulanıklığı 2688,48 olarak hesaplanmıştır. Sistemin ortalama inanç derecesi ($\bar{h}$) ise, 0'dan büyük bir değer olan 0,46 olarak hesaplanmıştır.

Aralık Regresyon Modeli, Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonunda, minimum bulanıklık kriteri $H=0.00$ ile aynı sonuçları üretmiştir. Buradan, Aralık Regresyon Modeli, Minimum Bulanıklık Kriterini Kullanan Bulanık En Küçük Kareler Regresyonunun özel bir durumudur denilebilir.

Modelin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-2'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Aralık Regresyon Modeli kullanılarak tahmin edilen $\tilde{Y}$ (Konut fiyatları) değerleri

ARALIK REGRESYONU İLE TAHMİN						
i	GERÇEK Y DEĞERLERİ	TAHMİN EDİLEN $\tilde{Y}_i$ ALT SINIR VE ÜST SINIR DEĞERLERİ		TAHMİN EDİLEN $Y_i = (c_i, s_i)$ DEĞERLERİ VE DAĞILIMI		Y _i 'lerin uygunluk derecesi
		Alt Sınır	Üst Sınır	c _i	s _i	h _i
1	174	17,729	192,429	105,079	87,35	0,21
2	200	62,481	247,081	154,781	92,3	0,51
3	61	-12,055	145,265	66,605	78,66	0,93
4	75	34,973	201,093	118,033	83,06	0,48
5	130	36,391	212,191	124,291	87,9	0,94
6	80	80,022	246,142	163,082	83,06	0,00
7	420	187,732	419,852	303,792	116,06	0,00
8	66	-79,924	65,956	-6,984	72,94	0,00
9	280	154,814	368,234	261,524	106,71	0,83
10	46,5	-21,724	139,336	58,806	80,53	0,85
11	75	16,717	178,877	97,797	81,08	0,72
12	108	-20,09	138,506	59,208	79,298	0,38
13	80	-34,259	118,749	42,245	76,504	0,51
14	63	-42,836	103,044	30,104	72,94	0,55
15	155	53,605	229,405	141,505	87,9	0,85
16	102	69,084	252,804	160,944	91,86	0,36
17	95	27,127	185,547	106,337	79,21	0,86
18	135	118,523	326,883	222,703	104,18	0,16
19	80	80,045	260,025	170,035	89,99	0,00
20	125	-23,572	124,948	50,688	74,26	0,00
21	265	265,033	549,513	407,273	142,24	0,00
22	65	15,802	169,162	92,482	76,68	0,64
23	135	21,699	191,339	106,519	84,82	0,66
24	98	12,153	166,833	89,493	77,34	0,89
25	98	60,592	262,572	161,582	100,99	0,37
26	245	111,661	311,221	211,441	99,78	0,66
27	160	128,492	335,928	232,21	103,718	0,30
28	150	-3,426	149,934	73,254	76,68	0,00
29	275	211,142	427,422	319,282	108,14	0,59
30	145	82,032	266,632	174,332	92,3	0,68

Çizelge 4.13. Kullanılan yöntem ve sonuçların özeti

TANAKANIN BULANIK DOĞRUSAL REGRESYON MODELİ			
	H=0.00	H=0.50	H=0.70
C0	-98,264	-98,264	-98,264
C1	1,712	1,712	1,712
C2	-2,869	-2,869	-2,869
C3	-2,337	-2,337	-2,337
C4	13,37	13,37	13,37
S0	34,78	69,761	116,269
S1	0,374	0,748	1,247
S2	0	0	0
S3	0	0	0
S4	0,662	1,325	2,209
Sistem Bulanıklığı	2690,244	5380,489	8967,481
H	0,46	0,73	0,84
SAPMA	1476,03	1476,03	1476,03

REVİZE BULANIK DOĞRUSAL REGRESYON MODELİ			
	H=0.00	H=0.50	H=0.70
C0	-57,17	-43,632	-50,627
C1	1,608	1,658	1,667
C2	-1,23	-3,227	-3,046
C3	-1,251	-1,073	-0,853
C4	4,339	1,056	2,075
S0	0	0	0
S1	0,604	1,162	1,939
S2	0	0	0
S3	0	0	0
S4	0	0	0
Sistem Bulanıklığı	2554,92	4915,26	8201,97
H	0,55	0,79	0,85
SAPMA	1225,81	1138,37	1297,572

Çizelge 4.13. (Devam) Kullanılan yöntem ve sonuçların özeti

MİNİMUM BULANIKLIK KRİTERİNİ KULLANAN BULANIK EN KÜÇÜK KARELER REGRESYONU			
	H=0.00	H=0.50	H=0.70
C0	-17,5	-17,5	-17,5
C1	1,31	1,31	1,31
C2	-2,55	-2,55	-2,55
C3	-1,94	-1,94	-1,94
C4	2,52	2,52	2,52
S0	19,17		
S1	0,679	1,359	2,265
S2	0	0	0
S3	0	0	0
S4	0	0	0
Sistem Bulanıklığı	3450,313	6900,627	11501,04
H	0,67	0,83	0,9
SAPMA	1208,5	1208,5	1208,5

ARALIK REGRESYON	
	H=0.00
C0	-98,264
C1	1,712
C2	-2,869
C3	-2,337
C4	13,37
S0	34,78
S1	0,374
S2	0
S3	0
S4	0,662
Sistem Bulanıklığı	2690,244
H	0,46
SAPMA	1476,03

4.6. Kesikli X Bağımsız Değişkenleri ve Bulanık Y Bağımlı Değişkeni İçin H=0.00 Minimum Bulanıklık Kriteri İle Tanakanın Bulanık Regresyon Modeli

Konut fiyatlarının Çizelge 4.1.'de verilen değerlerden 5.000-YTL kadar sapabileceği bilgisi emlakçılardan alınmıştır. Verilen Konut fiyatları bulanıklaştırılarak aşağıdaki çizelgeye ulaşılmıştır.

Çizelge 4.14. Ankara'nın farklı semtlerinde bulunan konutların fiyatları ve konut fiyatlarını etkileyen kriterlerin listesi

i	Y _i	X _{i1}	X _{i2}	X _{i3}	X _{i4}	i	Y _i	X _{i1}	X _{i2}	X _{i3}	X _{i4}
1	(174,5)	135	9	18	3	16	(102,5)	140	25	1	7
2	(200,5)	150	9	2	2	17	(95,5)	115	5	2	2
3	(61,5)	110	26	1	4	18	(135,5)	180	3	8	3
4	(75,5)	120	13	8	5	19	(80,5)	135	5	18	7
5	(130,5)	140	9	2	1	20	(125,5)	100	3	23	3
6	(80,5)	120	3	1	5	21	(265,5)	280	3	8	4
7	(420,5)	210	3	1	4	22	(65,5)	110	3	1	1
8	(66,5)	100	26	8	1	23	(135,5)	130	9	8	2
9	(280,5)	185	2	2	4	24	(98,5)	110	3	8	2
10	(46,5,5)	115	26	8	4	25	(98,5)	175	12	8	1
11	(75,5)	120	2	13	2	26	(245,5)	170	2	1	2
12	(108,5)	117	9	13	1	27	(160,5)	177	5	5	4
13	(80,5)	106	25	4	3	28	(150,5)	110	4	8	1
14	(63,5)	100	9	13	1	29	(275,5)	180	3	1	9
15	(155,5)	140	3	2	1	30	(145,5)	150	3	1	2

$$\begin{aligned}
 \tilde{Y}_i &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \tilde{A}_2 X_{i2} + \tilde{A}_3 X_{i3} + \tilde{A}_4 X_{i4} \\
 &= (-98,264; 39,88) + (1,712; 0,374) X_{i1} + (-2,869; 0) X_{i2} + \\
 &\quad (-2,337; 0) X_{i3} + (13,37; 0,662) X_{i4}
 \end{aligned}$$

Sistem Bulanıklığı = 2840,244 olarak elde edilmiştir.

Kesikli X bağımsız değişkenleri ile kesikli Y bağımlı değişkeni ve kesikli X bağımsız değişkenleri ile bulanık Y bağımlı değişkeni için H=0.00 minimum bulanıklık kriteri kullanılarak bulanık regresyon modelleri kurulmuştur.

Her iki modelinde orta çizgi denklemi aynıdır. Tüm parametrelerin mekezi değerleri değişmeden aynen kalmıştır. Y bağımlı değişkenin bulanık olduğu durmuda c_0 parametresinin dağılım değeri, kesikli Y veri durumuna göre konut fiyatlarının bulandırıldığı miktar kadar (5) artmıştır. Diğer bağımsız değişkenlerin dağılım değeri değişmeden aynen kalmıştır. Dolayısıyla sistem bulanıklığının $30 \cdot 5 = 150$ birim arttığı sonucuna varılmaktadır.

Kesikli X bağımsız değişkenleri ve bulanık Y bağımlı değişkeni için $H=0.00$ minimum bulanıklık kriteri ile Tanakanın bulanık begresyon modelinin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen çözüm sonuçları EK-3’de verilmiştir

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İstatistik biliminin en önemli konularından birisini regresyon oluşturmaktadır. Regresyon finans, ekonomi, tıp gibi çeşitli bilim alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır.

Regresyonun temelinde; gözlenen bir olayın değerlendirilirken, hangi olayların etkisi içinde olduğunun araştırılması yatmaktadır. Bu olaylar bir veya birden çok olacağı gibi dolaylı veya direkt etkileniyor da olabilirler. Regresyon analizi yapılırken, gözlem değerlerinin ve etkilenilen olayların bir matematiksel gösterimle yani bir fonksiyon yardımıyla modellenmesi gerekmektedir. Kurulan bu modele regresyon modeli denilir.

Bulanık regresyon, sistem yapısındaki belirsizliğe bağlı olarak verilerin tamamının ya da bir kısmının bulanık olması veya sistem yapısının değişkenler arasında kesin ilişkiler tanımlanmasına imkan vermemesi gibi klasik regresyon uygulanmasının önerilmediği durumlarda kullanılan alternatif bir yöntemdir. Son yıllarda bulanık regresyon analizi ekonomik ve finansal verilerin modellenmesinde büyük oranda kullanılmaktadır. Bulanık doğrusal regresyon, bulanıklığın düşünüldüğü durumda değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi modellemek için geliştirmiştir.

Bulanık mantığın ve dolayısı ile bulanıklığın doğrusal regresyon modellerine uygulanması, karar mekanizmalarına büyük esneklikler kazandırmıştır. Bu nedenle, birçok alanda değişik uygulamalara sahip olan bulanık mantık, regresyon modellerine ve doğrusal sistemlere farklı algoritmalar sağlamıştır. Değişik alanlardaki uygulamalar her geçen gün artmakta ve özellikle elektronik tabanlı ürünlerde gözlenmektedir.

Bu tez kapsamında; konut fiyatlarının tahmini probleminde sayısal ve sayısal olmayan kriterlerin birlikte değerlendirilebilmesini sağlayan Bulanık Regresyon yaklaşımı kullanılmıştır.

Ankara'nın farklı semtlerinde bulunan konut fiyatlarının tahmini için, klasik regresyon metodu ve farklı bulanık regresyon metodları kullanılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bulanık Regresyon Modelleri karşılaştırmalı olarak gözden geçirilmiştir. Gözden geçirilmenin sonucu olarak da 4 bulanık regresyon modeli tanımlanmış ve sayısal örneklerle incelenmiştir. Modelin uygulanması ve sonuçların kıyaslanması için MINITAB ve LINGO paket programlarından faydalanılmıştır. Modellerin kurulması ve uygulama aşamasında LINGO paket programları kullanılmıştır. Modellerin uygunluk derecesini belirlemede ve modellerin klasik regresyon analizlerinin yapılmasında MINITAB paket programından faydalanılmıştır.

Kesikli X ve kesikli Y değerleri ve kesikli X ve bulanık Y değerleri her bir bulanık regresyon modellerini göstermek için kullanılmıştır. Tüm bulanık regresyon modelleri sonuç modelinde bulanık katsayıları tahmin etmek için doğrusal programlama (LP) kullanır. Sayısal örneklerde 30 verisi olan bir veri seti kullanılmıştır. Veri kümesi sayısı arttığında, bulanık katsayıları tahmin etmek için aşağıdaki zorlukla karşılaşılabilir:

1- Doğrusal programlama formülasyonu: Her veri kümesi bulanık regresyon formülasyonunda 2 kısıt gerektirir. Veri kümesi arttığında oransal olarak kısıt sayısı da artacaktır. Bu artış LP yazılım ve bilgisayarlarda hesaplama güçlüklerine sebep olabilir. Bununla birlikte, bağımsız değişkenlere ekleme veya bağımsız değişkenlerden çıkarım yapıldığında tüm kısıt kümeleri yeniden formüle edilmelidir. Bu uygunsuz sonuç, regresyon analizinde optimum bağımsız değişken sayısını oluşturmak için gerekli olan değişkenlerle deney sayısını sınırlandırabilir. Böylece, doğrusal programlama modeli bulanık regresyon kullanımını sınırlandırabilir.

2- Bilinmeyen değişkenlerin belirlenmesi: LP formülasyonu bilinmeyen negatif olmayan değişkenlerin belirlenmesini kısıtlar. LP formülasyonunun sonuç sürecinde negatif olmayan durumlar bir gerekliliktir. Bulanık katsayılar için $\tilde{A} = (c, s)$, bulanık

genişlik s pozitif veya sıfır iken, bulanık merkez pozitif veya negatif olabilir. Çıktının bağımsız değişkenin belirgin etkisi bilinemez ise, bulanık katsayılar pozitif veya negatif olabilir. Böylece, bilinmeyen bulanık merkezi değerler 2 negatif olmayan değişkenin doğrusal kombinasyonu olarak bulunmalıdır. Yani bilinmeyen bir a değişkeni a^+ ve a^- ler negatif olmayan değişkenler olduğunda $a = a^+ - a^-$ olarak bulunur. Bilinmeyen değişkenin belirlenmesi 2 negatif olmayan sayıların farkından tayin edilir. Negatif olmamak gereksinimi bilinmeyen değişkenlerin sayısını artırır. Bu özellikle veri seti sayısı çok büyük olduğunda LP formülasyonu için farklı bir problemi oluşturur.

LP formülasyonu kulanmanın mümkün zorluklarının yanı sıra açıklanmak istenen bulanık regresyonun davranışını da kısıtlar. Sınırlı davranış ile bulanık regresyondaki bulanıklık azaldığında, bulanık regresyon sonuçları klasik regresyon sonuçlarına yaklaşabilir. Bununla birlikte, minimum bulanıklık kriteri H değerinde büyük bulanık aralıklarla bir bulanık regresyon modeli oluşturur. $H = 1$ 'e eşit olduğunda, bulanık regresyon modeli en büyük bulanık genişliğe sahip olur. Bulanık regresyon modelleri H 'ın sınır değerlere yaklaştığı gibi bazı durumlarda, klasik regresyona yaklaşmaz. Bu özelliğin eksikliği ne yazık ki, bulanık regresyon kullanımını klasik regresyondan ayırır. Bu gibi durumlar için, bulanık regresyon bazı istatistikçiler tarafından eleştiriye maruz kalmıştır. Buna rağmen bulanık regresyon ve klasik regresyonunun ayırımı yapmakten ziyade bütünleştiğine inanılır. Ayırım yapmak bulanık regresyon metotlarını sınırlar.

Aralık regresyonu, Tanaka'nın bulanık regresyon modelinde minimum bulanıklık kriteri $H=0.00$ için elde edilen sonuçlar, ile aynı sonuçları üretmiştir. Böylece, aralık regresyon analizi Tanaka'nın bulanık regresyon modelinde, minimum bulanıklık kriteri H 'ın 0 olduğu özel bir durumudur denilebilir. Bununla birlikte, aralık regresyon tüm bulanık verileri bir bulanık regresyon modelinde sınırlamak gibi uygun kriter için yeni bir kavram bulundurulur.

Karşılaştırma sonucunda Tanakanın Bulanık Regresyon Analizinin Yeniden Gözden Geçirilmiş Metodunun (Revize FLR), diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Hem sistem bulanıklığı azalmış, hemde sistemin ortalama inanç derecesi ($\bar{h}$) Tanaka'nın FLR Modeline göre artış sağlamıştır.

Sonuç olarak, rastsallık ve bulanıklık regresyon analizinde ortaya çıkabilecek 2 farklı belirsizlik türüdür. Hem Rastsallık hem de bulanıklık regresyon modelindeki toplam belirsizliğe eklenebilir. Tam bir regresyon analizi hem rastsallık hem de bulanıklık içerebilir. Fakat belirsizliğin bulanıklık tipi sadece regresyon verileri bulanıklık içeriyorsa oluşur. Regresyon analizinde hem rastsallık hem de bulanıklık elde etmek için melez regresyon analizi adı ile yeni bir metot geliştirmeye ihtiyaç vardır. Bulanık regresyon ve melez regresyonun güvenilirlik ölçütleri de gelecek çalışmalar için bir ihtiyaçtır.

KAYNAKLAR

- Arbib, M.A., "Book reviews in bulletin of the American mathematical society, 83(5): 446-451 (1977)
- Aydın, İ., Karköse, M., Akın, E., "Bulanık mantık tabanlı zaman serisi veri madenciliği kullanan tahmin algoritması", **II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi**, 47-56 (2005)
- Boreux, J.J., Pesti, G., Duckstein, L., Nicolas, J., "Age model estimation in paleoclimatic research: fuzzy regression and radiocarbon uncertainties", **Palaeo Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 128(1-4): 29-37 (1997)
- Chang, P.T., "Fuzzy seasonality forecasting", **Fuzzy Sets and Systems**, 90(1): 1-10 (1997)
- Chang, P.T., Lee, E.S., "A generalized fuzzy weighted least-squares regression, **Fuzzy Sets and Systems**", 82(3): 289-298 (1996)
- Chang, Y.H.O., Ayyub, B.M., "Fuzzy regression methods – a comparative assessment", **Fuzzy Sets and Systems**, 119(2): 187-203 (2001)
- Chen, K., Jia, Y., Lee, S., "Fuzzy adaptive networks in thermal comfort", **Applied Mathematics Letters**, 19(5): 420-426 (2006)
- D'Urso, P., Santoro, A., "Fuzzy clusterwise linear regression analysis with symmetrical fuzzy output variable", **Computational Statistics & Data Analysis**, 51(1): 287-313 (2006)
- Gaines, B.R., Kohout, L.J., "The fuzzy decade: a bibliography of fuzzy systems and closely related topics", **Int. J. Man-Machine Studies**, 9: 1-68 (1977)
- Ge, H., Wang, S., "Dependency between degree of fit and input noise in fuzzy linear regression using non-symmetric fuzzy triangular coefficients", **Fuzzy Sets and Systems**, 158(19): 2189-2202 (2007)
- He, Y.Q., Chan, L.K., Wu, M.L., "Balancing productivity and consumer satisfaction for profitability: statistical and fuzzy regression analysis", **European Journal of Operational Research**, 176(1): 252-263, (2007)
- Hojati, M., Bector, C.R., Smimou, K., "A simple method for computation of fuzzy linear regression", **European Journal of Operational Research**, 166(1): 172-184 (2005)
- Hong, D.H., Hwang C., Ahn C., "Ridge estimation for regression models with crisp inputs and gaussian fuzzy output", **Fuzzy Sets and Systems**, 142 (2): 307-319 (2004)

Hung, W-L., Yang, M.S., “An omission approach for detecting outliers in fuzzy regression models”, *Fuzzy Sets and Systems*, 157(23): 3109- 3122 (2006)

Huang, C., Tzeng, G., “Multiple generation product life cycle predictions using a novel two-stage fuzzy piecewise regression analysis method”, *Technological Forecasting and Social Change*, 75(1) : 12-31(2008)

Ishibuchi, H., Tanaka, H., “Fuzzy regression analysis using neural networks”, *Fuzzy Sets and Systems*, 50(3): 257-265 (1992)

Ishibuchi, H., Manabu, N., Fuzzy regression using asymmetric fuzzy coefficient and fuzzified neural Networks, *Fuzzy Sets and Systems*, 119 (2): 273-290 (2001)

Kandari, A.M., Soliman, S.A., Alammari, R.A., “Power quality analysis based on fuzzy estimation algorithm: Voltage flicker measurements”, *Electric Power & Energy Systems*, 28(10): 723-728 (2006)

Kaufmann, A., “Introduction to the theory of Fuzzy Sub-sets”, *Academic Press*, 495-496 (1975)

Kendall, A., Yager, A., “Bibliographs of fuzzy sets, their applications and related topics”, *Advances in Fuzzy Set Theory and Applications*, 621-744 (1979)

Kutay, F., “Zaman Serilerinde Tahmin Teknikleri ve Box-Jenkis Modelleri”, 1-99 (1989)

Kwong, C.K., Bai, H., “Fuzzy regression approach to process modelling and optimization of epoxy dispensing”, *International Journal of Production Research*, 2359 – 2375 (2005)

Lee, H.S., Chou, M.T., “Fuzzy time-series based on adaptive expectation model for TAIEX forecasting”, *International Journal of Computer Mathematics*, 34(2): 781-789 (2004)

Lee, H.T., Chen, S.H., “Fuzzy regression model with fuzzy input and output data for manpower forecasting”, *Fuzzy Sets and Systems*, 119(2): 205-213 (2001)

Moskowitz, H., Kim, K., “On assessing the h value in fuzzy linear regression”, *Fuzzy Sets and Systems* 58(3): 303-327 (1993)

Nasrabadi, M.M., Nasrabadi, E., Narabady, A.R., “Fuzzy linear regression analysis: a multi-objective programming approach ”, *Applied Mathematics and Computation*, 163(1): 245-251 (2005)

Öğüt, K.S., “Modelling car ownership in turkey using fuzzy regression”, *Transportation Planning and Technology*, 29:33, 233-248 (2006)

Özelkan, E.C., Duckstein, L., “Multi-objective fuzzy regression: a general framework”, *Computers & Operations Research*, 27(7-8): 635-652 (2000)

S'anchez,J.A., “Claim reserving with fuzzy regression and taylor's geometric separation method”, *Insurance Mathematics&Economics*, 40(1): 145-163 (2007)

Savic, D., Pedrycz, D., “Evaluation of fuzzy regression models”, *Fuzzy Sets and Systems* 39(1): 51-63 (1991)

Stahl,C., “A strong consistent least-squares estimator in a linear fuzzy regression model with fuzzy parameters and fuzzy dependent variables”, *Fuzzy Sets and Systems*, 157(19): 2593 – 2607 (2006)

Şen, Z., “Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri”, *Bilge Kültür Sanat Yayınevi*, 9-27, (2001)

Tanaka, H., Uejima, S., Asai, K., “Linear regression analysis with fuzzy model”, *IEEE, Trans , System Management, Sybernet*, 12(6): 903 -907 (1982)

Tran, L., Duckstein, L., “Multiobjective fuzzy regression with central tendency and possibilistic properties”, *Fuzzy Sets and Systems*, 130(1): 21-31 (2002)

Tsaur, R.C., Wang, H.F., Yang, J.C., “Fuzzy regression for seasonal time series analysis”, *International Journal Of Information Technology&Decision Making*, 165-175 (2002)

Tseng, F.M., Tzeng, G.H., “A fuzzy seasonal ARIMA model for forecasting”, *Fuzzy Sets and Systems*, 126 (3): 367-376 (2002)

Uemura, Y., “Evaluation of physical tests by fuzzy regression analysis”, *Cybernetics and Systems*, 27:43 (1996)

Wang, F. H., Tsaur, R. C., “Insight of a fuzzy regression model”, *Fuzzy Set and Systems*, 355-369 (2000)

Wang, N., Zhang, W., Mei, C., “Fuzzy nonparametric regression based on local linear smoothing technique”, *Information Sciences*, 177(18):3882-3900 (2007)

Wu, B., Tseng, N.F., “A new approach to fuzzy regression models with application to business cycle analysis”, *Fuzzy Sets and System*, 130 (1): 33-42 (2002)

Yang, M.S., Ko, C.H., “On cluster-wise fuzzy regression analysis, IEE Transaction on Systems”, *Man and Cybernetics Part B: Cybernetics*, 27(1):1 (1997)

Yang, M.S., Lin, T.S., “Fuzzy least squares regression analysis for fuzzy input-output data”, *Fuzzy Sets and Systems*, 126 (3): 389-399 (2002)

Yang, M.S., Liu, H.H., “Fuzzy least-squares algorithms for interactive fuzzy linear regression models”, *Fuzzy Sets and Systems*, 135(2): 305–316 (2003)

Zadeh, L.A., “From circuit theory to system theory proceedings of institute of radio engineering”, *Academic Press, Newyork*, 856-865 (1962)

Zadeh, L.A., “Fuzzy sets information and control”, *Academic Press, Newyork*, 8: 338-353 (1965)

Zimmerman, H.J., “Description and optimization of fuzzy systems”, *International J. General Systems*, 4 (1976)

EKLER

EK-1 MINITAB paket programı ile elde edilen sonuçlar

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Regression Analysis: C1 versus C2; C3; C4; C5

The regression equation is

$$C1 = -17,5 + 1,31 C2 - 2,55 C3 - 1,94 C4 + 2,52 C5$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-17,52	52,62	-0,33	0,742
C2	1,3080	0,3074	4,26	0,000
C3	-2,552	1,389	-1,84	0,078
C4	-1,935	1,806	-1,07	0,294
C5	2,517	5,376	0,47	0,644

S = 55,3796 R-Sq = 63,1% R-Sq(adj) = 57,2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	131362	32840	10,71	0,000
Residual Error	25	76673	3067		
Total	29	208034			

Source	DF	Seq SS
C2	1	119244
C3	1	8022
C4	1	3423
C5	1	672

Unusual Observations

Obs	C2	C1	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	210	420,0	257,6	21,2	162,4	3,17R
21	280	265,0	335,7	40,7	-70,7	-1,88 X

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

EK-2 Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen Çözüm Sonuçları

Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde $H=0.00$ için;

$MIN = 30*s_0 + 4230*s_1 + 262*s_2 + 197*s_3 + 91*s_4;$
 $c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 - s_0 - 135*s_1 - 9*s_2 - 18*s_3 - 3*s_4 \leq 174;$
 $c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 + s_0 + 135*s_1 + 9*s_2 + 18*s_3 + 3*s_4 \geq 174;$
 $c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 - s_0 - 150*s_1 - 9*s_2 - 2*s_3 - 2*s_4 \leq 200;$
 $c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 + s_0 + 150*s_1 + 9*s_2 + 2*s_3 + 2*s_4 \geq 200;$
 $c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + s_0 + 110*s_1 + 26*s_2 + 1*s_3 + 4*s_4 \geq 61;$
 $c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - s_0 - 110*s_1 - 26*s_2 - 1*s_3 - 4*s_4 \leq 61;$
 $c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 + s_0 + 120*s_1 + 13*s_2 + 8*s_3 + 5*s_4 \geq 75;$
 $c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 - s_0 - 120*s_1 - 13*s_2 - 8*s_3 - 5*s_4 \leq 75;$
 $c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 + s_0 + 140*s_1 + 9*s_2 + 2*s_3 + 1*s_4 \geq 130;$
 $c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 - s_0 - 140*s_1 - 9*s_2 - 2*s_3 - 1*s_4 \leq 130;$
 $c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 + s_0 + 120*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 5*s_4 \geq 80;$
 $c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 - s_0 - 120*s_1 - 3*s_2 - 1*s_3 - 5*s_4 \leq 80;$
 $c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + s_0 + 210*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 4*s_4 \geq 420;$
 $c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - s_0 - 210*s_1 - 3*s_2 - 1*s_3 - 4*s_4 \leq 420;$
 $c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 + s_0 + 100*s_1 + 26*s_2 + 8*s_3 + 1*s_4 \geq 66;$
 $c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 - s_0 - 100*s_1 - 26*s_2 - 8*s_3 - 1*s_4 \leq 66;$
 $c_0 + 185*c_1 + 2*c_2 + 2*c_3 + 4*c_4 + s_0 + 185*s_1 + 2*s_2 + 2*s_3 + 4*s_4 \geq 280;$
 $c_0 + 185*c_1 + 2*c_2 + 2*c_3 + 4*c_4 - s_0 - 185*s_1 - 2*s_2 - 2*s_3 - 4*s_4 \leq 280;$
 $c_0 + 115*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 4*c_4 + s_0 + 115*s_1 + 26*s_2 + 8*s_3 + 4*s_4 \geq 46.5;$
 $c_0 + 115*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 4*c_4 - s_0 - 115*s_1 - 26*s_2 - 8*s_3 - 4*s_4 \leq 46.5;$
 $c_0 + 120*c_1 + 2*c_2 + 13*c_3 + 2*c_4 + s_0 + 120*s_1 + 2*s_2 + 13*s_3 + 2*s_4 \geq 75;$
 $c_0 + 120*c_1 + 2*c_2 + 13*c_3 + 2*c_4 - s_0 - 120*s_1 - 2*s_2 - 13*s_3 - 2*s_4 \leq 75;$
 $c_0 + 117*c_1 + 9*c_2 + 13*c_3 + 1*c_4 + s_0 + 117*s_1 + 9*s_2 + 13*s_3 + 1*s_4 \geq 108;$
 $c_0 + 117*c_1 + 9*c_2 + 13*c_3 + 1*c_4 - s_0 - 117*s_1 - 9*s_2 - 13*s_3 - 1*s_4 \leq 108;$
 $c_0 + 106*c_1 + 25*c_2 + 4*c_3 + 3*c_4 + s_0 + 106*s_1 + 25*s_2 + 4*s_3 + 3*s_4 \geq 80;$
 $c_0 + 106*c_1 + 25*c_2 + 4*c_3 + 3*c_4 - s_0 - 106*s_1 - 25*s_2 - 4*s_3 - 3*s_4 \leq 80;$
 $c_0 + 100*c_1 + 9*c_2 + 13*c_3 + 1*c_4 + s_0 + 100*s_1 + 9*s_2 + 13*s_3 + 1*s_4 \geq 63;$
 $c_0 + 100*c_1 + 9*c_2 + 13*c_3 + 1*c_4 - s_0 - 100*s_1 - 9*s_2 - 13*s_3 - 1*s_4 \leq 63;$
 $c_0 + 140*c_1 + 3*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 + s_0 + 140*s_1 + 3*s_2 + 2*s_3 + 1*s_4 \geq 155;$
 $c_0 + 140*c_1 + 3*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 - s_0 - 140*s_1 - 3*s_2 - 2*s_3 - 1*s_4 \leq 155;$
 $c_0 + 140*c_1 + 25*c_2 + 1*c_3 + 7*c_4 + s_0 + 140*s_1 + 25*s_2 + 1*s_3 + 7*s_4 \geq 102;$
 $c_0 + 140*c_1 + 25*c_2 + 1*c_3 + 7*c_4 - s_0 - 140*s_1 - 25*s_2 - 1*s_3 - 7*s_4 \leq 102;$
 $c_0 + 115*c_1 + 5*c_2 + 2*c_3 + 3*c_4 + s_0 + 115*s_1 + 5*s_2 + 2*s_3 + 3*s_4 \geq 95;$
 $c_0 + 115*c_1 + 5*c_2 + 2*c_3 + 3*c_4 - s_0 - 115*s_1 - 5*s_2 - 2*s_3 - 3*s_4 \leq 95;$
 $c_0 + 180*c_1 + 3*c_2 + 8*c_3 + 3*c_4 + s_0 + 180*s_1 + 3*s_2 + 8*s_3 + 3*s_4 \geq 135;$
 $c_0 + 180*c_1 + 3*c_2 + 8*c_3 + 3*c_4 - s_0 - 180*s_1 - 3*s_2 - 8*s_3 - 3*s_4 \leq 135;$
 $c_0 + 135*c_1 + 5*c_2 + 18*c_3 + 7*c_4 + s_0 + 135*s_1 + 5*s_2 + 18*s_3 + 7*s_4 \geq 80;$
 $c_0 + 135*c_1 + 5*c_2 + 18*c_3 + 7*c_4 - s_0 - 135*s_1 - 5*s_2 - 18*s_3 - 7*s_4 \leq 80;$
 $c_0 + 100*c_1 + 3*c_2 + 23*c_3 + 3*c_4 + s_0 + 100*s_1 + 3*s_2 + 23*s_3 + 3*s_4 \geq 125;$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

c0+100*c1+3*c2+23*c3+3*c4-s0-100*s1-3*s2-23*s3-3*s4<=125;
c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4+s0+280*s1+3*s2+8*s3+4*s4>=265;
c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4-s0-280*s1-3*s2-8*s3-4*s4<=265;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4+s0+110*s1+3*s2+1*s3+1*s4>=65;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4-s0-110*s1-3*s2-1*s3-1*s4<=65;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4+s0+130*s1+9*s2+8*s3+2*s4>=135;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4-s0-130*s1-9*s2-8*s3-2*s4<=135;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4+s0+110*s1+3*s2+8*s3+2*s4>=98;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4-s0-110*s1-3*s2-8*s3-2*s4<=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4+s0+75*s1+12*s2+8*s3+1*s4>=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4-s0-75*s1-12*s2-8*s3-1*s4<=98;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4+s0+170*s1+2*s2+1*s3+2*s4>=245;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4-s0-170*s1-2*s2-1*s3-2*s4<=245;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4+s0+177*s1+5*s2+5*s3+4*s4>=160;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4-s0-177*s1-5*s2-5*s3-4*s4<=160;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4+s0+110*s1+4*s2+8*s3+1*s4>=150;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4-s0-110*s1-4*s2-8*s3-1*s4<=150;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4+s0+180*s1+3*s2+1*s3+9*s4>=275;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4-s0-180*s1-3*s2-1*s3-9*s4<=275;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4+s0+150*s1+3*s2+1*s3+2*s4>=145;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4-s0-150*s1-3*s2-1*s3-2*s4<=145;

```

```

@FREE(c0);
@FREE(c1);
@FREE(c2);
@FREE(c3);
@FREE(c4);
END

```

Global optimal solution found at step: 46
Objective value: 2690.244

Variable	Value	Reduced Cost
S0	34.88096	0.0000000
S1	0.3743513	0.0000000
S2	0.0000000	37.92156
S3	0.0000000	18.15815
S4	0.6627411	0.0000000
C0	-98.26412	0.0000000
C1	1.712308	0.0000000
C2	-2.869700	0.0000000
C3	-2.337934	0.0000000
C4	13.37021	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2690.244	1.000000
2	156.3087	0.000000
3	18.50453	0.000000
4	137.5399	0.000000
5	47.17842	0.000000
6	84.33099	0.000000
7	73.09015	0.000000
8	126.1711	0.000000
9	40.06255	0.000000
10	82.27887	0.000000
11	93.62690	0.000000
12	166.2336	0.000000
13	0.000000	5.343571
14	0.000000	-8.790816
15	232.2914	0.000000
16	0.000000	-2.858810
17	145.9577	0.000000
18	88.36529	0.000000
19	125.2085	0.000000
20	92.89874	0.000000
21	68.26591	0.000000
22	103.9493	0.000000
23	58.30793	0.000000
24	30.56844	0.000000
25	128.1172	0.000000
26	38.80730	0.000000
27	114.2935	0.000000
28	40.09524	0.000000
29	105.8624	0.000000
30	74.49708	0.000000
31	101.4087	0.000000
32	150.8993	0.000000
33	32.95934	0.000000
34	104.6571	0.000000
35	55.18206	0.000000
36	192.0017	0.000000
37	16.50310	0.000000
38	180.1151	0.000000
39	0.000000	0.6825917
40	0.000000	-2.063776
41	148.6086	0.000000
42	284.7006	0.000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen Çözüm Sonuçları

43	0.0000000	1.676722
44	104.2352	0.0000000
45	49.20945	0.0000000
46	56.41763	0.0000000
47	113.3266	0.0000000
48	68.90265	0.0000000
49	85.86752	0.0000000
50	127.2401	0.0000000
51	0.0000000	7.297115
52	66.33743	0.0000000
53	133.3549	0.0000000
54	176.0491	0.0000000
55	31.53510	0.0000000
56	0.0000000	-1.286598
57	153.4447	0.0000000
58	152.5650	0.0000000
59	63.89274	0.0000000
60	121.7346	0.0000000
61	62.98372	0.0000000

Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde H=0.50 için:

MIN = $30*s_0 + 4230*s_1 + 262*s_2 + 197*s_3 + 91*s_4$;

$c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 - 0.5*s_0 - 135*0.5*s_1 - 9*0.5*s_2 - 18*0.5*s_3 - 3*0.5*s_4 \leq 174$;

$c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 + 0.5*s_0 + 135*0.5*s_1 + 9*0.5*s_2 + 18*0.5*s_3 + 3*0.5*s_4 \geq 174$;

$c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 - 0.5*s_0 - 150*0.5*s_1 - 9*0.5*s_2 - 2*0.5*s_3 - 0.5*s_4 \leq 200$;

$c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 + 0.5*s_0 + 150*0.5*s_1 + 9*0.5*s_2 + 2*0.5*s_3 + 2*0.5*s_4 \geq 200$;

$c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + 0.5*s_0 + 110*0.5*s_1 + 26*0.5*s_2 + 1*0.5*s_3 + 4*0.5*s_4 \geq 61$;

$c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - 0.5*s_0 - 110*0.5*s_1 - 26*0.5*s_2 - 1*0.5*s_3 - 4*0.5*s_4 \leq 61$;

$c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 + 0.5*s_0 + 120*0.5*s_1 + 13*0.5*s_2 + 8*0.5*s_3 + 5*0.5*s_4 \geq 75$;

$c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 - 0.5*s_0 - 120*0.5*s_1 - 13*0.5*s_2 - 8*0.5*s_3 - 5*0.5*s_4 \leq 75$;

$c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 + 0.5*s_0 + 140*0.5*s_1 + 9*0.5*s_2 + 2*0.5*s_3 + 1*0.5*s_4 \geq 130$;

$c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 - 0.5*s_0 - 140*0.5*s_1 - 9*0.5*s_2 - 2*0.5*s_3 - 0.5*s_4 \leq 130$;

$c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 + 0.5*s_0 + 120*0.5*s_1 + 3*0.5*s_2 + 1*0.5*s_3 + 5*0.5*s_4 \geq 80$;

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

c0+120*c1+3*c2+1*c3+5*c4-0.5*s0-120*0.5*s1-3*0.5*s2-1*0.5*s3-5*0.5*s4
<=80;
c0+210*c1+3*c2+1*c3+4*c4+0.5*s0+210*0.5*s1+3*0.5*s2+1*0.5*s3+4*0.5*s4
>=420;
c0+210*c1+3*c2+1*c3+4*c4-0.5*s0-210*0.5*s1-3*0.5*s2-1*0.5*s3-4*0.5*s4<=420;
c0+100*c1+26*c2+8*c3+1*c4+0.5*s0+100*0.5*s1+26*0.5*s2+8*0.5*s3+1*0.5*s4
>=66;
c0+100*c1+26*c2+8*c3+1*c4-0.5*s0-100*0.5*s1-26*0.5*s2-8*0.5*s3-1*0.5*s4 <=
66;
c0+185*c1+2*c2+2*c3+4*c4+0.5*s0+185*0.5*s1+2*0.5*s2+2*0.5*s3+4*0.5*s4>=
280;
c0+185*c1+2*c2+2*c3+4*c4-0.5*s0-185*0.5*s1-2*0.5*s2-2*0.5*s3-4*0.5*s4<=
280;
c0+115*c1+26*c2+8*c3+4*c4+0.5*s0+115*0.5*s1+26*0.5*s2+8*0.5*s3+4*0.5*s4
>=46.5;
c0+115*c1+26*c2+8*c3+4*c4-0.5*s0-115*0.5*s1-26*0.5*s2-8*0.5*s3-4*0.5*s4<=
46.5;
c0+120*c1+2*c2+13*c3+2*c4+0.5*s0+120*0.5*s1+2*0.5*s2+13*0.5*s3+2*0.5*s4
>=75;
c0+120*c1+2*c2+13*c3+2*c4-0.5*s0-120*0.5*s1-2*0.5*s2-13*0.5*s3-2*0.5*s4
<=75;
c0+117*c1+9*c2+13*c3+1*c4+0.5*s0+117*0.5*s1+9*0.5*s2+13*0.5*s3+1*0.5*s4
>=108;
c0+117*c1+9*c2+13*c3+1*c4-0.5*s0-117*0.5*s1-9*0.5*s2-13*0.5*s3-1*0.5*s4
<=108;
c0+106*c1+25*c2+4*c3+3*c4+0.5*s0+106*0.5*s1+25*0.5*s2+4*0.5*s3+3*0.5*s4
>=80;
c0+106*c1+25*c2+4*c3+3*c4-0.5*s0-106*0.5*s1-25*0.5*s2-4*0.5*s3-3*0.5*s4
<=80;
c0+100*c1+9*c2+13*c3+1*c4+0.5*s0+100*0.5*s1+9*0.5*s2+13*0.5*s3+1*0.5*s4
>=63;
c0+100*c1+9*c2+13*c3+1*c4-0.5*s0-100*0.5*s1-9*0.5*s2-13*0.5*s3-1*0.5*s4<=
63;
c0+140*c1+3*c2+2*c3+1*c4+0.5*s0+140*0.5*s1+3*0.5*s2+2*0.5*s3+1*0.5*s4>=
155;
c0+140*c1+3*c2+2*c3+1*c4-0.5*s0-140*0.5*s1-3*0.5*s2-2*0.5*s3-1*0.5*s4<=
155;
c0+140*c1+25*c2+1*c3+7*c4+0.5*s0+140*0.5*s1+25*0.5*s2+1*0.5*s3+7*0.5*s4
>=102;
c0+140*c1+25*c2+1*c3+7*c4-0.5*s0-140*0.5*s1-25*0.5*s2-1*0.5*s3-7*0.5*s4
<=102;

```

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

$c_0 + 115 * c_1 + 5 * c_2 + 2 * c_3 + 3 * c_4 + 0.5 * s_0 + 115 * 0.5 * s_1 + 5 * 0.5 * s_2 + 2 * 0.5 * s_3 + 3 * 0.5 * s_4 \geq 95;$
 $c_0 + 115 * c_1 + 5 * c_2 + 2 * c_3 + 3 * c_4 - 0.5 * s_0 - 115 * 0.5 * s_1 - 5 * 0.5 * s_2 - 2 * 0.5 * s_3 - 3 * 0.5 * s_4 \leq 95;$
 $c_0 + 180 * c_1 + 3 * c_2 + 8 * c_3 + 3 * c_4 + 0.5 * s_0 + 180 * 0.5 * s_1 + 3 * 0.5 * s_2 + 8 * 0.5 * s_3 + 3 * 0.5 * s_4 \geq 135;$
 $c_0 + 180 * c_1 + 3 * c_2 + 8 * c_3 + 3 * c_4 - 0.5 * s_0 - 180 * 0.5 * s_1 - 3 * 0.5 * s_2 - 8 * 0.5 * s_3 - 3 * 0.5 * s_4 \leq 135;$
 $c_0 + 135 * c_1 + 5 * c_2 + 18 * c_3 + 7 * c_4 + 0.5 * s_0 + 135 * 0.5 * s_1 + 5 * 0.5 * s_2 + 18 * 0.5 * s_3 + 7 * 0.5 * s_4 \geq 80;$
 $c_0 + 135 * c_1 + 5 * c_2 + 18 * c_3 + 7 * c_4 - 0.5 * s_0 - 135 * 0.5 * s_1 - 5 * 0.5 * s_2 - 18 * 0.5 * s_3 - 7 * 0.5 * s_4 \leq 80;$
 $c_0 + 100 * c_1 + 3 * c_2 + 23 * c_3 + 3 * c_4 + 0.5 * s_0 + 100 * 0.5 * s_1 + 3 * 0.5 * s_2 + 23 * 0.5 * s_3 + 3 * 0.5 * s_4 \geq 125;$
 $c_0 + 100 * c_1 + 3 * c_2 + 23 * c_3 + 3 * c_4 - 0.5 * s_0 - 100 * 0.5 * s_1 - 3 * 0.5 * s_2 - 23 * 0.5 * s_3 - 3 * 0.5 * s_4 \leq 125;$
 $c_0 + 280 * c_1 + 3 * c_2 + 8 * c_3 + 4 * c_4 + 0.5 * s_0 + 280 * 0.5 * s_1 + 3 * 0.5 * s_2 + 8 * 0.5 * s_3 + 4 * 0.5 * s_4 \geq 265;$
 $c_0 + 280 * c_1 + 3 * c_2 + 8 * c_3 + 4 * c_4 - 0.5 * s_0 - 280 * 0.5 * s_1 - 3 * 0.5 * s_2 - 8 * 0.5 * s_3 - 4 * 0.5 * s_4 \leq 265;$
 $c_0 + 110 * c_1 + 3 * c_2 + 1 * c_3 + 1 * c_4 + 0.5 * s_0 + 110 * 0.5 * s_1 + 3 * 0.5 * s_2 + 1 * 0.5 * s_3 + 1 * 0.5 * s_4 \geq 65;$
 $c_0 + 110 * c_1 + 3 * c_2 + 1 * c_3 + 1 * c_4 - 0.5 * s_0 - 110 * 0.5 * s_1 - 3 * 0.5 * s_2 - 1 * 0.5 * s_3 - 1 * 0.5 * s_4 \leq 65;$
 $c_0 + 130 * c_1 + 9 * c_2 + 8 * c_3 + 2 * c_4 + 0.5 * s_0 + 130 * 0.5 * s_1 + 9 * 0.5 * s_2 + 8 * 0.5 * s_3 + 2 * 0.5 * s_4 \geq 135;$
 $c_0 + 130 * c_1 + 9 * c_2 + 8 * c_3 + 2 * c_4 - 0.5 * s_0 - 130 * 0.5 * s_1 - 9 * 0.5 * s_2 - 8 * 0.5 * s_3 - 2 * 0.5 * s_4 \leq 135;$
 $c_0 + 110 * c_1 + 3 * c_2 + 8 * c_3 + 2 * c_4 + 0.5 * s_0 + 110 * 0.5 * s_1 + 3 * 0.5 * s_2 + 8 * 0.5 * s_3 + 2 * 0.5 * s_4 \geq 98;$
 $c_0 + 110 * c_1 + 3 * c_2 + 8 * c_3 + 2 * c_4 - 0.5 * s_0 - 110 * 0.5 * s_1 - 3 * 0.5 * s_2 - 8 * 0.5 * s_3 - 2 * 0.5 * s_4 \leq 98;$
 $c_0 + 175 * c_1 + 12 * c_2 + 8 * c_3 + 1 * c_4 + 0.5 * s_0 + 75 * 0.5 * s_1 + 12 * 0.5 * s_2 + 8 * 0.5 * s_3 + 1 * 0.5 * s_4 \geq 98;$
 $c_0 + 175 * c_1 + 12 * c_2 + 8 * c_3 + 1 * c_4 - 0.5 * s_0 - 75 * 0.5 * s_1 - 12 * 0.5 * s_2 - 8 * 0.5 * s_3 - 1 * 0.5 * s_4 \leq 98;$
 $c_0 + 170 * c_1 + 2 * c_2 + 1 * c_3 + 2 * c_4 + 0.5 * s_0 + 170 * 0.5 * s_1 + 2 * 0.5 * s_2 + 1 * 0.5 * s_3 + 2 * 0.5 * s_4 \geq 245;$
 $c_0 + 170 * c_1 + 2 * c_2 + 1 * c_3 + 2 * c_4 - 0.5 * s_0 - 170 * 0.5 * s_1 - 2 * 0.5 * s_2 - 1 * 0.5 * s_3 - 2 * 0.5 * s_4 \leq 245;$
 $c_0 + 177 * c_1 + 5 * c_2 + 5 * c_3 + 4 * c_4 + 0.5 * s_0 + 177 * 0.5 * s_1 + 5 * 0.5 * s_2 + 5 * 0.5 * s_3 + 4 * 0.5 * s_4 \geq 160;$
 $c_0 + 177 * c_1 + 5 * c_2 + 5 * c_3 + 4 * c_4 - 0.5 * s_0 - 177 * 0.5 * s_1 - 5 * 0.5 * s_2 - 5 * 0.5 * s_3 - 4 * 0.5 * s_4 \leq 160;$
 $c_0 + 110 * c_1 + 4 * c_2 + 8 * c_3 + 1 * c_4 + 0.5 * s_0 + 110 * 0.5 * s_1 + 4 * 0.5 * s_2 + 8 * 0.5 * s_3 + 1 * 0.5 * s_4 \geq 150;$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4-0.5*s0-110*0.5*s1-4*0.5*s2-8*0.5*s3-1*0.5*s4
<=150;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4+0.5*s0+180*0.5*s1+3*0.5*s2+1*0.5*s3+9*0.5*s4
>=275;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4-0.5*s0-180*0.5*s1-3*0.5*s2-1*0.5*s3-
9*0.5*s4<=275;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4 +0.5*s0+150*0.5*s1+3*0.5*s2+1*0.5*s3+2*0.5*s4
>= 145;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4-0.5*s0-150*0.5*s1-3*0.5*s2-1*0.5*s3-2*0.5*s4<=
145;
@FREE(c0);
@FREE(c1);
@FREE(c2);
@FREE(c3);
@FREE(c4);
END

```

Global optimal solution found at step: 48
Objective value: 5380.489

Variable	Value	Reduced Cost
S0	69.76192	0.0000000
S1	0.7487026	0.0000000
S2	0.0000000	37.92156
S3	0.0000000	18.15815
S4	1.325482	0.0000000
C0	-98.26412	0.0000000
C1	1.712308	0.0000000
C2	-2.869700	0.0000000
C3	-2.337934	0.0000000
C4	13.37021	0.0000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	5380.489	1.000000
2	156.3087	0.0000000
3	18.50453	0.0000000
4	137.5399	0.0000000
5	47.17842	0.0000000
6	84.33099	0.0000000
7	73.09015	0.0000000
8	126.1711	0.0000000
9	40.06255	0.0000000
10	82.27887	0.0000000
11	93.62690	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

12	166.2336	0.0000000
13	0.0000000	10.68714
14	0.0000000	-17.58163
15	232.2914	0.0000000
16	0.0000000	-5.717619
17	145.9577	0.0000000
18	88.36529	0.0000000
19	125.2085	0.0000000
20	92.89874	0.0000000
21	68.26591	0.0000000
22	103.9493	0.0000000
23	58.30793	0.0000000
24	30.56844	0.0000000
25	128.1172	0.0000000
26	38.80730	0.0000000
27	114.2935	0.0000000
28	40.09524	0.0000000
29	105.8624	0.0000000
30	74.49708	0.0000000
31	101.4087	0.0000000
32	150.8993	0.0000000
33	32.95934	0.0000000
34	104.6571	0.0000000
35	55.18206	0.0000000
36	192.0017	0.0000000
37	16.50310	0.0000000
38	180.1151	0.0000000
39	0.0000000	1.365183
40	0.0000000	-4.127552
41	148.6086	0.0000000
42	284.7006	0.0000000
43	0.0000000	3.353444
44	104.2352	0.0000000
45	49.20945	0.0000000
46	56.41763	0.0000000
47	113.3266	0.0000000
48	68.90265	0.0000000
49	85.86752	0.0000000
50	127.2401	0.0000000
51	0.0000000	14.59423
52	66.33743	0.0000000
53	133.3549	0.0000000
54	176.0491	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

55	31.53510	0.0000000
56	0.0000000	-2.573197
57	153.4447	0.0000000
58	152.5650	0.0000000
59	63.89274	0.0000000
60	121.7346	0.0000000

Tanaka'nın bulanık regresyon analizi modelinde H=0.70 için;

$MIN = 30*s_0 + 4230*s_1 + 262*s_2 + 197*s_3 + 91*s_4;$
 $c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 - 0.3*s_0 - 135*0.3*s_1 - 9*0.3*s_2 - 18*0.3*s_3 - 3*0.3*s_4 \leq 174;$
 $c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 + 0.3*s_0 + 135*0.3*s_1 + 9*0.3*s_2 + 18*0.3*s_3 + 3*0.3*s_4 \geq 174;$
 $c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 - 0.3*s_0 - 150*0.3*s_1 - 9*0.3*s_2 - 2*0.3*s_3 - 2*0.3*s_4 \leq 200;$
 $c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 + 0.3*s_0 + 150*0.3*s_1 + 9*0.3*s_2 + 2*0.3*s_3 + 2*0.3*s_4 \geq 200;$
 $c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + 0.3*s_0 + 110*0.3*s_1 + 26*0.3*s_2 + 1*0.3*s_3 + 4*0.3*s_4 \geq 61;$
 $c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - 0.3*s_0 - 110*0.3*s_1 - 26*0.3*s_2 - 1*0.3*s_3 - 4*0.3*s_4 \leq 61;$
 $c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 + 0.3*s_0 + 120*0.3*s_1 + 13*0.3*s_2 + 8*0.3*s_3 + 5*0.3*s_4 \geq 75;$
 $c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 - 0.3*s_0 - 120*0.3*s_1 - 13*0.3*s_2 - 8*0.3*s_3 - 5*0.3*s_4 \leq 75;$
 $c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 + 0.3*s_0 + 140*0.3*s_1 + 9*0.3*s_2 + 2*0.3*s_3 + 1*0.3*s_4 \geq 130;$
 $c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 - 0.3*s_0 - 140*0.3*s_1 - 9*0.3*s_2 - 2*0.3*s_3 - 1*0.3*s_4 \leq 130;$
 $c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 + 0.3*s_0 + 120*0.3*s_1 + 3*0.3*s_2 + 1*0.3*s_3 + 5*0.3*s_4 \geq 80;$
 $c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 - 0.3*s_0 - 120*0.3*s_1 - 3*0.3*s_2 - 1*0.3*s_3 - 5*0.3*s_4 \leq 80;$
 $c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + 0.3*s_0 + 210*0.3*s_1 + 3*0.3*s_2 + 1*0.3*s_3 + 4*0.3*s_4 \geq 420;$
 $c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - 0.3*s_0 - 210*0.3*s_1 - 3*0.3*s_2 - 1*0.3*s_3 - 4*0.3*s_4 \leq 420;$
 $c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 + 0.3*s_0 + 100*0.3*s_1 + 26*0.3*s_2 + 8*0.3*s_3 + 1*0.3*s_4 \geq 66;$
 $c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 - 0.3*s_0 - 100*0.3*s_1 - 26*0.3*s_2 - 8*0.3*s_3 - 1*0.3*s_4 \leq 66;$
 $c_0 + 185*c_1 + 2*c_2 + 2*c_3 + 4*c_4 + 0.3*s_0 + 185*0.3*s_1 + 2*0.3*s_2 + 2*0.3*s_3 + 4*0.3*s_4 \geq 280;$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

$c_0 + 185c_1 + 2c_2 + 2c_3 + 4c_4 - 0.3s_0 - 185 \cdot 0.3s_1 - 2 \cdot 0.3s_2 - 2 \cdot 0.3s_3 - 4 \cdot 0.3s_4 \leq 280;$
 $c_0 + 115c_1 + 26c_2 + 8c_3 + 4c_4 + 0.3s_0 + 115 \cdot 0.3s_1 + 26 \cdot 0.3s_2 + 8 \cdot 0.3s_3 + 4 \cdot 0.3s_4 \geq 46.5;$
 $c_0 + 115c_1 + 26c_2 + 8c_3 + 4c_4 - 0.3s_0 - 115 \cdot 0.3s_1 - 26 \cdot 0.3s_2 - 8 \cdot 0.3s_3 - 4 \cdot 0.3s_4 \leq 46.5;$
 $c_0 + 120c_1 + 2c_2 + 13c_3 + 2c_4 + 0.3s_0 + 120 \cdot 0.3s_1 + 2 \cdot 0.3s_2 + 13 \cdot 0.3s_3 + 2 \cdot 0.3s_4 \geq 75;$
 $c_0 + 120c_1 + 2c_2 + 13c_3 + 2c_4 - 0.3s_0 - 120 \cdot 0.3s_1 - 2 \cdot 0.3s_2 - 13 \cdot 0.3s_3 - 2 \cdot 0.3s_4 \leq 75;$
 $c_0 + 117c_1 + 9c_2 + 13c_3 + 1c_4 + 0.3s_0 + 117 \cdot 0.3s_1 + 9 \cdot 0.3s_2 + 13 \cdot 0.3s_3 + 1 \cdot 0.3s_4 \geq 108;$
 $c_0 + 117c_1 + 9c_2 + 13c_3 + 1c_4 - 0.3s_0 - 117 \cdot 0.3s_1 - 9 \cdot 0.3s_2 - 13 \cdot 0.3s_3 - 1 \cdot 0.3s_4 \leq 108;$
 $c_0 + 106c_1 + 25c_2 + 4c_3 + 3c_4 + 0.3s_0 + 106 \cdot 0.3s_1 + 25 \cdot 0.3s_2 + 4 \cdot 0.3s_3 + 3 \cdot 0.3s_4 \geq 80;$
 $c_0 + 106c_1 + 25c_2 + 4c_3 + 3c_4 - 0.3s_0 - 106 \cdot 0.3s_1 - 25 \cdot 0.3s_2 - 4 \cdot 0.3s_3 - 3 \cdot 0.3s_4 \leq 80;$
 $c_0 + 100c_1 + 9c_2 + 13c_3 + 1c_4 + 0.3s_0 + 100 \cdot 0.3s_1 + 9 \cdot 0.3s_2 + 13 \cdot 0.3s_3 + 1 \cdot 0.3s_4 \geq 63;$
 $c_0 + 100c_1 + 9c_2 + 13c_3 + 1c_4 - 0.3s_0 - 100 \cdot 0.3s_1 - 9 \cdot 0.3s_2 - 13 \cdot 0.3s_3 - 1 \cdot 0.3s_4 \leq 63;$
 $c_0 + 140c_1 + 3c_2 + 2c_3 + 1c_4 + 0.3s_0 + 140 \cdot 0.3s_1 + 3 \cdot 0.3s_2 + 2 \cdot 0.3s_3 + 1 \cdot 0.3s_4 \geq 155;$
 $c_0 + 140c_1 + 3c_2 + 2c_3 + 1c_4 - 0.3s_0 - 140 \cdot 0.3s_1 - 3 \cdot 0.3s_2 - 2 \cdot 0.3s_3 - 1 \cdot 0.3s_4 \leq 155;$
 $c_0 + 140c_1 + 25c_2 + 1c_3 + 7c_4 + 0.3s_0 + 140 \cdot 0.3s_1 + 25 \cdot 0.3s_2 + 1 \cdot 0.3s_3 + 7 \cdot 0.3s_4 \geq 102;$
 $c_0 + 140c_1 + 25c_2 + 1c_3 + 7c_4 - 0.3s_0 - 140 \cdot 0.3s_1 - 25 \cdot 0.3s_2 - 1 \cdot 0.3s_3 - 7 \cdot 0.3s_4 \leq 102;$
 $c_0 + 115c_1 + 5c_2 + 2c_3 + 3c_4 + 0.3s_0 + 115 \cdot 0.3s_1 + 5 \cdot 0.3s_2 + 2 \cdot 0.3s_3 + 3 \cdot 0.3s_4 \geq 95;$
 $c_0 + 115c_1 + 5c_2 + 2c_3 + 3c_4 - 0.3s_0 - 115 \cdot 0.3s_1 - 5 \cdot 0.3s_2 - 2 \cdot 0.3s_3 - 3 \cdot 0.3s_4 \leq 95;$
 $c_0 + 180c_1 + 3c_2 + 8c_3 + 3c_4 + 0.3s_0 + 180 \cdot 0.3s_1 + 3 \cdot 0.3s_2 + 8 \cdot 0.3s_3 + 3 \cdot 0.3s_4 \geq 135;$
 $c_0 + 180c_1 + 3c_2 + 8c_3 + 3c_4 - 0.3s_0 - 180 \cdot 0.3s_1 - 3 \cdot 0.3s_2 - 8 \cdot 0.3s_3 - 3 \cdot 0.3s_4 \leq 135;$
 $c_0 + 135c_1 + 5c_2 + 18c_3 + 7c_4 + 0.3s_0 + 135 \cdot 0.3s_1 + 5 \cdot 0.3s_2 + 18 \cdot 0.3s_3 + 7 \cdot 0.3s_4 \geq 80;$
 $c_0 + 135c_1 + 5c_2 + 18c_3 + 7c_4 - 0.3s_0 - 135 \cdot 0.3s_1 - 5 \cdot 0.3s_2 - 18 \cdot 0.3s_3 - 7 \cdot 0.3s_4 \leq 80;$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

$$\begin{aligned}
 &c0+100*c1+3*c2+23*c3+3*c4+0.3*s0+100*0.3*s1+3*0.3*s2+23*0.3*s3+3*0.3*s4 \\
 &\geq 125; \\
 &c0+100*c1+3*c2+23*c3+3*c4-0.3*s0-100*0.3*s1-3*0.3*s2-23*0.3*s3-3*0.3*s4 \leq \\
 &125; \\
 &c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4+0.3*s0+280*0.3*s1+3*0.3*s2+8*0.3*s3+4*0.3*s4 \geq \\
 &265; \\
 &c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4-0.3*s0-280*0.3*s1-3*0.3*s2-8*0.3*s3- \\
 &4*0.3*s4 \leq 265; \\
 &c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4+0.3*s0+110*0.3*s1+3*0.3*s2+1*0.3*s3+1*0.3*s4 \geq \\
 &65; \\
 &c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4-0.3*s0-110*0.3*s1-3*0.3*s2-1*0.3*s3-1*0.3*s4 \leq 65; \\
 &c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4+0.3*s0+130*0.3*s1+9*0.3*s2+8*0.3*s3+2*0.3*s4 \geq \\
 &135; \\
 &c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4-0.3*s0-130*0.3*s1-9*0.3*s2-8*0.3*s3- \\
 &2*0.3*s4 \leq 135; \\
 &c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4+0.3*s0+110*0.3*s1+3*0.3*s2+8*0.3*s3+2*0.3*s4 \geq \\
 &98; \\
 &c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4-0.3*s0-110*0.3*s1-3*0.3*s2-8*0.3*s3-2*0.3*s4 \leq 98; \\
 &c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4+0.3*s0+75*0.3*s1+12*0.3*s2+8*0.3*s3+1*0.3*s4 \geq \\
 &98; \\
 &c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4-0.3*s0-75*0.3*s1-12*0.3*s2-8*0.3*s3- \\
 &1*0.3*s4 \leq 98; \\
 &c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4+0.3*s0+170*0.3*s1+2*0.3*s2+1*0.3*s3+2*0.3*s4 \geq \\
 &245; \\
 &c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4-0.3*s0-170*0.3*s1-2*0.3*s2-1*0.3*s3-2*0.3*s4 \\
 &\leq 245; \\
 &c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4+0.3*s0+177*0.3*s1+5*0.3*s2+5*0.3*s3+4*0.3*s4 \\
 &\geq 160; \\
 &c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4-0.3*s0-177*0.3*s1-5*0.3*s2-5*0.3*s3- \\
 &4*0.3*s4 \leq 160; \\
 &c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4+0.3*s0+110*0.3*s1+4*0.3*s2+8*0.3*s3+1*0.3*s4 \geq \\
 &150; \\
 &c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4-0.3*s0-110*0.3*s1-4*0.3*s2-8*0.3*s3-1*0.3*s4 \\
 &\leq 150; \\
 &c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4+0.3*s0+180*0.3*s1+3*0.3*s2+1*0.3*s3+9*0.3*s4 \\
 &\geq 275; \\
 &c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4-0.3*s0-180*0.3*s1-3*0.3*s2-1*0.3*s3- \\
 &9*0.3*s4 \leq 275; \\
 &c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4+0.3*s0+150*0.3*s1+3*0.3*s2+1*0.3*s3+2*0.3*s4 \\
 &\geq 145; \\
 &c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4-0.3*s0-150*0.3*s1-3*0.3*s2-1*0.3*s3-2*0.3*s4 \leq \\
 &145;
 \end{aligned}$$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```
@FREE(c0);
@FREE(c1);
@FREE(c2);
@FREE(c3);
@FREE(c4);
END
```

Global optimal solution found at step: 45
Objective value: 8967.481

Variable	Value	Reduced Cost
S0	116.2699	0.0000000
S1	1.247838	0.0000000
S2	0.0000000	37.92156
S3	0.0000000	18.15816
S4	2.209137	0.0000000
C0	-98.26412	0.0000000
C1	1.712308	0.0000000
C2	-2.869700	0.0000000
C3	-2.337934	0.0000000
C4	13.37021	0.0000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	8967.481	1.000000
2	156.3087	0.0000000
3	18.50453	0.0000000
4	137.5399	0.0000000
5	47.17842	0.0000000
6	84.33099	0.0000000
7	73.09015	0.0000000
8	126.1711	0.0000000
9	40.06255	0.0000000
10	82.27887	0.0000000
11	93.62690	0.0000000
12	166.2336	0.0000000
13	0.0000000	17.81190
14	0.0000000	-29.30272
15	232.2914	0.0000000
16	0.0000000	-9.529366
17	145.9577	0.0000000
18	88.36529	0.0000000
19	125.2085	0.0000000
20	92.89874	0.0000000
21	68.26591	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

22	103.9493	0.0000000
23	58.30793	0.0000000
24	30.56844	0.0000000
25	128.1172	0.0000000
26	38.80730	0.0000000
27	114.2935	0.0000000
28	40.09524	0.0000000
29	105.8624	0.0000000
30	74.49708	0.0000000
31	101.4087	0.0000000
32	150.8993	0.0000000
33	32.95934	0.0000000
34	104.6571	0.0000000
35	55.18206	0.0000000
36	192.0017	0.0000000
37	16.50310	0.0000000
38	180.1151	0.0000000
39	0.0000000	2.275306
40	0.0000000	-6.879252
41	148.6086	0.0000000
42	284.7006	0.0000000
43	0.0000000	5.589074
44	104.2352	0.0000000
45	49.20945	0.0000000
46	56.41763	0.0000000
47	113.3266	0.0000000
48	68.90265	0.0000000
49	85.86752	0.0000000
50	127.2401	0.0000000
51	0.0000000	24.32372
52	66.33743	0.0000000
53	133.3549	0.0000000
54	176.0491	0.0000000
55	31.53510	0.0000000
56	0.0000000	-4.288661
57	153.4447	0.0000000
58	152.5650	0.0000000
59	63.89274	0.0000000
60	121.7346	0.0000000
61	62.98372	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

Tanakanın bulanık doğrusal regresyon modelinin yeniden gözden geçirilmiş
metodunda $H=0.00$ için ;

$$\text{MIN} = 30*s_0 + 4230*s_1 + 262*s_2 + 197*s_3 + 91*s_4 + d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8 + d_9 + d_{10} + d_{11} + d_{12} + d_{13} + d_{14} + d_{15} + d_{16} + d_{17} + d_{18} + d_{19} + d_{20} + d_{21} + d_{22} + d_{23} + d_{24} + d_{25} + d_{26} + d_{27} + d_{28} + d_{29} + d_{30} ;$$

$$\begin{aligned} d_1 / (s_0 + 135*s_1 + 9*s_2 + 18*s_3 + 3*s_4) &\leq 1; \\ d_2 / (s_0 + 150*s_1 + 9*s_2 + 2*s_3 + 2*s_4) &\leq 1; \\ d_3 / (s_0 + 110*s_1 + 26*s_2 + 1*s_3 + 4*s_4) &\leq 1; \\ d_4 / (s_0 + 120*s_1 + 13*s_2 + 8*s_3 + 5*s_4) &\leq 1; \\ d_5 / (s_0 + 140*s_1 + 9*s_2 + 2*s_3 + 1*s_4) &\leq 1; \\ d_6 / (s_0 + 120*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 5*s_4) &\leq 1; \\ d_7 / (s_0 + 210*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 4*s_4) &\leq 1; \\ d_8 / (s_0 + 100*s_1 + 26*s_2 + 8*s_3 + 1*s_4) &\leq 1; \\ d_9 / (s_0 + 185*s_1 + 2*s_2 + 2*s_3 + 4*s_4) &\leq 1; \\ d_{10} / (s_0 + 115*s_1 + 26*s_2 + 8*s_3 + 4*s_4) &\leq 1; \\ d_{11} / (s_0 + 120*s_1 + 2*s_2 + 13*s_3 + 2*s_4) &\leq 1; \\ d_{12} / (s_0 + 117*s_1 + 9*s_2 + 13*s_3 + 1*s_4) &\leq 1; \\ d_{13} / (s_0 + 106*s_1 + 25*s_2 + 4*s_3 + 3*s_4) &\leq 1; \\ d_{14} / (s_0 + 100*s_1 + 9*s_2 + 13*s_3 + 1*s_4) &\leq 1; \\ d_{15} / (s_0 + 140*s_1 + 3*s_2 + 2*s_3 + 1*s_4) &\leq 1; \\ d_{16} / (s_0 + 140*s_1 + 25*s_2 + 1*s_3 + 7*s_4) &\leq 1; \\ d_{17} / (s_0 + 115*s_1 + 5*s_2 + 2*s_3 + 2*s_4) &\leq 1; \\ d_{18} / (s_0 + 180*s_1 + 3*s_2 + 8*s_3 + 3*s_4) &\leq 1; \\ d_{19} / (s_0 + 135*s_1 + 5*s_2 + 18*s_3 + 7*s_4) &\leq 1; \\ d_{20} / (s_0 + 100*s_1 + 3*s_2 + 23*s_3 + 3*s_4) &\leq 1; \\ d_{21} / (s_0 + 280*s_1 + 3*s_2 + 8*s_3 + 4*s_4) &\leq 1; \\ d_{22} / (s_0 + 110*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 1*s_4) &\leq 1; \\ d_{23} / (s_0 + 130*s_1 + 9*s_2 + 8*s_3 + 2*s_4) &\leq 1; \\ d_{24} / (s_0 + 110*s_1 + 3*s_2 + 8*s_3 + 2*s_4) &\leq 1; \\ d_{25} / (s_0 + 175*s_1 + 12*s_2 + 8*s_3 + 1*s_4) &\leq 1; \\ d_{26} / (s_0 + 170*s_1 + 2*s_2 + 1*s_3 + 2*s_4) &\leq 1; \\ d_{27} / (s_0 + 177*s_1 + 5*s_2 + 5*s_3 + 4*s_4) &\leq 1; \\ d_{28} / (s_0 + 110*s_1 + 4*s_2 + 8*s_3 + 1*s_4) &\leq 1; \\ d_{29} / (s_0 + 180*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 9*s_4) &\leq 1; \\ d_{30} / (s_0 + 150*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 2*s_4) &\leq 1; \\ d_1 &= @ABS(174 - c_0 - 135*c_1 - 9*c_2 - 18*c_3 - 3*c_4); \\ d_2 &= @ABS(200 - c_0 - 150*c_1 - 9*c_2 - 2*c_3 - 2*c_4); \\ d_3 &= @ABS(61 - c_0 - 110*c_1 - 26*c_2 - 1*c_3 - 4*c_4); \\ d_4 &= @ABS(75 - c_0 - 120*c_1 - 13*c_2 - 8*c_3 - 5*c_4); \\ d_5 &= @ABS(130 - c_0 - 140*c_1 - 9*c_2 - 2*c_3 - 1*c_4); \\ d_6 &= @ABS(80 - c_0 - 120*c_1 - 3*c_2 - 1*c_3 - 5*c_4); \\ d_7 &= @ABS(420 - c_0 - 210*c_1 - 3*c_2 - 1*c_3 - 4*c_4); \end{aligned}$$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

d8 = @ABS(66 - c0 - 100*c1 - 26*c2 - 8*c3 - 1*c4 );
d9 = @ABS(280 - c0 - 185*c1 - 2*c2 -2*c3 - 4*c4 );
d10 = @ABS(46.5 - c0 - 115*c1 - 26*c2 -8*c3 - 4*c4 );
d11 = @ABS(75 - c0 - 120*c1 - 2*c2 -13*c3 - 2*c4 );
d12 = @ABS(108 - c0 - 117*c1 - 9*c2 -13*c3 - 1*c4);
d13 = @ABS(80 - c0 - 106*c1 - 25*c2 -4*c3 - 3*c4 );
d14 = @ABS(63 - c0 - 100*c1 - 9*c2 -13*c3 - 1*c4 );
d15 = @ABS(155 - c0 - 140*c1 - 3*c2 -2*c3 - 1*c4 );
d16 = @ABS(102 - c0 - 140*c1 - 25*c2 - 1*c3 - 7*c4 );
d17 = @ABS(95 - c0 - 115*c1 - 5*c2 -2*c3 - 2*c4 );
d18 = @ABS(135 - c0 - 180*c1 - 3*c2 -8*c3 - 3*c4 );
d19 = @ABS(80 - c0 - 135*c1 - 5*c2 -18*c3 - 7*c4 );
d20 = @ABS(125 - c0 - 100*c1 - 3*c2 -23*c3 - 3*c4 );
d21 = @ABS(265 - c0 - 280*c1 - 3*c2 -8*c3 - 4*c4 );
d22 = @ABS(65 - c0 - 110*c1 - 3*c2 -1*c3 - 1*c4 );
d23 = @ABS(135 - c0 - 130*c1 - 9*c2 -8*c3 - 2*c4 );
d24 = @ABS(98 - c0 - 110*c1 - 3*c2 -8*c3 - 2*c4 );
d25 = @ABS(98 - c0 - 175*c1 - 12*c2 -8*c3 - 1*c4 );
d26 = @ABS(245 - c0 - 170*c1 - 2*c2 -1*c3 - 2*c4 );
d27 = @ABS(160 - c0 - 177*c1 - 5*c2 -5*c3 - 4*c4 );
d28 = @ABS(150 - c0 - 110*c1 - 4*c2 -8*c3 - 1*c4 );
d29 = @ABS(275 - c0 - 180*c1 - 3*c2 -1*c3 - 9*c4 );
d30 = @ABS(145 - c0 - 150*c1 - 3*c2 -1*c3 - 2*c4 );
@FREE(c0);
@FREE(c1);
@FREE(c2);
@FREE(c3);
@FREE(c4);
END

```

Local optimal solution found at step: 17

Objective value: 3933.362

Variable	Value	Reduced Cost
S0	0.0000000	7.293717
S1	0.6048311	0.0000000
S2	0.0000000	93.11384
S3	0.0000000	85.27761
S4	0.0000000	30.12496
D1	34.62764	0.0000000
D2	20.82381	0.0000000
D3	42.86020	0.0000000
D4	56.51824	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

D5	28.75372	0.0000000
D6	72.57974	0.0000000
D7	127.0145	0.0000000
D8	0.0000000	8.756885
D9	27.24248	0.0000000
D10	56.64319	0.0000000
D11	50.77665	0.0000000
D12	0.0000000	8.226491
D13	10.56412	0.0000000
D14	17.65921	0.0000000
D15	11.13556	0.0000000
D16	64.35792	0.0000000
D17	32.80755	0.0000000
D18	96.63893	0.0000000
D19	81.65220	0.0000000
D20	40.79168	0.0000000
D21	131.8068	0.0000000
D22	54.13831	0.0000000
D23	4.503334	0.0000000
D24	16.71954	0.0000000
D25	105.8454	0.0000000
D26	23.79482	0.0000000
D27	72.44673	0.0000000
D28	40.85042	0.0000000
D29	8.564736	0.0000000
D30	42.80924	0.0000000
C0	-57.17024	0.0000000
C1	1.608282	0.0000000
C2	-1.230307	0.0000000
C3	-1.251203	0.0000000
C4	4.339652	0.0000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	3933.362	1.000000
2	0.5759130	0.0000000
3	0.7704725	0.0000000
4	0.3557902	0.0000000
5	0.2212945	0.0000000
6	0.6604280	0.0000000
7	-0.1196633E-08	80.74960
8	0.0000000	1252.549
9	1.000000	0.0000000
10	0.7565326	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

11	0.1856414	0.0000000
12	0.3004019	0.0000000
13	1.000000	0.0000000
14	0.8352243	0.0000000
15	0.7080308	0.0000000
16	0.8684927	0.0000000
17	0.2399541	0.0000000
18	0.5283261	0.0000000
19	0.1123424	0.0000000
20	0.0000000	56.25998
21	0.3255692	0.0000000
22	0.2217026	0.0000000
23	0.1862747	0.0000000
24	0.9427261	0.0000000
25	0.7486971	0.0000000
26	0.0000000	1168.878
27	0.7685809	0.0000000
28	0.3232763	0.0000000
29	0.3859981	0.0000000
30	0.9213303	0.0000000
31	0.5281412	0.0000000
32	0.0000000	-1.000000
33	0.0000000	-1.000000
34	0.0000000	-1.000000
35	0.0000000	-1.000000
36	0.0000000	-1.000000
37	0.0000000	-2.112564
38	0.0000000	-10.86146
39	-0.2551888E-06	7.756885
40	0.0000000	-1.000000
41	0.0000000	-1.000000
42	0.0000000	-1.000000
43	-0.2738434E-06	7.226491
44	0.0000000	-1.000000
45	0.0000000	-1.000000
46	0.0000000	-1.000000
47	0.0000000	-1.000000
48	0.0000000	-1.000000
49	0.0000000	-1.000000
50	0.0000000	-1.689020
51	0.0000000	-1.000000
52	0.0000000	-1.000000
53	0.0000000	-1.000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

54	0.0000000	-1.0000000
55	0.0000000	-1.0000000
56	0.0000000	-12.04325
57	0.0000000	-1.0000000
58	0.0000000	-1.0000000
59	0.0000000	-1.0000000
60	0.0000000	-1.0000000
61	0.0000000	-1.0000000

Tanakanın bulanık doğrusal regresyon modelinin yeniden gözden geçirilmiş metodunda $H=0.50$ için;

$MIN = 30*s_0 + 4230*s_1 + 262*s_2 + 197*s_3 + 91*s_4 + d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8 + d_9 + d_{10} + d_{11} + d_{12} + d_{13} + d_{14} + d_{15} + d_{16} + d_{17} + d_{18} + d_{19} + d_{20} + d_{21} + d_{22} + d_{23} + d_{24} + d_{25} + d_{26} + d_{27} + d_{28} + d_{29} + d_{30}$;

$d_1 / (s_0 + 135*s_1 + 9*s_2 + 18*s_3 + 3*s_4) \leq 0.5$;

$d_2 / (s_0 + 150*s_1 + 9*s_2 + 2*s_3 + 2*s_4) \leq 0.5$;

$d_3 / (s_0 + 110*s_1 + 26*s_2 + 1*s_3 + 4*s_4) \leq 0.5$;

$d_4 / (s_0 + 120*s_1 + 13*s_2 + 8*s_3 + 5*s_4) \leq 0.5$;

$d_5 / (s_0 + 140*s_1 + 9*s_2 + 2*s_3 + 1*s_4) \leq 0.5$;

$d_6 / (s_0 + 120*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 5*s_4) \leq 0.5$;

$d_7 / (s_0 + 210*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 4*s_4) \leq 0.5$;

$d_8 / (s_0 + 100*s_1 + 26*s_2 + 8*s_3 + 1*s_4) \leq 0.5$;

$d_9 / (s_0 + 185*s_1 + 2*s_2 + 2*s_3 + 4*s_4) \leq 0.5$;

$d_{10} / (s_0 + 115*s_1 + 26*s_2 + 8*s_3 + 4*s_4) \leq 0.5$;

$d_{11} / (s_0 + 120*s_1 + 2*s_2 + 13*s_3 + 2*s_4) \leq 0.5$;

$d_{12} / (s_0 + 117*s_1 + 9*s_2 + 13*s_3 + 1*s_4) \leq 0.5$;

$d_{13} / (s_0 + 106*s_1 + 25*s_2 + 4*s_3 + 3*s_4) \leq 0.5$;

$d_{14} / (s_0 + 100*s_1 + 9*s_2 + 13*s_3 + 1*s_4) \leq 0.5$;

$d_{15} / (s_0 + 140*s_1 + 3*s_2 + 2*s_3 + 1*s_4) \leq 0.5$;

$d_{16} / (s_0 + 140*s_1 + 25*s_2 + 1*s_3 + 7*s_4) \leq 0.5$;

$d_{17} / (s_0 + 115*s_1 + 5*s_2 + 2*s_3 + 2*s_4) \leq 0.5$;

$d_{18} / (s_0 + 180*s_1 + 3*s_2 + 8*s_3 + 3*s_4) \leq 0.5$;

$d_{19} / (s_0 + 135*s_1 + 5*s_2 + 18*s_3 + 7*s_4) \leq 0.5$;

$d_{20} / (s_0 + 100*s_1 + 3*s_2 + 23*s_3 + 3*s_4) \leq 0.5$;

$d_{21} / (s_0 + 280*s_1 + 3*s_2 + 8*s_3 + 4*s_4) \leq 0.5$;

$d_{22} / (s_0 + 110*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 1*s_4) \leq 0.5$;

$d_{23} / (s_0 + 130*s_1 + 9*s_2 + 8*s_3 + 2*s_4) \leq 0.5$;

$d_{24} / (s_0 + 110*s_1 + 3*s_2 + 8*s_3 + 2*s_4) \leq 0.5$;

$d_{25} / (s_0 + 175*s_1 + 12*s_2 + 8*s_3 + 1*s_4) \leq 0.5$;

$d_{26} / (s_0 + 170*s_1 + 2*s_2 + 1*s_3 + 2*s_4) \leq 0.5$;

$d_{27} / (s_0 + 177*s_1 + 5*s_2 + 5*s_3 + 4*s_4) \leq 0.5$;

$d_{28} / (s_0 + 110*s_1 + 4*s_2 + 8*s_3 + 1*s_4) \leq 0.5$;

$d_{29} / (s_0 + 180*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 9*s_4) \leq 0.5$;

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

d30 / (s0 + 150*s1 + 3*s2 + 1*s3 + 2*s4) <=0.5;
d1 = @ABS(174 - c0 - 135*c1 - 9*c2 -18*c3 - 3*c4 );
d2 = @ABS(200 - c0 - 150*c1 - 9*c2 -2*c3 - 2*c4 );
d3 = @ABS(61 - c0 - 110*c1 - 26*c2 -1*c3 - 4*c4 );
d4 = @ABS(75 - c0 - 120*c1 - 13*c2 -8*c3 - 5*c4 );
d5 = @ABS(130 - c0 - 140*c1 - 9*c2 -2*c3 - 1*c4 );
d6 = @ABS(80 - c0 - 120*c1 - 3*c2 -1*c3 - 5*c4 );
d7 = @ABS(420 - c0 - 210*c1 - 3*c2 -1*c3 - 4*c4 );
d8 = @ABS(66 - c0 - 100*c1 - 26*c2 - 8*c3 - 1*c4 );
d9 = @ABS(280 - c0 - 185*c1 - 2*c2 -2*c3 - 4*c4 );
d10 = @ABS(46.5 - c0 - 115*c1 - 26*c2 -8*c3 - 4*c4 );
d11 = @ABS(75 - c0 - 120*c1 - 2*c2 -13*c3 - 2*c4 );
d12 = @ABS(108 - c0 - 117*c1 - 9*c2 -13*c3 - 1*c4 );
d13 = @ABS(80 - c0 - 106*c1 - 25*c2 -4*c3 - 3*c4 );
d14 = @ABS(63 - c0 - 100*c1 - 9*c2 -13*c3 - 1*c4 );
d15 = @ABS(155 - c0 - 140*c1 - 3*c2 -2*c3 - 1*c4 );
d16 = @ABS(102 - c0 - 140*c1 - 25*c2 - 1*c3 - 7*c4 );
d17 = @ABS(95 - c0 - 115*c1 - 5*c2 -2*c3 - 2*c4 );
d18 = @ABS(135 - c0 - 180*c1 - 3*c2 -8*c3 - 3*c4 );
d19 = @ABS(80 - c0 - 135*c1 - 5*c2 -18*c3 - 7*c4 );
d20 = @ABS(125 - c0 - 100*c1 - 3*c2 -23*c3 - 3*c4 );
d21 = @ABS(265 - c0 - 280*c1 - 3*c2 -8*c3 - 4*c4 );
d22 = @ABS(65 - c0 - 110*c1 - 3*c2 -1*c3 - 1*c4 );
d23 = @ABS(135 - c0 - 130*c1 - 9*c2 -8*c3 - 2*c4 );
d24 = @ABS(98 - c0 - 110*c1 - 3*c2 -8*c3 - 2*c4 );
d25 = @ABS(98 - c0 - 175*c1 - 12*c2 -8*c3 - 1*c4 );
d26 = @ABS(245 - c0 - 170*c1 - 2*c2 -1*c3 - 2*c4 );
d27 = @ABS(160 - c0 - 177*c1 - 5*c2 -5*c3 - 4*c4 );
d28 = @ABS(150 - c0 - 110*c1 - 4*c2 -8*c3 - 1*c4 );
d29 = @ABS(275 - c0 - 180*c1 - 3*c2 -1*c3 - 9*c4 );
d30 = @ABS(145 - c0 - 150*c1 - 3*c2 -1*c3 - 2*c4 );
@FREE(c0);
@FREE(c1);
@FREE(c2);
@FREE(c3);
@FREE(c4);
END

```

Local optimal solution found at step: 70

Objective value: 6219.917

Variable	Value	Reduced Cost
S0	0.0000000	7.120355
S1	1.162467	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

S2	0.0000000	145.0931
S3	0.0000000	89.82529
S4	0.0000000	22.26685
D1	39.40130	0.0000000
D2	24.41375	0.0000000
D3	4.283718	0.0000000
D4	34.45696	0.0000000
D5	27.94584	0.0000000
D6	69.74691	0.0000000
D7	122.0591	0.0000000
D8	36.54964	0.0000000
D9	21.31292	0.0000000
D10	10.99642	0.0000000
D11	61.97685	0.0000000
D12	0.0000000	18.55641
D13	30.91548	0.0000000
D14	16.80815	0.0000000
D15	22.61286	0.0000000
D16	10.91534	0.0000000
D17	35.65554	0.0000000
D18	104.6221	0.0000000
D19	71.93790	0.0000000
D20	34.14175	0.0000000
D21	141.5135	0.0000000
D22	63.93561	0.0000000
D23	0.9808598	0.0000000
D24	24.48099	0.0000000
D25	101.7159	0.0000000
D26	12.22893	0.0000000
D27	72.36757	0.0000000
D28	31.85381	0.0000000
D29	21.52458	0.0000000
D30	51.32635	0.0000000
C0	-43.63264	0.0000000
C1	1.658344	0.0000000
C2	-3.277836	0.0000000
C3	-1.073084	0.0000000
C4	1.056963	0.0000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	6219.917	1.000000
2	0.2489293	0.0000000
3	0.3599889	0.0000000
4	0.4664998	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

5	0.2529897	0.0000000
6	0.3282849	0.0000000
7	0.8099635E-05	420.9265
8	0.2282611E-08	4306.334
9	0.1855857	0.0000000
10	0.4008962	0.0000000
11	0.4177431	0.0000000
12	0.5570903E-01	0.0000000
13	0.5000000	0.0000000
14	0.2491066	0.0000000
15	0.3554097	0.0000000
16	0.3610538	0.0000000
17	0.4329300	0.0000000
18	0.2332844	0.0000000
19	0.0000000	2795.102
20	0.4160144E-01	0.0000000
21	0.2062992	0.0000000
22	0.6523060E-01	0.0000000
23	0.6999686E-06	130.0661
24	0.4935094	0.0000000
25	0.3085500	0.0000000
26	0.0000000	2182.053
27	0.4381188	0.0000000
28	0.1482858	0.0000000
29	0.2508918	0.0000000
30	0.3971317	0.0000000
31	0.2056471	0.0000000
32	0.0000000	-1.000000
33	0.0000000	-1.000000
34	0.0000000	-1.000000
35	0.0000000	-1.000000
36	0.0000000	-1.000000
37	0.0000000	-4.017479
38	-0.1669051E-08	-18.64037
39	0.0000000	-1.000000
40	0.0000000	-1.000000
41	0.0000000	-1.000000
42	0.0000000	-1.000000
43	-0.9671258E-08	17.55641
44	0.0000000	-1.000000
45	0.0000000	-1.000000
46	0.0000000	-1.000000
47	0.0000000	-1.000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen Çözüm Sonuçları

48	0.0000000	-1.0000000
49	0.0000000	-14.35809
50	-0.1335337E-08	-1.0000000
51	0.0000000	-1.0000000
52	-0.1636721E-08	-1.0000000
53	0.0000000	-2.017163
54	0.0000000	-1.0000000
55	0.0000000	-1.0000000
56	0.0000000	-11.72621
57	0.0000000	-1.0000000
58	-0.1096282E-08	-1.0000000
59	0.0000000	-1.0000000
60	0.0000000	-1.0000000

Tanakanın bulanık doğrusal regresyon modelinin yeniden gözden geçirilmiş metodunda H=0.70 için;

MIN = 30*s0 + 4230*s1 + 262*s2 + 197*s3 + 91*s4 + d1 + d2 + d3 + d4 + d5 + d6 + d7 + d8 + d9 + d10 + d11 + d12 + d13 + d14 + d15 + d16 + d17 + d18 + d19 + d20 + d21 + d22 + d23 + d24 + d25 + d26 + d27 + d28 + d29 + d30 ;

d1 / (s0 + 135*s1 + 9*s2 + 18*s3 + 3*s4) <=0.3;

d2 / (s0 + 150*s1 + 9*s2 + 2*s3 + 2*s4) <=0.3;

d3 / (s0 + 110*s1 + 26*s2 + 1*s3 + 4*s4) <=0.3;

d4 / (s0 + 120*s1 + 13*s2 + 8*s3 + 5*s4) <=0.3;

d5 / (s0 + 140*s1 + 9*s2 + 2*s3 + 1*s4) <=0.3;

d6 / (s0 + 120*s1 + 3*s2 + 1*s3 + 5*s4) <=0.3;

d7 / (s0 + 210*s1 + 3*s2 + 1*s3 + 4*s4) <=0.3;

d8 / (s0 + 100*s1 + 26*s2 + 8*s3 + 1*s4) <=0.3;

d9 / (s0 + 185*s1 + 2*s2 + 2*s3 + 4*s4) <=0.3;

d10 / (s0 + 115*s1 + 26*s2 + 8*s3 + 4*s4) <=0.3;

d11 / (s0 + 120*s1 + 2*s2 + 13*s3 + 2*s4) <=0.3;

d12 / (s0 + 117*s1 + 9*s2 + 13*s3 + 1*s4) <=0.3;

d13 / (s0 + 106*s1 + 25*s2 + 4*s3 + 3*s4) <=0.3;

d14 / (s0 + 100*s1 + 9*s2 + 13*s3 + 1*s4) <=0.3;

d15 / (s0 + 140*s1 + 3*s2 + 2*s3 + 1*s4) <=0.3;

d16 / (s0 + 140*s1 + 25*s2 + 1*s3 + 7*s4) <=0.3;

d17 / (s0 + 115*s1 + 5*s2 + 2*s3 + 2*s4) <=0.3;

d18 / (s0 + 180*s1 + 3*s2 + 8*s3 + 3*s4) <=0.3;

d19 / (s0 + 135*s1 + 5*s2 + 18*s3 + 7*s4) <=0.3;

d20 / (s0 + 100*s1 + 3*s2 + 23*s3 + 3*s4) <=0.3;

d21 / (s0 + 280*s1 + 3*s2 + 8*s3 + 4*s4) <=0.3;

d22 / (s0 + 110*s1 + 3*s2 + 1*s3 + 1*s4) <=0.3;

d23 / (s0 + 130*s1 + 9*s2 + 8*s3 + 2*s4) <=0.3;

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

d24 / (s0 + 110*s1 + 3*s2 + 8*s3 + 2*s4 ) <=0.3;
d25 / (s0 + 175*s1 + 12*s2 + 8*s3 + 1*s4) <=0.3;
d26 / (s0 + 170*s1 + 2*s2 + 1*s3 + 2*s4) <=0.3;
d27 / (s0 + 177*s1 + 5*s2 + 5*s3 + 4*s4) <=0.3;
d28 / (s0 + 110*s1 + 4*s2 + 8*s3 + 1*s4) <=0.3;
d29 / (s0 + 180*s1 + 3*s2 + 1*s3 + 9*s4) <=0.3;
d30 / (s0 + 150*s1 + 3*s2 + 1*s3 + 2*s4) <=0.3;
d1 = @ABS(174 - c0 - 135*c1 - 9*c2 -18*c3 - 3*c4 );
d2 = @ABS(200 - c0 - 150*c1 - 9*c2 -2*c3 - 2*c4 );
d3 = @ABS(61 - c0 - 110*c1 - 26*c2 -1*c3 - 4*c4 );
d4 = @ABS(75 - c0 - 120*c1 - 13*c2 -8*c3 - 5*c4 );
d5 = @ABS(130 - c0 - 140*c1 - 9*c2 -2*c3 - 1*c4 );
d6 = @ABS(80 - c0 - 120*c1 - 3*c2 -1*c3 - 5*c4 );
d7 = @ABS(420 - c0 - 210*c1 - 3*c2 -1*c3 - 4*c4 );
d8 = @ABS(66 - c0 - 100*c1 - 26*c2 - 8*c3 - 1*c4 );
d9 = @ABS(280 - c0 - 185*c1 - 2*c2 -2*c3 - 4*c4 );
d10 = @ABS(46.5 - c0 - 115*c1 - 26*c2 -8*c3 - 4*c4 );
d11 = @ABS(75 - c0 - 120*c1 - 2*c2 -13*c3 - 2*c4 );
d12 = @ABS(108 - c0 - 117*c1 - 9*c2 -13*c3 - 1*c4);
d13 = @ABS(80 - c0 - 106*c1 - 25*c2 -4*c3 - 3*c4 );
d14 = @ABS(63 - c0 - 100*c1 - 9*c2 -13*c3 - 1*c4 );
d15 = @ABS(155 - c0 - 140*c1 - 3*c2 -2*c3 - 1*c4 );
d16 = @ABS(102 - c0 - 140*c1 - 25*c2 - 1*c3 - 7*c4 );
d17 = @ABS(95 - c0 - 115*c1 - 5*c2 -2*c3 - 2*c4 );
d18 = @ABS(135 - c0 - 180*c1 - 3*c2 -8*c3 - 3*c4 );
d19 = @ABS(80 - c0 - 135*c1 - 5*c2 -18*c3 - 7*c4 );
d20= @ABS(125 - c0 - 100*c1 - 3*c2 -23*c3 - 3*c4 );
d21 = @ABS(265 - c0 - 280*c1 - 3*c2 -8*c3 - 4*c4 );
d22 = @ABS(65 - c0 - 110*c1 - 3*c2 -1*c3 - 1*c4 );
d23 = @ABS(135 - c0 - 130*c1 - 9*c2 -8*c3 - 2*c4 );
d24 = @ABS(98 - c0 - 110*c1 - 3*c2 -8*c3 - 2*c4 );
d25 = @ABS(98 - c0 - 175*c1 - 12*c2 -8*c3 - 1*c4 );
d26 = @ABS(245 - c0 - 170*c1 - 2*c2 -1*c3 - 2*c4 );
d27 = @ABS(160 - c0 - 177*c1 - 5*c2 -5*c3 - 4*c4 );
d28 = @ABS(150 - c0 - 110*c1 - 4*c2 -8*c3 - 1*c4 );
d29 = @ABS(275 - c0 - 180*c1 - 3*c2 -1*c3 - 9*c4 );
d30 = @ABS(145 - c0 - 150*c1 - 3*c2 -1*c3 - 2*c4 );
@FREE(c0);
@FREE(c1);
@FREE(c2);
@FREE(c3);
@FREE(c4);
END

```

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

Local optimal solution found at step: 63

Objective value: 9502.234

Variable	Value	Reduced Cost
S0	0.0000000	6.722043
S1	1.939588	0.0000000
S2	0.0000000	133.9627
S3	0.0000000	90.53010
S4	0.0000000	19.71229
D1	36.10617	0.0000000
D2	25.51587	0.0000000
D3	0.0000000	3.835945
D4	38.38329	0.0000000
D5	25.73609	0.0000000
D6	69.82737	0.0000000
D7	122.1940	0.0000000
D8	33.87358	0.0000000
D9	21.68232	0.0000000
D10	16.86153	0.0000000
D11	61.40566	0.0000000
D12	0.0000000	27.86895
D13	27.25814	0.0000000
D14	16.65647	0.0000000
D15	19.01766	0.0000000
D16	18.29103	0.0000000
D17	33.31752	0.0000000
D18	104.7378	0.0000000
D19	78.38303	0.0000000
D20	31.44664	0.0000000
D21	143.5398	0.0000000
D22	59.85321	0.0000000
D23	1.017547	0.0000000
D24	22.95379	0.0000000
D25	101.8284	0.0000000
D26	14.98851	0.0000000
D27	73.27814	0.0000000
D28	34.16851	0.0000000
D29	16.83517	0.0000000
D30	48.61923	0.0000000
C0	-50.62712	0.0000000
C1	1.667266	0.0000000
C2	-3.046927	0.0000000
C3	-0.8535426	0.0000000
C4	2.075373	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	9502.234	1.000000
2	0.1621083	0.0000000
3	0.2122980	0.0000000
4	0.3000000	0.0000000
5	0.1350883	0.0000000
6	0.2052225	0.0000000
7	-0.9437378E-05	2323.138
8	0.0000000	11403.35
9	0.1253568	0.0000000
10	0.2395739	0.0000000
11	0.2244056	0.0000000
12	0.3617394E-01	0.0000000
13	0.3000000	0.0000000
14	0.1674191	0.0000000
15	0.2141237	0.0000000
16	0.2299643	0.0000000
17	0.2326402	0.0000000
18	0.1506293	0.0000000
19	-0.1197936E-06	6304.649
20	0.6503427E-03	0.0000000
21	0.1378695	0.0000000
22	0.3569536E-01	0.0000000
23	0.1946615E-01	0.0000000
24	0.2959645	0.0000000
25	0.1924149	0.0000000
26	0.0000000	7316.980
27	0.2545431	0.0000000
28	0.8655220E-01	0.0000000
29	0.1398511	0.0000000
30	0.2517791	0.0000000
31	0.1328881	0.0000000
32	0.0000000	-1.000000
33	0.0000000	-1.000000
34	0.0000000	2.835945
35	0.0000000	-1.000000
36	0.0000000	-1.000000
37	0.0000000	-10.98124
38	-0.1149900E-08	-28.99650
39	0.0000000	-1.000000
40	0.0000000	-1.000000
41	0.0000000	-1.000000
42	0.0000000	-1.000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen Çözüm Sonuçları

43	-0.9889043E-08	26.86895
44	0.0000000	-1.000000
45	0.0000000	-1.000000
46	0.0000000	-1.000000
47	0.0000000	-1.000000
48	0.0000000	-1.000000
49	0.0000000	-19.05839
50	0.0000000	-1.000000
51	0.0000000	-1.000000
52	0.0000000	-1.000000
53	0.0000000	-1.000000
54	0.0000000	-1.000000
55	0.0000000	-1.000000
56	0.0000000	-22.55680
57	0.0000000	-1.000000
58	0.0000000	-1.000000
59	0.0000000	-1.000000
60	0.0000000	-1.000000
61	0.0000000	-1.000000

Minimum bulanıklık kriterini kullanan bulanık en küçük kareler regresyonunda $H=0.00$ için ;

$MIN = 30*s_0 + 4230*s_1 + 262*s_2 + 197*s_3 + 91*s_4;$
 $c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 - s_0 - 135*s_1 - 9*s_2 - 18*s_3 - 3*s_4 \leq 174;$
 $c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 + s_0 + 135*s_1 + 9*s_2 + 18*s_3 + 3*s_4 \geq 174;$
 $c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 - s_0 - 150*s_1 - 9*s_2 - 2*s_3 - 2*s_4 \leq 200;$
 $c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 + s_0 + 150*s_1 + 9*s_2 + 2*s_3 + 2*s_4 \geq 200;$
 $c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + s_0 + 110*s_1 + 26*s_2 + 1*s_3 + 4*s_4 \geq 61;$
 $c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - s_0 - 110*s_1 - 26*s_2 - 1*s_3 - 4*s_4 \leq 61;$
 $c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 + s_0 + 120*s_1 + 13*s_2 + 8*s_3 + 5*s_4 \geq 75;$
 $c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 - s_0 - 120*s_1 - 13*s_2 - 8*s_3 - 5*s_4 \leq 75;$
 $c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 + s_0 + 140*s_1 + 9*s_2 + 2*s_3 + 1*s_4 \geq 130;$
 $c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 - s_0 - 140*s_1 - 9*s_2 - 2*s_3 - 1*s_4 \leq 130;$
 $c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 + s_0 + 120*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 5*s_4 \geq 80;$
 $c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 - s_0 - 120*s_1 - 3*s_2 - 1*s_3 - 5*s_4 \leq 80;$
 $c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + s_0 + 210*s_1 + 3*s_2 + 1*s_3 + 4*s_4 \geq 420;$
 $c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - s_0 - 210*s_1 - 3*s_2 - 1*s_3 - 4*s_4 \leq 420;$
 $c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 + s_0 + 100*s_1 + 26*s_2 + 8*s_3 + 1*s_4 \geq 66;$
 $c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 - s_0 - 100*s_1 - 26*s_2 - 8*s_3 - 1*s_4 \leq 66;$
 $c_0 + 185*c_1 + 2*c_2 + 2*c_3 + 4*c_4 + s_0 + 185*s_1 + 2*s_2 + 2*s_3 + 4*s_4 \geq 280;$
 $c_0 + 185*c_1 + 2*c_2 + 2*c_3 + 4*c_4 - s_0 - 185*s_1 - 2*s_2 - 2*s_3 - 4*s_4 \leq 280;$
 $c_0 + 115*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 4*c_4 + s_0 + 115*s_1 + 26*s_2 + 8*s_3 + 4*s_4 \geq 46.5;$
 $c_0 + 115*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 4*c_4 - s_0 - 115*s_1 - 26*s_2 - 8*s_3 - 4*s_4 \leq 46.5;$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

c0+120*c1+2*c2+13*c3+2*c4+s0+120*s1+2*s2+13*s3+2*s4 >=75;
c0+120*c1+2*c2+13*c3+2*c4-s0-120*s1-2*s2-13*s3-2*s4 <=75;
c0+117*c1+9*c2+13*c3+1*c4+s0+117*s1+9*s2+13*s3+1*s4 >=108;
c0+117*c1+9*c2+13*c3+1*c4-s0-117*s1-9*s2-13*s3-1*s4 <=108;
c0+106*c1+25*c2+4*c3+3*c4+s0+106*s1+25*s2+4*s3+3*s4 >=80;
c0+106*c1+25*c2+4*c3+3*c4-s0-106*s1-25*s2-4*s3-3*s4 <=80;
c0+100*c1+9*c2+13*c3+1*c4+s0+100*s1+9*s2+13*s3+1*s4 >=63;
c0+100*c1+9*c2+13*c3+1*c4-s0-100*s1-9*s2-13*s3-1*s4 <=63;
c0+140*c1+3*c2+2*c3+1*c4+s0+140*s1+3*s2+2*s3+1*s4 >=155;
c0+140*c1+3*c2+2*c3+1*c4-s0-140*s1-3*s2-2*s3-1*s4 <=155;
c0+140*c1+25*c2+1*c3+7*c4+s0+140*s1+25*s2+1*s3+7*s4 >=102;
c0+140*c1+25*c2+1*c3+7*c4-s0-140*s1-25*s2-1*s3-7*s4 <=102;
c0+115*c1+5*c2+2*c3+3*c4+s0+115*s1+5*s2+2*s3+3*s4 >=95;
c0+115*c1+5*c2+2*c3+3*c4-s0-115*s1-5*s2-2*s3-3*s4 <=95;
c0+180*c1+3*c2+8*c3+3*c4+s0+180*s1+3*s2+8*s3+3*s4 >=135;
c0+180*c1+3*c2+8*c3+3*c4-s0-180*s1-3*s2-8*s3-3*s4 <=135;
c0+135*c1+5*c2+18*c3+7*c4+s0+135*s1+5*s2+18*s3+7*s4 >=80;
c0+135*c1+5*c2+18*c3+7*c4-s0-135*s1-5*s2-18*s3-7*s4 <=80;
c0+100*c1+3*c2+23*c3+3*c4+s0+100*s1+3*s2+23*s3+3*s4 >=125;
c0+100*c1+3*c2+23*c3+3*c4-s0-100*s1-3*s2-23*s3-3*s4 <=125;
c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4+s0+280*s1+3*s2+8*s3+4*s4 >=265;
c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4-s0-280*s1-3*s2-8*s3-4*s4 <=265;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4+s0+110*s1+3*s2+1*s3+1*s4 >=65;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4-s0-110*s1-3*s2-1*s3-1*s4 <=65;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4+s0+130*s1+9*s2+8*s3+2*s4 >=135;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4-s0-130*s1-9*s2-8*s3-2*s4 <=135;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4+s0+110*s1+3*s2+8*s3+2*s4 >=98;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4-s0-110*s1-3*s2-8*s3-2*s4 <=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4+s0+75*s1+12*s2+8*s3+1*s4 >=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4-s0-75*s1-12*s2-8*s3-1*s4 <=98;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4+s0+170*s1+2*s2+1*s3+2*s4 >=245;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4-s0-170*s1-2*s2-1*s3-2*s4 <=245;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4+s0+177*s1+5*s2+5*s3+4*s4 >=160;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4-s0-177*s1-5*s2-5*s3-4*s4 <=160;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4+s0+110*s1+4*s2+8*s3+1*s4 >=150;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4-s0-110*s1-4*s2-8*s3-1*s4 <=150;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4+s0+180*s1+3*s2+1*s3+9*s4 >=275;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4-s0-180*s1-3*s2-1*s3-9*s4 <=275;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4+s0+150*s1+3*s2+1*s3+2*s4 >= 145;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4-s0-150*s1-3*s2-1*s3-2*s4 <= 145;
c0=(-17.5);
c1=(1.31);
c2=(-2.55);

```


EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

c3=(-1.94);

c4=(2.52);

END

Global optimal solution found at step: 80

Objective value: 3450.313

Variable	Value	Reduced Cost
S0	19.17222	0.0000000
S1	0.6797037	0.0000000
S2	0.0000000	34.00000
S3	0.0000000	59.66667
S4	0.0000000	17.00000
C0	-17.50000	0.0000000
C1	1.310000	0.0000000
C2	-2.550000	0.0000000
C3	-1.940000	0.0000000
C4	2.520000	0.0000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	3450.313	-1.000000
2	175.8922	0.0000000
3	45.97222	0.0000000
4	163.9178	0.0000000
5	78.33778	0.0000000
6	101.3796	0.0000000
7	86.49963	0.0000000
8	129.3667	0.0000000
9	72.10667	0.0000000
10	125.9207	0.0000000
11	102.7407	0.0000000
12	163.4467	0.0000000
13	38.02667	0.0000000
14	0.0000000	-14.66667
15	323.8200	0.0000000
16	55.34259	0.0000000
17	118.9426	0.0000000
18	90.86741	0.0000000
19	198.9674	0.0000000
20	112.2481	0.0000000
21	82.42815	0.0000000
22	140.1567	0.0000000
23	61.31667	0.0000000
24	80.81756	0.0000000
25	116.5776	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

26	68.63081	0.0000000
27	113.8108	0.0000000
28	91.99259	0.0000000
29	82.29259	0.0000000
30	116.2207	0.0000000
31	112.4407	0.0000000
32	130.1807	0.0000000
33	98.48074	0.0000000
34	126.4181	0.0000000
35	68.25815	0.0000000
36	209.2089	0.0000000
37	73.82889	0.0000000
38	160.2522	0.0000000
39	61.61222	0.0000000
40	30.93259	0.0000000
41	143.3526	0.0000000
42	280.6993	0.0000000
43	138.2793	0.0000000
44	148.4696	0.0000000
45	39.40963	0.0000000
46	91.90370	0.0000000
47	123.1637	0.0000000
48	104.4096	0.0000000
49	83.46963	0.0000000
50	140.3000	0.0000000
51	0.0000000	15.33333
52	92.92185	0.0000000
53	176.5219	0.0000000
54	181.4798	0.0000000
55	97.47978	0.0000000
56	47.33963	0.0000000
57	140.5396	0.0000000
58	97.90889	0.0000000
59	185.1289	0.0000000
60	150.5778	0.0000000
61	91.67778	0.0000000
62	0.0000000	-0.6666660
63	0.0000000	396.6668
64	0.0000000	-140.0000
65	0.0000000	-108.0000
66	0.0000000	43.33333

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

Minimum bulanıklık kriterini kullanan bulanık en küçük kareler regresyonunda
H=0.50 için ;

$$\text{MIN} = 30*s_0 + 4230*s_1 + 262*s_2 + 197*s_3 + 91*s_4;$$

$$\begin{aligned} &c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 - 0.5*s_0 - 135*0.5*s_1 - 9*0.5*s_2 - 18*0.5*s_3 - 3*0.5*s_4 \leq 174; \\ &c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 + 0.5*s_0 + 135*0.5*s_1 + 9*0.5*s_2 + 18*0.5*s_3 + 3*0.5*s_4 \geq 174; \\ &c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 - 0.5*s_0 - 150*0.5*s_1 - 9*0.5*s_2 - 2*0.5*s_3 - 2*0.5*s_4 \leq 200; \\ &c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 + 0.5*s_0 + 150*0.5*s_1 + 9*0.5*s_2 + 2*0.5*s_3 + 2*0.5*s_4 \geq 200; \\ &c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + 0.5*s_0 + 110*0.5*s_1 + 26*0.5*s_2 + 1*0.5*s_3 + 4*0.5*s_4 \geq 61; \\ &c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - 0.5*s_0 - 110*0.5*s_1 - 26*0.5*s_2 - 1*0.5*s_3 - 4*0.5*s_4 \leq 61; \\ &c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 + 0.5*s_0 + 120*0.5*s_1 + 13*0.5*s_2 + 8*0.5*s_3 + 5*0.5*s_4 \geq 75; \\ &c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 - 0.5*s_0 - 120*0.5*s_1 - 13*0.5*s_2 - 8*0.5*s_3 - 5*0.5*s_4 \leq 75; \\ &c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 + 0.5*s_0 + 140*0.5*s_1 + 9*0.5*s_2 + 2*0.5*s_3 + 1*0.5*s_4 \geq 130; \\ &c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 - 0.5*s_0 - 140*0.5*s_1 - 9*0.5*s_2 - 2*0.5*s_3 - 1*0.5*s_4 \leq 130; \\ &c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 + 0.5*s_0 + 120*0.5*s_1 + 3*0.5*s_2 + 1*0.5*s_3 + 5*0.5*s_4 \geq 80; \\ &c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 - 0.5*s_0 - 120*0.5*s_1 - 3*0.5*s_2 - 1*0.5*s_3 - 5*0.5*s_4 \leq 80; \\ &c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + 0.5*s_0 + 210*0.5*s_1 + 3*0.5*s_2 + 1*0.5*s_3 + 4*0.5*s_4 \geq 420; \\ &c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - 0.5*s_0 - 210*0.5*s_1 - 3*0.5*s_2 - 1*0.5*s_3 - 4*0.5*s_4 \leq 420; \\ &c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 + 0.5*s_0 + 100*0.5*s_1 + 26*0.5*s_2 + 8*0.5*s_3 + 1*0.5*s_4 \geq 66; \\ &c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 - 0.5*s_0 - 100*0.5*s_1 - 26*0.5*s_2 - 8*0.5*s_3 - 1*0.5*s_4 \leq 66; \\ &c_0 + 185*c_1 + 2*c_2 + 2*c_3 + 4*c_4 + 0.5*s_0 + 185*0.5*s_1 + 2*0.5*s_2 + 2*0.5*s_3 + 4*0.5*s_4 \geq 280; \\ &c_0 + 185*c_1 + 2*c_2 + 2*c_3 + 4*c_4 - 0.5*s_0 - 185*0.5*s_1 - 2*0.5*s_2 - 2*0.5*s_3 - 4*0.5*s_4 \leq 280; \\ &c_0 + 115*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 4*c_4 + 0.5*s_0 + 115*0.5*s_1 + 26*0.5*s_2 + 8*0.5*s_3 + 4*0.5*s_4 \geq 46.5; \end{aligned}$$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

$c_0+115*c_1+26*c_2+8*c_3+4*c_4-0.5*s_0-115*0.5*s_1-26*0.5*s_2-8*0.5*s_3-4*0.5*s_4 \leq 46.5;$
 $c_0+120*c_1+2*c_2+13*c_3+2*c_4+0.5*s_0+120*0.5*s_1+2*0.5*s_2+13*0.5*s_3+2*0.5*s_4 \geq 75;$
 $c_0+120*c_1+2*c_2+13*c_3+2*c_4-0.5*s_0-120*0.5*s_1-2*0.5*s_2-13*0.5*s_3-2*0.5*s_4 \leq 75;$
 $c_0+117*c_1+9*c_2+13*c_3+3*c_4+0.5*s_0+117*0.5*s_1+9*0.5*s_2+13*0.5*s_3+3*0.5*s_4 \geq 108;$
 $c_0+117*c_1+9*c_2+13*c_3+3*c_4-0.5*s_0-117*0.5*s_1-9*0.5*s_2-13*0.5*s_3-3*0.5*s_4 \leq 108;$
 $c_0+106*c_1+25*c_2+4*c_3+1*c_4+0.5*s_0+106*0.5*s_1+25*0.5*s_2+4*0.5*s_3+1*0.5*s_4 \geq 80;$
 $c_0+106*c_1+25*c_2+4*c_3+1*c_4-0.5*s_0-106*0.5*s_1-25*0.5*s_2-4*0.5*s_3-1*0.5*s_4 \leq 80;$
 $c_0+100*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4+0.5*s_0+100*0.5*s_1+9*0.5*s_2+13*0.5*s_3+1*0.5*s_4 \geq 63;$
 $c_0+100*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4-0.5*s_0-100*0.5*s_1-9*0.5*s_2-13*0.5*s_3-1*0.5*s_4 \leq 63;$
 $c_0+140*c_1+3*c_2+2*c_3+7*c_4+0.5*s_0+140*0.5*s_1+3*0.5*s_2+2*0.5*s_3+7*0.5*s_4 \geq 155;$
 $c_0+140*c_1+3*c_2+2*c_3+7*c_4-0.5*s_0-140*0.5*s_1-3*0.5*s_2-2*0.5*s_3-7*0.5*s_4 \leq 155;$
 $c_0+140*c_1+25*c_2+1*c_3+2*c_4+0.5*s_0+140*0.5*s_1+25*0.5*s_2+1*0.5*s_3+2*0.5*s_4 \geq 102;$
 $c_0+140*c_1+25*c_2+1*c_3+2*c_4-0.5*s_0-140*0.5*s_1-25*0.5*s_2-1*0.5*s_3-2*0.5*s_4 \leq 102;$
 $c_0+115*c_1+5*c_2+2*c_3+3*c_4+0.5*s_0+115*0.5*s_1+5*0.5*s_2+2*0.5*s_3+3*0.5*s_4 \geq 95;$
 $c_0+115*c_1+5*c_2+2*c_3+3*c_4-0.5*s_0-115*0.5*s_1-5*0.5*s_2-2*0.5*s_3-3*0.5*s_4 \leq 95;$
 $c_0+180*c_1+3*c_2+8*c_3+3*c_4+0.5*s_0+180*0.5*s_1+3*0.5*s_2+8*0.5*s_3+3*0.5*s_4 \geq 135;$
 $c_0+180*c_1+3*c_2+8*c_3+3*c_4-0.5*s_0-180*0.5*s_1-3*0.5*s_2-8*0.5*s_3-3*0.5*s_4 \leq 135;$
 $c_0+135*c_1+5*c_2+18*c_3+7*c_4+0.5*s_0+135*0.5*s_1+5*0.5*s_2+18*0.5*s_3+7*0.5*s_4 \geq 80;$
 $c_0+135*c_1+5*c_2+18*c_3+7*c_4-0.5*s_0-135*0.5*s_1-5*0.5*s_2-18*0.5*s_3-7*0.5*s_4 \leq 80;$
 $c_0+100*c_1+3*c_2+23*c_3+3*c_4+0.5*s_0+100*0.5*s_1+3*0.5*s_2+23*0.5*s_3+3*0.5*s_4 \geq 125;$
 $c_0+100*c_1+3*c_2+23*c_3+3*c_4-0.5*s_0-100*0.5*s_1-3*0.5*s_2-23*0.5*s_3-3*0.5*s_4 \leq 125;$
 $c_0+280*c_1+3*c_2+8*c_3+4*c_4+0.5*s_0+280*0.5*s_1+3*0.5*s_2+8*0.5*s_3+4*0.5*s_4 \geq 265;$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4-0.5*s0-280*0.5*s1-3*0.5*s2-8*0.5*s3-4*0.5*s4<=
265;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4+0.5*s0+110*0.5*s1+3*0.5*s2+1*0.5*s3+1*0.5*s4>=
65;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4-0.5*s0-110*0.5*s1-3*0.5*s2-1*0.5*s3-1*0.5*s4<=65;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4+0.5*s0+130*0.5*s1+9*0.5*s2+8*0.5*s3+2*0.5*s4>=
135;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4-0.5*s0-130*0.5*s1-9*0.5*s2-8*0.5*s3-2*0.5*s4<=
135;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4+0.5*s0+110*0.5*s1+3*0.5*s2+8*0.5*s3+2*0.5*s4>=
98;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4-0.5*s0-110*0.5*s1-3*0.5*s2-8*0.5*s3-2*0.5*s4<=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4+0.5*s0+75*0.5*s1+12*0.5*s2+8*0.5*s3+1*0.5*s4>
=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4-0.5*s0-75*0.5*s1-12*0.5*s2-8*0.5*s3-1*0.5*s4<=
98;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4+0.5*s0+170*0.5*s1+2*0.5*s2+1*0.5*s3+2*0.5*s4>=
245;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4-0.5*s0-170*0.5*s1-2*0.5*s2-1*0.5*s3-2*0.5*s4
<=245;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4+0.5*s0+177*0.5*s1+5*0.5*s2+5*0.5*s3+4*0.5*s4
>=160;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4-0.5*s0-177*0.5*s1-5*0.5*s2-5*0.5*s3-4*0.5*s4<=
160;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4+0.5*s0+110*0.5*s1+4*0.5*s2+8*0.5*s3+1*0.5*s4>=
150;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4-0.5*s0-110*0.5*s1-4*0.5*s2-8*0.5*s3-1*0.5*s4
<=150;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4+0.5*s0+180*0.5*s1+3*0.5*s2+1*0.5*s3+9*0.5*s4
>=275;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4-0.5*s0-180*0.5*s1-3*0.5*s2-1*0.5*s3-9*0.5*s4<=
275;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4 +0.5*s0+150*0.5*s1+3*0.5*s2+1*0.5*s3+2*0.5*s4
>= 145;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4-0.5*s0-150*0.5*s1-3*0.5*s2-1*0.5*s3-2*0.5*s4<=
145;
c0=(-17.5);
c1=(1.31);
c2=(-2.55);
c3=(-1.94);
c4=(2.52);
END

```

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

Global optimal solution found at step: 80
Objective value: 6900.627

Variable	Value	Reduced Cost
S0	38.34444	0.0000000
S1	1.359407	0.0000000
S2	0.0000000	34.00000
S3	0.0000000	59.66667
S4	0.0000000	17.00000
C0	-17.50000	0.0000000
C1	1.310000	0.0000000
C2	-2.550000	0.0000000
C3	-1.940000	0.0000000
C4	2.520000	0.0000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	6900.627	-1.000000
2	175.8922	0.0000000
3	45.97222	0.0000000
4	163.9178	0.0000000
5	78.33778	0.0000000
6	101.3796	0.0000000
7	86.49963	0.0000000
8	129.3667	0.0000000
9	72.10667	0.0000000
10	125.9207	0.0000000
11	102.7407	0.0000000
12	163.4467	0.0000000
13	38.02667	0.0000000
14	0.0000000	-29.33333
15	323.8200	0.0000000
16	55.34259	0.0000000
17	118.9426	0.0000000
18	90.86741	0.0000000
19	198.9674	0.0000000
20	112.2481	0.0000000
21	82.42815	0.0000000
22	140.1567	0.0000000
23	61.31667	0.0000000
24	80.81756	0.0000000
25	116.5776	0.0000000
26	68.63081	0.0000000
27	113.8108	0.0000000
28	91.99259	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

29	82.29259	0.0000000
30	116.2207	0.0000000
31	112.4407	0.0000000
32	130.1807	0.0000000
33	98.48074	0.0000000
34	126.4181	0.0000000
35	68.25815	0.0000000
36	209.2089	0.0000000
37	73.82889	0.0000000
38	160.2522	0.0000000
39	61.61222	0.0000000
40	30.93259	0.0000000
41	143.3526	0.0000000
42	280.6993	0.0000000
43	138.2793	0.0000000
44	148.4696	0.0000000
45	39.40963	0.0000000
46	91.90370	0.0000000
47	123.1637	0.0000000
48	104.4096	0.0000000
49	83.46963	0.0000000
50	140.3000	0.0000000
51	0.0000000	30.66667
52	92.92185	0.0000000
53	176.5219	0.0000000
54	181.4798	0.0000000
55	97.47978	0.0000000
56	47.33963	0.0000000
57	140.5396	0.0000000
58	97.90889	0.0000000
59	185.1289	0.0000000
60	150.5778	0.0000000
61	91.67778	0.0000000
62	0.0000000	-1.333332
63	0.0000000	793.3336
64	0.0000000	-280.0000
65	0.0000000	-216.0000
66	0.0000000	86.66667

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

Minimum bulanıklık kriterini kullanan bulanık en küçük kareler regresyonunda
H=0.70 için ;

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN} = 30*s_0 + 4230*s_1 + 262*s_2 + 197*s_3 + 91*s_4; \\
 & c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 - 0.3*s_0 - 135*0.3*s_1 - 9*0.3*s_2 - 18*0.3*s_3 - 3*0.3*s_4 \leq 174; \\
 & c_0 + 135*c_1 + 9*c_2 + 18*c_3 + 3*c_4 + 0.3*s_0 + 135*0.3*s_1 + 9*0.3*s_2 + 18*0.3*s_3 + 3*0.3*s_4 \geq 174; \\
 & c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 - 0.3*s_0 - 150*0.3*s_1 - 9*0.3*s_2 - 2*0.3*s_3 - 2*0.3*s_4 \leq 200; \\
 & c_0 + 150*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 2*c_4 + 0.3*s_0 + 150*0.3*s_1 + 9*0.3*s_2 + 2*0.3*s_3 + 2*0.3*s_4 \geq 200; \\
 & c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + 0.3*s_0 + 110*0.3*s_1 + 26*0.3*s_2 + 1*0.3*s_3 + 4*0.3*s_4 \geq 61; \\
 & c_0 + 110*c_1 + 26*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - 0.3*s_0 - 110*0.3*s_1 - 26*0.3*s_2 - 1*0.3*s_3 - 4*0.3*s_4 \leq 61; \\
 & c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 + 0.3*s_0 + 120*0.3*s_1 + 13*0.3*s_2 + 8*0.3*s_3 + 5*0.3*s_4 \geq 75; \\
 & c_0 + 120*c_1 + 13*c_2 + 8*c_3 + 5*c_4 - 0.3*s_0 - 120*0.3*s_1 - 13*0.3*s_2 - 8*0.3*s_3 - 5*0.3*s_4 \leq 75; \\
 & c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 + 0.3*s_0 + 140*0.3*s_1 + 9*0.3*s_2 + 2*0.3*s_3 + 1*0.3*s_4 \geq 130; \\
 & c_0 + 140*c_1 + 9*c_2 + 2*c_3 + 1*c_4 - 0.3*s_0 - 140*0.3*s_1 - 9*0.3*s_2 - 2*0.3*s_3 - 1*0.3*s_4 \leq 130; \\
 & c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 + 0.3*s_0 + 120*0.3*s_1 + 3*0.3*s_2 + 1*0.3*s_3 + 5*0.3*s_4 \geq 80; \\
 & c_0 + 120*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 5*c_4 - 0.3*s_0 - 120*0.3*s_1 - 3*0.3*s_2 - 1*0.3*s_3 - 5*0.3*s_4 \leq 80; \\
 & c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 + 0.3*s_0 + 210*0.3*s_1 + 3*0.3*s_2 + 1*0.3*s_3 + 4*0.3*s_4 \geq 420; \\
 & c_0 + 210*c_1 + 3*c_2 + 1*c_3 + 4*c_4 - 0.3*s_0 - 210*0.3*s_1 - 3*0.3*s_2 - 1*0.3*s_3 - 4*0.3*s_4 \leq 420; \\
 & c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 + 0.3*s_0 + 100*0.3*s_1 + 26*0.3*s_2 + 8*0.3*s_3 + 1*0.3*s_4 \geq 66; \\
 & c_0 + 100*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 1*c_4 - 0.3*s_0 - 100*0.3*s_1 - 26*0.3*s_2 - 8*0.3*s_3 - 1*0.3*s_4 \leq 66; \\
 & c_0 + 185*c_1 + 2*c_2 + 2*c_3 + 4*c_4 + 0.3*s_0 + 185*0.3*s_1 + 2*0.3*s_2 + 2*0.3*s_3 + 4*0.3*s_4 \geq 280; \\
 & c_0 + 185*c_1 + 2*c_2 + 2*c_3 + 4*c_4 - 0.3*s_0 - 185*0.3*s_1 - 2*0.3*s_2 - 2*0.3*s_3 - 4*0.3*s_4 \leq 280; \\
 & c_0 + 115*c_1 + 26*c_2 + 8*c_3 + 4*c_4 + 0.3*s_0 + 115*0.3*s_1 + 26*0.3*s_2 + 8*0.3*s_3 + 4*0.3*s_4 \geq 46.5;
 \end{aligned}$$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

$c_0+115*c_1+26*c_2+8*c_3+4*c_4-0.3*s_0-115*0.3*s_1-26*0.3*s_2-8*0.3*s_3-4*0.3*s_4 \leq 46.5;$
 $c_0+120*c_1+2*c_2+13*c_3+2*c_4+0.3*s_0+120*0.3*s_1+2*0.3*s_2+13*0.3*s_3+2*0.3*s_4 \geq 75;$
 $c_0+120*c_1+2*c_2+13*c_3+2*c_4-0.3*s_0-120*0.3*s_1-2*0.3*s_2-13*0.3*s_3-2*0.3*s_4 \leq 75;$
 $c_0+117*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4+0.3*s_0+117*0.3*s_1+9*0.3*s_2+13*0.3*s_3+1*0.3*s_4 \geq 108;$
 $c_0+117*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4-0.3*s_0-117*0.3*s_1-9*0.3*s_2-13*0.3*s_3-1*0.3*s_4 \leq 108;$
 $c_0+106*c_1+25*c_2+4*c_3+3*c_4+0.3*s_0+106*0.3*s_1+25*0.3*s_2+4*0.3*s_3+3*0.3*s_4 \geq 80;$
 $c_0+106*c_1+25*c_2+4*c_3+3*c_4-0.3*s_0-106*0.3*s_1-25*0.3*s_2-4*0.3*s_3-3*0.3*s_4 \leq 80;$
 $c_0+100*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4+0.3*s_0+100*0.3*s_1+9*0.3*s_2+13*0.3*s_3+1*0.3*s_4 \geq 63;$
 $c_0+100*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4-0.3*s_0-100*0.3*s_1-9*0.3*s_2-13*0.3*s_3-1*0.3*s_4 \leq 63;$
 $c_0+140*c_1+3*c_2+2*c_3+1*c_4+0.3*s_0+140*0.3*s_1+3*0.3*s_2+2*0.3*s_3+1*0.3*s_4 \geq 155;$
 $c_0+140*c_1+3*c_2+2*c_3+1*c_4-0.3*s_0-140*0.3*s_1-3*0.3*s_2-2*0.3*s_3-1*0.3*s_4 \leq 155;$
 $c_0+140*c_1+25*c_2+1*c_3+7*c_4+0.3*s_0+140*0.3*s_1+25*0.3*s_2+1*0.3*s_3+7*0.3*s_4 \geq 102;$
 $c_0+140*c_1+25*c_2+1*c_3+7*c_4-0.3*s_0-140*0.3*s_1-25*0.3*s_2-1*0.3*s_3-7*0.3*s_4 \leq 102;$
 $c_0+115*c_1+5*c_2+2*c_3+3*c_4+0.3*s_0+115*0.3*s_1+5*0.3*s_2+2*0.3*s_3+3*0.3*s_4 \geq 95;$
 $c_0+115*c_1+5*c_2+2*c_3+3*c_4-0.3*s_0-115*0.3*s_1-5*0.3*s_2-2*0.3*s_3-3*0.3*s_4 \leq 95;$
 $c_0+180*c_1+3*c_2+8*c_3+3*c_4+0.3*s_0+180*0.3*s_1+3*0.3*s_2+8*0.3*s_3+3*0.3*s_4 \geq 135;$
 $c_0+180*c_1+3*c_2+8*c_3+3*c_4-0.3*s_0-180*0.3*s_1-3*0.3*s_2-8*0.3*s_3-3*0.3*s_4 \leq 135;$
 $c_0+135*c_1+5*c_2+18*c_3+7*c_4+0.3*s_0+135*0.3*s_1+5*0.3*s_2+18*0.3*s_3+7*0.3*s_4 \geq 80;$
 $c_0+135*c_1+5*c_2+18*c_3+7*c_4-0.3*s_0-135*0.3*s_1-5*0.3*s_2-18*0.3*s_3-7*0.3*s_4 \leq 80;$
 $c_0+100*c_1+3*c_2+23*c_3+3*c_4+0.3*s_0+100*0.3*s_1+3*0.3*s_2+23*0.3*s_3+3*0.3*s_4 \geq 125;$
 $c_0+100*c_1+3*c_2+23*c_3+3*c_4-0.3*s_0-100*0.3*s_1-3*0.3*s_2-23*0.3*s_3-3*0.3*s_4 \leq 125;$
 $c_0+280*c_1+3*c_2+8*c_3+4*c_4+0.3*s_0+280*0.3*s_1+3*0.3*s_2+8*0.3*s_3+4*0.3*s_4 \geq 265;$

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4-0.3*s0-280*0.3*s1-3*0.3*s2-8*0.3*s3-4*0.3*s4<=
265;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4+0.3*s0+110*0.3*s1+3*0.3*s2+1*0.3*s3+1*0.3*s4>=
65;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4-0.3*s0-110*0.3*s1-3*0.3*s2-1*0.3*s3-1*0.3*s4<=65;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4+0.3*s0+130*0.3*s1+9*0.3*s2+8*0.3*s3+2*0.3*s4>=
135;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4-0.3*s0-130*0.3*s1-9*0.3*s2-8*0.3*s3-
2*0.3*s4<=135;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4+0.3*s0+110*0.3*s1+3*0.3*s2+8*0.3*s3+2*0.3*s4>=
98;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4-0.3*s0-110*0.3*s1-3*0.3*s2-8*0.3*s3-2*0.3*s4<=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4+0.3*s0+75*0.3*s1+12*0.3*s2+8*0.3*s3+1*0.3*s4>
=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4-0.3*s0-75*0.3*s1-12*0.3*s2-8*0.3*s3-
1*0.3*s4<=98;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4+0.3*s0+170*0.3*s1+2*0.3*s2+1*0.3*s3+2*0.3*s4>=
245;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4-0.3*s0-170*0.3*s1-2*0.3*s2-1*0.3*s3-2*0.3*s4
<=245;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4+0.3*s0+177*0.3*s1+5*0.3*s2+5*0.3*s3+4*0.3*s4
>=160;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4-0.3*s0-177*0.3*s1-5*0.3*s2-5*0.3*s3-4*0.3*s4<=
160;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4+0.3*s0+110*0.3*s1+4*0.3*s2+8*0.3*s3+1*0.3*s4>=
150;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4-0.3*s0-110*0.3*s1-4*0.3*s2-8*0.3*s3-1*0.3*s4    <=
150;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4+0.3*s0+180*0.3*s1+3*0.3*s2+1*0.3*s3+9*0.3*s4
>=275;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4-0.3*s0-180*0.3*s1-3*0.3*s2-1*0.3*s3-9*0.3*s4<=
275;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4    +0.3*s0+150*0.3*s1+3*0.3*s2+1*0.3*s3+2*0.3*s4
>= 145;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4-0.3*s0-150*0.3*s1-3*0.3*s2-1*0.3*s3-2*0.3*s4<=
145;
c0=(-17.5);
c1=(1.31);
c2=(-2.55);
c3=(-1.94);
c4=(2.52);
END

```

Global optimal solution found at step: 76

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

Objective value: 11501.04

Variable	Value	Reduced Cost
S0	63.90741	0.0000000
S1	2.265679	0.0000000
S2	0.0000000	34.00000
S3	0.0000000	59.66667
S4	0.0000000	17.00000
C0	-17.50000	0.0000000
C1	1.310000	0.0000000
C2	-2.550000	0.0000000
C3	-1.940000	0.0000000
C4	2.520000	0.0000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	11501.04	-1.000000
2	175.8922	0.0000000
3	45.97222	0.0000000
4	163.9178	0.0000000
5	78.33778	0.0000000
6	101.3796	0.0000000
7	86.49963	0.0000000
8	129.3667	0.0000000
9	72.10667	0.0000000
10	125.9207	0.0000000
11	102.7407	0.0000000
12	163.4467	0.0000000
13	38.02667	0.0000000
14	0.0000000	-48.88889
15	323.8200	0.0000000
16	55.34259	0.0000000
17	118.9426	0.0000000
18	90.86741	0.0000000
19	198.9674	0.0000000
20	112.2481	0.0000000
21	82.42815	0.0000000
22	140.1567	0.0000000
23	61.31667	0.0000000
24	80.81756	0.0000000
25	116.5776	0.0000000
26	68.63081	0.0000000
27	113.8108	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

28	91.99259	0.0000000
29	82.29259	0.0000000
30	116.2207	0.0000000
31	112.4407	0.0000000
32	130.1807	0.0000000
33	98.48074	0.0000000
34	126.4181	0.0000000
35	68.25815	0.0000000
36	209.2089	0.0000000
37	73.82889	0.0000000
38	160.2522	0.0000000
39	61.61222	0.0000000
40	30.93259	0.0000000
41	143.3526	0.0000000
42	280.6993	0.0000000
43	138.2793	0.0000000
44	148.4696	0.0000000
45	39.40963	0.0000000
46	91.90370	0.0000000
47	123.1637	0.0000000
48	104.4096	0.0000000
49	83.46963	0.0000000
50	140.3000	0.0000000
51	0.0000000	51.11111
52	92.92185	0.0000000
53	176.5219	0.0000000
54	181.4798	0.0000000
55	97.47978	0.0000000
56	47.33963	0.0000000
57	140.5396	0.0000000
58	97.90889	0.0000000
59	185.1289	0.0000000
60	150.5778	0.0000000
61	91.67778	0.0000000
62	0.0000000	-2.222221
63	0.0000000	1322.222
64	0.0000000	-466.6667
65	0.0000000	-360.0000
66	0.0000000	144.4444

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

Aralık regresyonu modelinin LİNGO paket programında gösterimi ve elde edilen
çözüm sonuçları

```

MIN = 30*s0+4230*s1+262*s2+197*s3+91*s4;
c0 +135*c1+9*c2+18*c3+3*c4-s0-135*s1-9*s2-18*s3-3*s4<=174;
c0 +135*c1+9*c2+18*c3+3*c4+ s0 +135*s1+9*s2+18*s3+3*s4 >=174;
c0+150*c1+9*c2+2*c3+2*c4 -s0-150*s1-9*s2-2*s3-2*s4<=200;
c0+150*c1+9*c2+2*c3+2*c4+s0+150*s1+9*s2+2*s3+2*s4>=200;
c0+110*c1+26*c2+1*c3+4*c4+s0+110*s1+26*s2+1*s3+4*s4 >=61;
c0+110*c1+26*c2+1*c3+4*c4-s0-110*s1-26*s2-1*s3-4*s4<=61;
c0+120*c1+13*c2+8*c3+5*c4 +s0+120*s1+13*s2+8*s3+5*s4 >=75;
c0+120*c1+13*c2+8*c3+5*c4-s0-120*s1-13*s2-8*s3-5*s4<=75;
c0+140*c1+9*c2+2*c3+1*c4+s0+140*s1+9*s2+2*s3+1*s4>=130;
c0+140*c1+9*c2+2*c3+1*c4 -s0-140*s1-9*s2-2*s3-1*s4<=130;
c0+120*c1+3*c2+1*c3+5*c4+s0+120*s1+3*s2+1*s3+5*s4 >=80;
c0+120*c1+3*c2+1*c3+5*c4- s0-120*s1-3*s2-1*s3-5*s4 <=80;
c0+210*c1+3*c2+1*c3+4*c4+s0+210*s1+3*s2+1*s3+4*s4 >=420;
c0+210*c1+3*c2+1*c3+4*c4-s0-210*s1-3*s2-1*s3-4*s4<=420;
c0+100*c1+26*c2+8*c3+1*c4+s0+100*s1+26*s2+8*s3+1*s4 >=66;
c0+100*c1+26*c2+8*c3+1*c4-s0-100*s1-26*s2-8*s3-1*s4<=66;
c0+185*c1+2*c2+2*c3+4*c4+s0+185*s1+2*s2+2*s3+4*s4>=280;
c0+185*c1+2*c2+2*c3+4*c4-s0-185*s1-2*s2-2*s3-4*s4<=280;
c0+115*c1+26*c2+8*c3+4*c4+s0+115*s1+26*s2+8*s3+4*s4>=46.5;
c0+115*c1+26*c2+8*c3+4*c4-s0-115*s1-26*s2-8*s3-4*s4<=46.5;
c0+120*c1+2*c2+13*c3+2*c4+s0+120*s1+2*s2+13*s3+2*s4 >=75;
c0+120*c1+2*c2+13*c3+2*c4-s0-120*s1-2*s2-13*s3-2*s4 <=75;
c0+117*c1+9*c2+13*c3+1*c4+s0+117*s1+9*s2+13*s3+1*s4 >=108;
c0+117*c1+9*c2+13*c3+1*c4-s0-117*s1-9*s2-13*s3-1*s4 <=108;
c0 +106*c1+25*c2+4*c3+3*c4+s0+106*s1+25*s2+4*s3+3*s4>=80;
c0 +106*c1+25*c2+4*c3+3*c4-s0-106*s1-25*s2-4*s3-3*s4<=80;
c0+100*c1+9*c2+13*c3+1*c4+s0+100*s1+9*s2+13*s3+1*s4>=63;
c0+100*c1+9*c2+13*c3+1*c4-s0-100*s1-9*s2-13*s3-1*s4<=63;
c0+140*c1+3*c2+2*c3+1*c4+s0+140*s1+3*s2+2*s3+1*s4>=155;
c0+140*c1+3*c2+2*c3+1*c4-s0-140*s1-3*s2-2*s3-1*s4<=155;
c0+140*c1+25*c2+1*c3+7*c4+s0+140*s1+25*s2+1*s3+7*s4>=102;
c0+140*c1+25*c2+1*c3+7*c4-s0-140*s1-25*s2-1*s3-7*s4<=102;
c0+115*c1+5*c2+2*c3+3*c4+s0+115*s1+5*s2+2*s3+3*s4>=95;
c0+115*c1+5*c2+2*c3+3*c4-s0-115*s1-5*s2-2*s3-3*s4<=95;
c0+180*c1+3*c2+8*c3+3*c4+s0+180*s1+3*s2+8*s3+3*s4>=135;
c0+180*c1+3*c2+8*c3+3*c4-s0-180*s1-3*s2-8*s3-3*s4<=135;
c0+135*c1+5*c2+18*c3+7*c4+s0+135*s1+5*s2+18*s3+7*s4>=80;
c0+135*c1+5*c2+18*c3+7*c4-s0-135*s1-5*s2-18*s3-7*s4<=80;
c0+100*c1+3*c2+23*c3+3*c4+s0+100*s1+3*s2+23*s3+3*s4>=125;

```

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

```

c0+100*c1+3*c2+23*c3+3*c4-s0-100*s1-3*s2-23*s3-3*s4<=125;
c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4+s0+280*s1+3*s2+8*s3+4*s4>=265;
c0+280*c1+3*c2+8*c3+4*c4-s0-280*s1-3*s2-8*s3-4*s4<=265;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4+s0+110*s1+3*s2+1*s3+1*s4>=65;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4-s0-110*s1-3*s2-1*s3-1*s4<=65;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4+s0+130*s1+9*s2+8*s3+2*s4>=135;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4-s0-130*s1-9*s2-8*s3-2*s4<=135;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4+s0+110*s1+3*s2+8*s3+2*s4>=98;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4-s0-110*s1-3*s2-8*s3-2*s4<=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4+s0+75*s1+12*s2+8*s3+1*s4>=98;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4-s0-75*s1-12*s2-8*s3-1*s4<=98;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4+s0+170*s1+2*s2+1*s3+2*s4>=245;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4-s0-170*s1-2*s2-1*s3-2*s4<=245;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4+s0+177*s1+5*s2+5*s3+4*s4>=160;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4-s0-177*s1-5*s2-5*s3-4*s4<=160;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4+s0+110*s1+4*s2+8*s3+1*s4>=150;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4-s0-110*s1-4*s2-8*s3-1*s4<=150;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4+s0+180*s1+3*s2+1*s3+9*s4>=275;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4-s0-180*s1-3*s2-1*s3-9*s4<=275;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4+s0+150*s1+3*s2+1*s3+2*s4>=145;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4-s0-150*s1-3*s2-1*s3-2*s4<=145;
@FREE(c0);
@FREE(c1);
@FREE(c2);
@FREE(c3);
@FREE(c4);
END

```

Global optimal solution found at step: 46

Objective value: 2690.244

Variable	Value	Reduced Cost
S0	34.88096	0.0000000
S1	0.3743513	0.0000000
S2	0.0000000	37.92156
S3	0.0000000	18.15815
S4	0.6627411	0.0000000
C0	-98.26412	0.0000000
C1	1.712308	0.0000000
C2	-2.869700	0.0000000
C3	-2.337934	0.0000000
C4	13.37021	0.0000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2690.244	1.000000
2	156.3087	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

3	18.50453	0.0000000
4	137.5399	0.0000000
5	47.17842	0.0000000
6	84.33099	0.0000000
7	73.09015	0.0000000
8	126.1711	0.0000000
9	40.06255	0.0000000
10	82.27887	0.0000000
11	93.62690	0.0000000
12	166.2336	0.0000000
13	0.0000000	5.343571
14	0.0000000	-8.790816
15	232.2914	0.0000000
16	0.0000000	-2.858810
17	145.9577	0.0000000
18	88.36529	0.0000000
19	125.2085	0.0000000
20	92.89874	0.0000000
21	68.26591	0.0000000
22	103.9493	0.0000000
23	58.30793	0.0000000
24	30.56844	0.0000000
25	128.1172	0.0000000
26	38.80730	0.0000000
27	114.2935	0.0000000
28	40.09524	0.0000000
29	105.8624	0.0000000
30	74.49708	0.0000000
31	101.4087	0.0000000
32	150.8993	0.0000000
33	32.95934	0.0000000
34	104.6571	0.0000000
35	55.18206	0.0000000
36	192.0017	0.0000000
37	16.50310	0.0000000
38	180.1151	0.0000000
39	0.0000000	0.6825917
40	0.0000000	-2.063776
41	148.6086	0.0000000
42	284.7006	0.0000000
43	0.0000000	1.676722
44	104.2352	0.0000000
45	49.20945	0.0000000

EK-2 (Devam) Kesikli X Bağımsız Değişkenleri Ve Kesikli Y Bağımlı Değişkeni
İçin Farklı Modellerin LİNGO Paket Programında Gösterimi Ve Elde Edilen
Çözüm Sonuçları

46	56.41763	0.0000000
47	113.3266	0.0000000
48	68.90265	0.0000000
49	85.86752	0.0000000
50	127.2401	0.0000000
51	0.0000000	7.297115
52	66.33743	0.0000000
53	133.3549	0.0000000
54	176.0491	0.0000000
55	31.53510	0.0000000
56	0.0000000	-1.286598
57	153.4447	0.0000000
58	152.5650	0.0000000
59	63.89274	0.0000000
60	121.7346	0.0000000
61	62.98372	0.0000000

EK-3 Kesikli X bağımsız değişkenleri ve bulanık Y bağımlı değişkeni için H=0.00 minimum bulanıklık kriteri ile Tanakanın bulanık regresyon modeli

$$\begin{aligned}
 \text{MIN} &= 30*s_0+4230*s_1+262*s_2+197*s_3+91*s_4; \\
 c_0 + 135*c_1+9*c_2+18*c_3+3*c_4-s_0-135*s_1-9*s_2-18*s_3-3*s_4 &\leq 174-5; \\
 c_0 + 135*c_1+9*c_2+18*c_3+3*c_4+s_0 + 135*s_1+9*s_2+18*s_3+3*s_4 &\geq 174+5; \\
 c_0+150*c_1+9*c_2+2*c_3+2*c_4 -s_0-150*s_1-9*s_2-2*s_3-2*s_4 &\leq 200-5; \\
 c_0+150*c_1+9*c_2+2*c_3+2*c_4+s_0+150*s_1+9*s_2+2*s_3+2*s_4 &\geq 200+5; \\
 c_0+110*c_1+26*c_2+1*c_3+4*c_4+s_0+110*s_1+26*s_2+1*s_3+4*s_4 &\geq 61+5; \\
 c_0+110*c_1+26*c_2+1*c_3+4*c_4-s_0-110*s_1-26*s_2-1*s_3-4*s_4 &\leq 61-5; \\
 c_0+120*c_1+13*c_2+8*c_3+5*c_4 +s_0+120*s_1+13*s_2+8*s_3+5*s_4 &\geq 75+5; \\
 c_0+120*c_1+13*c_2+8*c_3+5*c_4-s_0-120*s_1-13*s_2-8*s_3-5*s_4 &\leq 75-5; \\
 c_0+140*c_1+9*c_2+2*c_3+1*c_4+s_0+140*s_1+9*s_2+2*s_3+1*s_4 &\geq 130+5; \\
 c_0+140*c_1+9*c_2+2*c_3+1*c_4 -s_0-140*s_1-9*s_2-2*s_3-1*s_4 &\leq 130-5; \\
 c_0+120*c_1+3*c_2+1*c_3+5*c_4+s_0+120*s_1+3*s_2+1*s_3+5*s_4 &\geq 80+5; \\
 c_0+120*c_1+3*c_2+1*c_3+5*c_4- s_0-120*s_1-3*s_2-1*s_3-5*s_4 &\leq 80-5; \\
 c_0+210*c_1+3*c_2+1*c_3+4*c_4+s_0+210*s_1+3*s_2+1*s_3+4*s_4 &\geq 420+5; \\
 c_0+210*c_1+3*c_2+1*c_3+4*c_4-s_0-210*s_1-3*s_2-1*s_3-4*s_4 &\leq 420-5; \\
 c_0+100*c_1+26*c_2+8*c_3+1*c_4+s_0+100*s_1+26*s_2+8*s_3+1*s_4 &\geq 66+5; \\
 c_0+100*c_1+26*c_2+8*c_3+1*c_4-s_0-100*s_1-26*s_2-8*s_3-1*s_4 &\leq 66-5; \\
 c_0+185*c_1+2*c_2+2*c_3+4*c_4+s_0+185*s_1+2*s_2+2*s_3+4*s_4 &\geq 280+5; \\
 c_0+185*c_1+2*c_2+2*c_3+4*c_4-s_0-185*s_1-2*s_2-2*s_3-4*s_4 &\leq 280-5; \\
 c_0+115*c_1+26*c_2+8*c_3+4*c_4+s_0+115*s_1+26*s_2+8*s_3+4*s_4 &\geq 46.5+5; \\
 c_0+115*c_1+26*c_2+8*c_3+4*c_4-s_0-115*s_1-26*s_2-8*s_3-4*s_4 &\leq 46.5-5; \\
 c_0+120*c_1+2*c_2+13*c_3+2*c_4+s_0+120*s_1+2*s_2+13*s_3+2*s_4 &\geq 75+5; \\
 c_0+120*c_1+2*c_2+13*c_3+2*c_4-s_0-120*s_1-2*s_2-13*s_3-2*s_4 &\leq 75-5; \\
 c_0+117*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4+s_0+117*s_1+9*s_2+13*s_3+1*s_4 &\geq 108+5; \\
 c_0+117*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4-s_0-117*s_1-9*s_2-13*s_3-1*s_4 &\leq 108-5; \\
 c_0 + 106*c_1+25*c_2+4*c_3+3*c_4+s_0+106*s_1+25*s_2+4*s_3+3*s_4 &\geq 80+5; \\
 c_0 + 106*c_1+25*c_2+4*c_3+3*c_4-s_0-106*s_1-25*s_2-4*s_3-3*s_4 &\leq 80-5; \\
 c_0+100*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4+s_0+100*s_1+9*s_2+13*s_3+1*s_4 &\geq 63+5; \\
 c_0+100*c_1+9*c_2+13*c_3+1*c_4-s_0-100*s_1-9*s_2-13*s_3-1*s_4 &\leq 63-5; \\
 c_0+140*c_1+3*c_2+2*c_3+1*c_4+s_0+140*s_1+3*s_2+2*s_3+1*s_4 &\geq 155+5; \\
 c_0+140*c_1+3*c_2+2*c_3+1*c_4-s_0-140*s_1-3*s_2-2*s_3-1*s_4 &\leq 155-5; \\
 c_0+140*c_1+25*c_2+1*c_3+7*c_4+s_0+140*s_1+25*s_2+1*s_3+7*s_4 &\geq 102+5; \\
 c_0+140*c_1+25*c_2+1*c_3+7*c_4-s_0-140*s_1-25*s_2-1*s_3-7*s_4 &\leq 102-5; \\
 c_0+115*c_1+5*c_2+2*c_3+3*c_4+s_0+115*s_1+5*s_2+2*s_3+3*s_4 &\geq 95+5; \\
 c_0+115*c_1+5*c_2+2*c_3+3*c_4-s_0-115*s_1-5*s_2-2*s_3-3*s_4 &\leq 95-5; \\
 c_0+180*c_1+3*c_2+8*c_3+3*c_4+s_0+180*s_1+3*s_2+8*s_3+3*s_4 &\geq 135+5; \\
 c_0+180*c_1+3*c_2+8*c_3+3*c_4-s_0-180*s_1-3*s_2-8*s_3-3*s_4 &\leq 135-5; \\
 c_0+135*c_1+5*c_2+18*c_3+7*c_4+s_0+135*s_1+5*s_2+18*s_3+7*s_4 &\geq 80+5; \\
 c_0+135*c_1+5*c_2+18*c_3+7*c_4-s_0-135*s_1-5*s_2-18*s_3-7*s_4 &\leq 80-5; \\
 c_0+100*c_1+3*c_2+23*c_3+3*c_4+s_0+100*s_1+3*s_2+23*s_3+3*s_4 &\geq 125+5; \\
 c_0+100*c_1+3*c_2+23*c_3+3*c_4-s_0-100*s_1-3*s_2-23*s_3-3*s_4 &\leq 125-5; \\
 c_0+280*c_1+3*c_2+8*c_3+4*c_4+s_0+280*s_1+3*s_2+8*s_3+4*s_4 &\geq 265+5; \\
 c_0+280*c_1+3*c_2+8*c_3+4*c_4-s_0-280*s_1-3*s_2-8*s_3-4*s_4 &\leq 265-5;
 \end{aligned}$$

EK-3 (Devam) Kesikli X bağımsız değişkenleri ve bulanık Y bağımlı değişkeni için
H=0.00 minimum bulanıklık kriteri ile Tanakanın bulanık regresyon modeli

```

c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4+s0+110*s1+3*s2+1*s3+1*s4>=65+5;
c0+110*c1+3*c2+1*c3+1*c4-s0-110*s1-3*s2-1*s3-1*s4<=65-5;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4+s0+130*s1+9*s2+8*s3+2*s4>=135+5;
c0+130*c1+9*c2+8*c3+2*c4-s0-130*s1-9*s2-8*s3-2*s4<=135-5;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4+s0+110*s1+3*s2+8*s3+2*s4>=98+5;
c0+110*c1+3*c2+8*c3+2*c4-s0-110*s1-3*s2-8*s3-2*s4<=98-5;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4+s0+75*s1+12*s2+8*s3+1*s4>=98+5;
c0+175*c1+12*c2+8*c3+1*c4-s0-75*s1-12*s2-8*s3-1*s4<=98-5;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4+s0+170*s1+2*s2+1*s3+2*s4>=245+5;
c0+170*c1+2*c2+1*c3+2*c4-s0-170*s1-2*s2-1*s3-2*s4<=245-5;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4+s0+177*s1+5*s2+5*s3+4*s4>=160+5;
c0+177*c1+5*c2+5*c3+4*c4-s0-177*s1-5*s2-5*s3-4*s4<=160-5;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4+s0+110*s1+4*s2+8*s3+1*s4>=150+5;
c0+110*c1+4*c2+8*c3+1*c4-s0-110*s1-4*s2-8*s3-1*s4<=150-5;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4+s0+180*s1+3*s2+1*s3+9*s4>=275+5;
c0+180*c1+3*c2+1*c3+9*c4-s0-180*s1-3*s2-1*s3-9*s4<=275-5;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4+s0+150*s1+3*s2+1*s3+2*s4>=145+5;
c0+150*c1+3*c2+1*c3+2*c4-s0-150*s1-3*s2-1*s3-2*s4<=145-5;
@FREE(c0);
@FREE(c1);
@FREE(c2);
@FREE(c3);
@FREE(c4);
END

```

Global optimal solution found at step:

44

Objective value:

2840.244

Variable	Value	Reduced Cost
S0	39.88096	0.0000000
S1	0.3743513	0.0000000
S2	0.0000000	37.92156
S3	0.0000000	18.15815
S4	0.6627411	0.0000000
C0	-98.26412	0.0000000
C1	1.712308	0.0000000
C2	-2.869700	0.0000000
C3	-2.337934	0.0000000
C4	13.37021	0.0000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2840.244	1.000000
2	156.3087	0.0000000
3	18.50453	0.0000000
4	137.5399	0.0000000
5	47.17842	0.0000000
6	84.33099	0.0000000

EK-3 (Devam) Kesikli X bağımsız değişkenleri ve bulanık Y bağımlı değişkeni için
H=0.00 minimum bulanıklık kriteri ile Tanakanın bulanık regresyon modeli

7	73.09015	0.0000000
8	126.1711	0.0000000
9	40.06255	0.0000000
10	82.27887	0.0000000
11	93.62690	0.0000000
12	166.2336	0.0000000
13	0.0000000	5.343571
14	0.0000000	-8.790816
15	232.2914	0.0000000
16	0.0000000	-2.858810
17	145.9577	0.0000000
18	88.36529	0.0000000
19	125.2085	0.0000000
20	92.89874	0.0000000
21	68.26591	0.0000000
22	103.9493	0.0000000
23	58.30793	0.0000000
24	30.56844	0.0000000
25	128.1172	0.0000000
26	38.80730	0.0000000
27	114.2935	0.0000000
28	40.09524	0.0000000
29	105.8624	0.0000000
30	74.49708	0.0000000
31	101.4087	0.0000000
32	150.8993	0.0000000
33	32.95934	0.0000000
34	104.6571	0.0000000
35	55.18206	0.0000000
36	192.0017	0.0000000
37	16.50310	0.0000000
38	180.1151	0.0000000
39	0.0000000	0.6825917
40	0.0000000	-2.063776
41	148.6086	0.0000000
42	284.7006	0.0000000
43	0.0000000	1.676722
44	104.2352	0.0000000
45	49.20945	0.0000000
46	56.41763	0.0000000
47	113.3266	0.0000000
48	68.90265	0.0000000
49	85.86752	0.0000000
50	127.2401	0.0000000
51	0.0000000	7.297115

EK-3 (Devam) Kesikli X bağımsız değişkenleri ve bulanık Y bağımlı değişkeni için
H=0.00 minimum bulanıklık kriteri ile Tanakanın bulanık regresyon modeli

52	66.33743	0.0000000
53	133.3549	0.0000000
54	176.0491	0.0000000
55	31.53510	0.0000000
56	0.0000000	-1.286598
57	153.4447	0.0000000
58	152.5650	0.0000000
59	63.89274	0.0000000
60	121.7346	0.0000000
61	62.98372	0.0000000

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DÜZYURT, Selma
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 04.01.1983, Kırıkkale
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 (312) 455 71 92
e-mail : Selma.duzyurt@vakifbank.com.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Müh. Bölümü	2008
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Müh. Bölümü	2005
Lise	Kırıkkale Fen Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2007	Gazi Üniv. Endüstri Müh.Bölümü	Araştırma Görevlisi
2007-?devam	T. Vakıflar Bankası T.A.O. Genel Müdürlüğü	Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

İnternet, Alışveriş, Sinema.