

**TÜRKİYE’DEKİ SERAGAZI EMİSYON
ENVANTERİNİN GELİŞTİRİLEN GRİ TAHMİN
YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ VE BİR UYGULAMA**

Hamid YILMAZ

**Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Mustafa YILMAZ
2013
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TÜRKİYE’DEKİ SERAGAZI EMİSYON ENVANTERİNİN
GELİŞTİRİLEN GRİ TAHMİN YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ VE
BİR UYGULAMA**

Hamid YILMAZ

ENDÜSTRİ MÜHENDİLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2013**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**TÜRKİYE'DEKİ SERAGAZI EMİSYON ENVANTERİNİN
GELİŞTİRİLEN GRİ TAHMİN YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ VE BİR
UYGULAMA**

Yrd. Doç. Dr. Mustafa YILMAZ danışmanlığında, Hamid YILMAZ tarafından hazırlanan bu çalışma 14/02/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Cafer ÇELİK

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Birol SOYSAL

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa YILMAZ

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projesi kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2011/150

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE’DEKİ SERAGAZI EMİSYON ENVANTERİNİN GELİŞTİRİLEN GRI TAHMİN YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ VE BİR UYGULAMA

Hamid YILMAZ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimler Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa YILMAZ

Günümüzde çevresel problemlerin en başında küresel ısınma problemi yer almaktadır. Fosil yakıt tüketiminin artması küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının da artışına neden olmaktadır. Bu bağlamda küresel ısınmanın en büyük nedenlerinden olan sera gazı salınımının daha kontrollü yapılması gerekliliği ortaya çıkmış ve geleceğe dair tahminlerin yapılması zorunlu hale gelmiştir.

Kısa dönemli tahmin çalışmalarında en uygun yöntemlerden birisi gri tahmindir. Bu çalışmada Türkiye’ye ait 1990-2009 yıllarına ait sera gazı emisyonları çeşidine ve sektörlere göre ayrı ayrı incelenmiştir. GPRM(1,1) ve geliştirilen GPRM(1,1) yöntemleri ile her iki veri seti incelenerek hata oranları karşılaştırılmış ve 2020 yılına kadar oluşabilecek sera gazı emisyonları tahmin edilerek geliştirilen yöntemin etkinliği gösterilmiştir.

2013, 102 sayfa

Anahtar Kelimeler: Gri tahmin, GPRM(1,1), sera gazı emisyonları

ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS OF TURKEY WITH IMPROVED GREY PREDICTION METHOD AND A CASE STUDY

Hamid YILMAZ

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Mustafa YILMAZ

Currently, at the top of the global environmental problem is global warming problem. Fossil fuel consumption also causes an increase of greenhouse gases that cause global warming. In this context, the biggest causes of global warming, the greenhouse gas emissions need to be more in control has emerged and making predictions about the future has become mandatory.

In this study, greenhouse gas emissions between the years of 1990-2009 in Turkey are examined according to the type and sectors. GPRM (1,1) and improved GPRM (1,1) methods are used to analyze dataset, the proposed model provided much better results compared with the GPRM(1,1) and greenhouse gas emissions by the year 2020 has been estimated.

2013, 102 pages

Keywords: Grey prediction, GPRM(1,1), greenhouse gas emissions

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa YILMAZ'a, değerli zamanlarını ayırarak tezi inceleyen jürideki Sayın hocalarıma ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Hamid YILMAZ

Ocak, 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	7
3.1. Küresel Isınma.....	7
3.2. Küresel Isınmanın Sebepleri	8
3.3. Sera Gazları ve Sera Etkisi.....	12
3.3.1. Sera gazlarının oluşumu	12
3.3.1.a. Karbondioksit (CO ₂).....	12
3.3.1.b. Metan (CH ₄)	13
3.3.1.c. Diazot monoksit (N ₂ O).....	13
3.3.1.d. Florlu gazlar (F gazlar).....	14
3.4. Türkiye Açısından Sera Gazlarının Değerlendirilmesi	15
3.5. Gri Sistem Teorisi	17
3.6. Gri Sistemlerde Modelleme ve Gri Tahmin	17
3.6.1. Birikim oluşturma işlemi (BOİ)	18
3.6.2. Ters birikim oluşturma işlemi (TBOİ)	19
3.6.3. Gri diferansiyel denklmler.....	20
3.7. GM(1,1) Modeli	21
3.8. GPRM(1,1) Modeli	23
3.9. Geliştirilen GPRM(1,1) Modeli	24
3.10. Gri Modelin Hata Tahmini	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	28
4.1. GPRM(1,1) Yöntemi ile Türkiye'nin Sera Gazı Emisyon Tahminleri	28
4.1.1. Salt veri setleri.....	28

4.1.2. GPRM(1,1) ile CO ₂ tahmini.....	31
4.1.3. GPRM(1,1) ile CH ₄ tahmini.....	37
4.1.4. GPRM(1,1) ile N ₂ O tahmini.....	40
4.1.5. GPRM(1,1) ile f gaz tahmini.....	44
4.1.6. GPRM(1,1) ile enerji sektörü emisyon tahmini	48
4.1.7. GPRM(1,1) ile endüstriyel işlemlere ait emisyon tahmini.....	52
4.1.8. GPRM(1,1) ile tarımsal faaliyetlere ait emisyon tahmini	56
4.1.9. GPRM(1,1) ile atıklara ait emisyon tahmini	60
4.2. Geliştirilen GPRM(1,1) Yöntemi ile Sera Gazı Emisyon Tahminleri	64
4.2.1. Geliştirilen GPRM(1,1) ile CO ₂ tahmini.....	65
4.2.2. Geliştirilen GPRM(1,1) ile CH ₄ tahmini.....	69
4.2.3. Geliştirilen GPRM(1,1) ile N ₂ O tahmini.....	73
4.2.4. Geliştirilen GPRM(1,1) ile f gaz tahmini.....	76
4.2.5. Geliştirilen GPRM(1,1) ile enerji sektörü emisyon tahmini	80
4.2.6. Geliştirilen GPRM(1,1) ile endüstriyel işlemlere ait emisyon tahmini.....	84
4.2.7. Geliştirilen GPRM(1,1) ile tarımsal faaliyetlere ait emisyon tahmini	88
4.2.8. Geliştirilen GPRM(1,1) ile atıklara ait emisyon tahmini	92
4.3. Hata Oranları Karşılaştırılması ve Gelecek Döneme Ait Tahmin Çalışması.....	96
4.3.1. Geliştirilen GPRM(1,1) ile 2010-2020 yılları arası çeşitlerine ve sektörlere göre sera gazları tahmini	97
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	99
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	103

KISALTMALAR DİZİNİ

BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CFC	Kloroflorokarbonlar
GT	Gri Teori (Grey Theory)
GM	Gri Model (Grey Model)
GPRM	Yuvarlanan Gri Tahmin Mekanizması (Grey Prediction with Rolling Mechanism)
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
MA	Hareketli Ortalama (Moving Average)
MAE	Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error)
MAPE	Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Mean Absolute Percentage Error)
MSE	Ortalama Karesel Hata (Mean Squared Error)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Balık kılçığı yöntemi ile küresel ısınma sebepleri.....	11
Şekil 3.2. GRPM(1,1) modeli işlem adımları	24
Şekil 3.3. Geliştirilen GRPM(1,1) modeli işlem adımları	25
Şekil 4.1. Çeşitlerine göre emisyon değerlerinin yıllara göre değişimi.....	30
Şekil 4.2. Sektörlere göre emisyon değerlerinin yıllara göre değişimi.....	31
Şekil 4.3. CO ₂ emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler	36
Şekil 4.4. CH ₄ emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler	40
Şekil 4.5. N ₂ O emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler	44
Şekil 4.6. F gazlar emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler	48
Şekil 4.7. Enerji sektörüne ait emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler.....	52
Şekil 4.8. Endüstriyel işlemlere ait emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler.....	56
Şekil 4.9. Tarımsal Faaliyetler emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler.....	60
Şekil 4.10. Atıklara ait emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler.....	64
Şekil 4.11. CO ₂ emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler	69
Şekil 4.12. CH ₄ emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler	72
Şekil 4.13. CH ₄ emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler	76
Şekil 4.14. F gaz emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler	80

Şekil 4.15. Enerji Sektörü emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler.....	84
Şekil 4.16. Endüstriyel İşlemlere ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen emisyon değerleri	88
Şekil 4.17. Tarımsal faaliyetler emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler.....	92
Şekil 4.18. Atık emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler	96
Şekil 4.19. Gerçekleşen ve tahmin edilen toplam seragazı emisyon değerlerinin yıllara göre dağılımı	98

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları (milyon ton CO ₂ eşdeğeri), 1990 -2009	15
Çizelge 3.2. Çeşitlerine göre toplam sera gazı emisyonları (milyon ton CO ₂ eşdeğeri), 1990- 2009	16
Çizelge 4.1. Çeşitlerine göre toplam sera gazı emisyonları (milyon ton CO ₂ eşdeğeri), 1990- 2009	29
Çizelge 4.2. Sektörel göre toplam sera gazı emisyonları (milyon ton CO ₂ eşdeğeri), 1990- 2009	29
Çizelge 4.3. CO ₂ gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için)	32
Çizelge 4.4. CO ₂ BOİ değerleri	32
Çizelge 4.5. CO ₂ Z(1) dizisi.....	33
Çizelge 4.6. CO ₂ Y matrisi	34
Çizelge 4.7. CO ₂ emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	35
Çizelge 4.8. CH ₄ gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için)	37
Çizelge 4.9. CH ₄ BOİ değerleri	37
Çizelge 4.10. CH ₄ Z(1) dizisi.....	38
Çizelge 4.11. CH ₄ Y matrisi	38
Çizelge 4.12. CH ₄ emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	39
Çizelge 4.13. N ₂ O gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için).....	41
Çizelge 4.14. N ₂ O BOİ değerleri	41
Çizelge 4.15. N ₂ O Z(1) dizisi	42
Çizelge 4.16. N ₂ O Y matrisi	42
Çizelge 4.17. N ₂ O emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	43
Çizelge 4.18. F gaz gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için)	44
Çizelge 4.19. F gaz BOİ değerleri	45
Çizelge 4.20. F gaz Z(1) dizisi.....	45
Çizelge 4.21. F gaz Y matrisi	46
Çizelge 4.22. F gaz emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	47
Çizelge 4.23. Enerji sektörü sera gazı emisyon değerleri (İlk 6 yıl için)	48

Çizelge 4.24. Enerji sektörü BOİ değerleri.....	49
Çizelge 4.25. Enerji sektörü Z(1) dizisi	49
Çizelge 4.26. Enerji sektörü Y matrisi	50
Çizelge 4.27. Enerji sektörü emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	51
Çizelge 4.28. Endüstriyel işlemlere ait gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için).....	52
Çizelge 4.29. Endüstriyel işlemlere ait BOİ değerleri	53
Çizelge 4.30. Endüstriyel işlemlere ait Z(1) dizisi	53
Çizelge 4.31. Endüstriyel işlemlere ait Y matrisi	54
Çizelge 4.32. Endüstriyel işlemlere ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	55
Çizelge 4.33. Tarımsal faaliyetlere ait gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için).....	56
Çizelge 4.34. Tarımsal faaliyetlere ait BOİ değerleri	57
Çizelge 4.35. Tarımsal faaliyetlere ait Z(1) dizisi	57
Çizelge 4.36. Tarımsal faaliyetlere ait Y matrisi	58
Çizelge 4.37. Tarımsal faaliyetlere ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	59
Çizelge 4.38. Atıklara ait gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için).....	60
Çizelge 4.39. Atıklara ait BOİ değerleri	61
Çizelge 4.40. Atıklara ait Z(1) dizisi	61
Çizelge 4.41. Atıklara ait Y matrisi	62
Çizelge 4.42. Atıklara ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları ...	63
Çizelge 4.43. CO ₂ düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)	65
Çizelge 4.44. CO ₂ BOİ değerleri	66
Çizelge 4.45. CO ₂ Z(1) dizisi.....	66
Çizelge 4.46. CO ₂ Y matrisi	67
Çizelge 4.47. CO ₂ emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	68
Çizelge 4.48. CH ₄ düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)	69
Çizelge 4.49. CH ₄ BOİ değerleri	70
Çizelge 4.50. CH ₄ Z(1) dizisi.....	70
Çizelge 4.51. CH ₄ Y matrisi	71
Çizelge 4.52. CH ₄ emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	72

Çizelge 4.53. N ₂ O düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)	73
Çizelge 4.54. N ₂ O BOİ değerleri	73
Çizelge 4.55. N ₂ O Z(1) dizisi	74
Çizelge 4.56. N ₂ O Y matrisi	74
Çizelge 4.57. N ₂ O emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	75
Çizelge 4.58. F gaz düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)	76
Çizelge 4.59. F gaz BOİ değerleri	77
Çizelge 4.60. F gaz Z(1) dizisi.....	77
Çizelge 4.61. F gaz Y matrisi	78
Çizelge 4.62. F gaz emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	79
Çizelge 4.63. Enerji sektörü emisyonu düzgünleştirilmiş değerleri (İlk 6 yıl için).....	80
Çizelge 4.64. Enerji sektörü BOİ değerleri.....	81
Çizelge 4.65. Enerji sektörü Z(1) dizisi	81
Çizelge 4.66. Enerji sektörü Y matrisi.....	82
Çizelge 4.67. Enerji sektörü emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	83
Çizelge 4.68. Endüstriyel işlemlere ait düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için).....	84
Çizelge 4.69. Endüstriyel işlemlere ait BOİ değerleri	85
Çizelge 4.70. Endüstriyel işlemlere ait Z(1) dizisi	85
Çizelge 4.71. Endüstriyel işlemlere ait Y matrisi	86
Çizelge 4.72. Endüstriyel işlemlere ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	87
Çizelge 4.73. Tarımsal faaliyetlere ait düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için).....	88
Çizelge 4.74. Tarımsal faaliyetlere ait BOİ değerleri	89
Çizelge 4.75. Tarımsal faaliyetlere ait Z(1) dizisi	89
Çizelge 4.76. Tarımsal faaliyetlere ait Y matrisi	89
Çizelge 4.77. Tarımsal faaliyetlere ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	90
Çizelge 4.78. Atıklara ait gerçekleşen düzgünleştirilmiş (İlk 6 yıl için)	92
Çizelge 4.79. Atıklara ait BOİ değerleri	93
Çizelge 4.80. Atıklara ait Z(1) dizisi	93
Çizelge 4.81. Atıklara ait Y matrisi	94

Çizelge 4.82. Atıklara ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları	95
Çizelge 4.83. GPRM(1,1) ve Geliştirilen GPRM(1,1) ile yapılan sera gazı emisyon değerlerinin MAPE oranları (%)	97
Çizelge 4.84. Geliştirilen GPRM(1,1) ile Türkiye 2010-2020 yılları arası tahmini sera gazı emisyon değerleri	97

1. GİRİŞ

Günümüzde en büyük küresel sorunlardan biri olan küresel ısınma ve iklim değişikliği, küresel çözüm arayışları ile birlikte acil önlemler almayı gerektirmekte olan bir çevresel problemdir. İklim değişikliğinin kuraklık, kıtlık, göç gibi etkileri de dikkate alındığında sorunun sadece ülkelere ait çevre sorunu olmadığı, aynı zamanda ekonomik ve uluslararası işbirliğini gerektiren önemli bir sorun olduğu görülmektedir. Bu nedenle iklim değişikliği 21. yüzyılın baskın konularından biri haline gelmiştir.

İklim değişikliğine yol açan birçok etken bulunmakla birlikte, bu etkenlerin en önemlisi şüphesiz insan kaynaklı sera gazlarıdır. Atmosferdeki sera gazlarının payının sanayi devriminden itibaren giderek artan bir grafik çizmesi, ekolojik denge üzerinde önemli tehlikeler oluşturmaya başlamıştır.

Bu konu ile ilgili geleceğe ait etkili tahminlerin yapılması ve insan kaynaklı sera gazlarının ileriye yönelik tahminlerde bulunulması, oluşabilecek problemlerin önceden önlem alınarak kontrol altında tutulmasını sağlar. Var olan tahmin yöntemlerinin ve ek olarak var olan yöntemlerin geliştirilerek daha doğru tahmin süreçlerinin gerçekleştirilmesi hayati önem arz etmektedir.

Ancak yapılan çalışmanın basit bir tahmin çalışmasından ziyade önemli sosyoekonomik boyutunun da olmasından dolayı var olan tahmin araçlarının da güncellenerek geliştirilmesi gerekmektedir. Gelecek dönemlerle ilgili güvenilir tahmin yapabilmek, özellikle karar vericiler için önem arz etmektedir. Güvenilir tahmin yapılabilmesi için geçmiş dönem verilerinin analiz edilmesi, parametrelerin belirlenmesi, matematiksel modelin kurulması ve geçerliliğinin test edilmesi gerekmektedir. Bununla beraber var olan tahmin yöntemleri verilerin eksikliği, belirsizliği ve yetersizliğinden dolayı geliştirilmeye ihtiyaç duymaktadır. Bundan dolayı birçok tahmin yöntemi geliştirilerek veya diğer tahmin yöntemleri ile beraber kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada Türkiye'nin sera gazı emisyon değerleri çeşitlerine ve sektörler göre ayrı ayrı incelenmiş, yöntem olarak GPRM(Grey Prediction with Rolling Mechanism) yöntemi kullanılarak var olan tahmin modeli güncellenerek yeni geliştirilmiş GPRM(1,1) modeli ileri sürülmüştür.

Çalışmanın ikinci bölümünde gri tahmin yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar ve alternatif olarak geliştirilen gri tahmin yöntemleri incelenmiştir. GT(Gri Teori) ilk kez 1982 yılında Deng Ju-long tarafından uluslararası bir dergi olan “Systems and Control Letter”da ortaya konmuştur. Teorinin ana çıkış kaynağı siyah bilinmezliğine karşı beyaz bilinirliğinin aynı anda tüm sistemlerde bulunması ile oluşan gri sistemlerin analizidir. Gri teori bilinen beyaz olaylar üstünden bilinmeyen siyah olayların açıklanma biçimidir. Gri teori içerisinde birçok aracı barındırmakla birlikte en yaygın kullanılan gri tahmin modelleridir. Enerji, turizm, ekonometri gibi birçok alanda geniş bir kullanıma sahiptir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise çevresel bir problem olan ve tüm dünyayı etkileyen küresel ısınmadan ve sera gazlarından bahsedilmiştir. Küresel ısınmanın en büyük etkenlerinden olan sera gazları hakkında detaylı bilgi verilerek bu gazların kontrolünün önemi açıklanmıştır. Türkiye açısından sera gazlarının durumu sektörler ve çeşitlerine göre incelenmiş ve var olan durum ortaya konmuştur. Ayrıca verilerin analizinde kullanılacak ola gri modeller olan GM(Gri Model), GPRM(1,1) ve geliştirilen GPRM(1,1) yöntemleri anlatılmıştır. Elde edilen sonuçların etkinliğinin kıyaslanması amacı ile istatistiksel tutarlılık göstergeleri olan MAPE, MAE ve MSE kavramları hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde 1990-2009 yılları arasında Türkiye'ye ait sera gazları emisyon değerleri türlerine ve sektörler göre ayrı ayrı incelenmiştir. Bu emisyon değerleri GPRM(1,1) ve geliştirilen GPRM(1,1) yöntemleri ile tahmin sonuçları oluşturulmuş ve elde edilen tahminlerin gerçekleşen değerlerle kıyaslanarak etkinlikleri gösterilmiştir. Etkinlik kıyaslamasında kullanılan MAPE sonuçlarına göre daha az hata payına sahip

olan geliştirilen GPRM(1,1) modeli ile Türkiye'nin 2020 yılına kadar tahmini sera gazı emisyon değerleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada uygulama kısmı, Türkiye'nin 1990-2009 yılları arasındaki çeşitlerine ve sektörler göre oluşan sera gazı emisyon değerleri kullanılarak yapılmıştır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde meydana gelen sera gazı emisyonlarının kontrolü küresel ısınma açısından daha büyük önem arz etmektedir. Hayati öneme sahip olan problemlerin öngörülerinde bulunmak amacıyla kurulan tahmin modellerinin geliştirilerek daha etkili sonuçlar elde edildiği ortaya konmuştur.

Çalışmanın beşinci bölümünde çalışmada ulaşılan sonuçlar kısaca özetlenerek bu çalışma sonrasında yapılabilecek çalışmalara ilişkin önerilere yer verilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde gri tahmin yöntemi ile yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bununla beraber var olan tahmin yöntemlerinin de kritik öneme sahip verilerin tahmininde daha sağlıklı sonuçlar vermesi amacı ile geliştirilmesi vazgeçilmezdir. Bundan dolayı son yıllarda geliştirilen gri tahmin yöntemleri ile yapılan çalışmaların sayısı artmaktadır. Özellikle ekonomi, istatistik ve ekonometri alanlarında yoğunlaşan bu çalışmalar birçok alana yayılmaktadır. Bu bölümde gri tahmin ve geliştirilen gri tahmin yöntemleri ile yapılan çalışmalara yer verilecektir.

Hsu and Wen (1998) hızlı bir büyümeye sahip olan Asya-Pasifik ülkelerinin havayolu taşıma pazarlarını incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada birinci dereceden gri modeli kullanarak verilerdeki rastgeleliği indirgeyen Birikim Oluşturma İşlemi (Accumulating Generating Operation-AGO) üzerinde yapılan iyileştirmeler ile ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average) modeli ile karşılaştırılmış ve bu modele göre daha etkin sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir.

Hsu and Chen (2003) yapay sinir ağları ve artık modifikasyonu yöntemi kullanarak geliştirmiş oldukları birinci dereceden gri modeli, Tayvan enerji talep tahmini konulu çalışmada uygulamışlardır. Bu çalışmadaki hata oranlarındaki düşüş ile daha etkili bir tahminin aracı ortaya koyduklarını göstermişlerdir.

Albert *et al.* (2003) yaptıkları çalışmada elektrik talep kontrolü için geliştirmiş oldukları çok kısa zamanlı tahminlerde kullanılan GM(1,1) modelin daha az hata oranı ile tahmin yaptığını göstermişlerdir.

Albert and Chi (2004) ise çalışmalarında Taguchi ve gri yöntemini birleştirerek elektrik talep tahmininde kullanıp, gri tahmin için optimal α değeri hesaplamışlardır.

Mingzhi and Chirwa (2006) çalışmalarında ölümle sonuçlanan kaza verilerini kullanarak GM(1,1) yöntemi ile model kurmuşlar ve etkinliğini göstermişlerdir.

Akay and Atak (2007) Türkiye'nin endüstriyel ve toplam elektrik tüketimini GPRM(1,1) yöntemini kullanarak tahminde bulunmuş ve yöntemi hareketli hale getirmişlerdir.

Ayrıca Hsu and Wang (2007) entegre devre endüstrisinde yaptıkları çalışmada orijinal gri ve Bayesian gri model yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Bayesian yönteminde gri diferansiyel fonksiyon parametrelerini tahmin etmek amacı ile Markov zinciri kullanılmış ve elde edilen yeni yöntemin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Li and Han (2008) geleneksel GM(1,1) yöntemini genetik algoritma kullanarak geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yöntem ile günlük elektrik yük verilerini kullanarak, klasik yöntemden daha etkili sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Li and Yeh (2009) ürün yaşam döngüsünün erken aşamalarında kullanılmak üzere trend ve etki izleme yöntemini adaptif gri tahmin yöntemi ile birlikte kullanarak yeni bir model oluşturmuşlardır. Ortaya çıkarılan bu geliştirilmiş gri modelin küçük örneklemli deneysel çalışmalarda daha etkili sonuçlar verdiğini gösterilmiştir.

Lee and Tong (2011) enerji sektöründe yaptıkları çalışmada, verilerin az ve normal olmayan durumlarda tahmin sapmalarının fazlaştığını ve böylelikle var olan gri modelin geliştirilmesi gerekliliğini görmüşlerdir. Çin enerji tüketim verileri kullanılarak, Genetik algoritma ile gri tahmin modelinin birleştirilmesiyle elde edilen yeni gri tahmin yönteminin etkinliği kanıtlanmıştır.

Jing *et al.* (2011) yaptıkları çalışmada kömür madenlerindeki gaz miktarlarının tahminini GM(1,1) ve lineer regresyon yöntemleri ile yapmışlar ve GM(1,1) yönteminin daha etkin sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Chiun-Sin *et al.* (2011) ise çalışmalarında Tayvan'da 2001-2009 yılları arasında oluşan CO₂ emisyon değerlerini incelemiş ve GM(1,1) yöntemi ile ileriye yönelik tahminde bulunmuşlardır.

Tang and Zhang (2011) tarafından yapılan çalışmada enerji yük tahmininde bulunmak için, var olan orijinal gri model ile yapay sinir ağları birleştirilerek tahmin kalitesinde artış elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile geliştirilen yapay sinir ağ destekli gri tahmin modelinin etkinliği gösterilmiştir.

Xu *et al.* (2011) çalışmalarında en küçük kareler yöntemini kullanarak geliştirdikleri GM(1,1), GM(2,1) ve Grey Verhulst modellerinin karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Hsu (2011) tarafından yapılan çalışmada genetik algoritma yardımı ile gri denklem parçalarından geliştirme katsayısı 'a' parametresi ve gri etki miktarı olan 'b' parametresi üzerinde çalışmalar yaparak bulduğu sonuçları GM(1,1) ve yuvarlanan GM(1,1) modelleriyle karşılaştırılmıştır.

Mingli and Zuren (2012) kısa dönem elektrik fiyatları tahminlerinde gri tahmin yöntemini kullanarak etkinliğini göstermişlerdir.

Zhiqiang and Xiaojia (2012) geliştirdikleri GM(1,1) yöntemin, uzun dönem problemleri için sınırlı sayıda veri ile etkin tahmin yapabilirliğini, Çin'e ait enerji verilerini kullanarak gösterilmiştir.

Kang and Zhao (2012) çalışmalarında uzun dönem tahminlerinde ara ara kullanılan gri tahmin modeli üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmada uzun dönem tahminlerinde etkinliği artırılmaya çalışılan gri tahmin yöntemi hareketli ortalama ve Markov model ile birleştirilerek etkinliği uzun dönem enerji yük tahmininde gösterilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Küresel Isınma ve Önemi

Küresel ısınmanın ne olduğunu anlamak için ilk önce yerkürenin sıcaklığı nasıl tuttuğunun anlaşılması gereklidir. Güneş tarafından gönderilen güneş ışınları atmosferden geçerek yerküreye ulaşır. Daha sonra dünya bu ışınları geri yansıtır. Ancak bu yansıtma sürecinde su buharı, karbondioksit, metan gibi gazlar tarafından oluşturulan doğal bir yapı bazı ışınların tutulmasını sağlar. Bu sayede yerküre hayati fonksiyonları yerine getirmesi için gerekli olan ısıya ulaşmış olur.

Son birkaç yıldır adını sıkça duyduğumuz küresel ısınma, yıllardır bilim adamlarının dikkatini çekmiş, iklim değişikliği ve birçok unsuru direkt olarak etkileyen çevresel bir problemdir. Küresel ısınma, atmosfer, okyanuslar ve kara kütlelerinin yüzeylerinde oluşan sıcaklık artışı olarak tanımlanır. Genel olarak iklim değişikliği ile de aynı anlamda kullanılmasına rağmen bu iki kavram arasında farklılıklar bulunmaktadır. Küresel ısınma, dünyada oluşan ısının ortalama değerinin iklim değişikliği meydana getirecek şekilde değişmesi olarak tanımlanırken, iklim değişikliği, belirli bölgedeki mevsimlik yağış, sıcaklık ve nem değerlerindeki değişimleri gösterir (Özcan ve Kayman 2008).

Günümüzde, küresel ısınma problemi, canlı yaşantısının devamlılığı açısından en önemli tehdit faktörü olarak görülmektedir. Nitekim yerküre sıcaklığının son yüzyıl içerisinde $0,6^{\circ}\text{C}$ artması ve buzulların erimeye başlaması nedeniyle deniz seviyelerinde 0,1 ile 0,2 metre yükseliş görülmesi bizi ne kadar ciddi tehlikelerin beklediğini ortaya koymaktadır. Deniz seviyelerinde olan yükselmelerin sonucu yaşanacak olan tarım arazilerinin kaybı ile ortaya çıkacak gıda sıkıntısı dikkate alındığında, küresel ısınma sorununun sürdürülebilir kalkınma alanında da, ileride çok büyük felaketlere yol açabileceği daha iyi anlaşılabilir (Watkins *et al.* 2005).

Küresel ısınma sonucu, gelecek dönemlerde dünyanın bazı bölgelerinde kuraklıklar baş gösterirken, diğer bölgelerde ise sel felaketlerinin oluşabileceğinden bahsedilmektedir. Son yıllarda, karalardaki buzlanmanın ve kar örtüsünün önemli derecede azaldığı görülmüştür. İklim farklılaşması sonucu oluşan kasırgalar, seller ve kuraklıklar, bio-çeşitliliğin ve bazı türlerin yok olması tehlikesini de beraberinde getirmektedir (Karakaya ve Özçağ 2003).

Küresel ısınmanın çevresel bir sorun olarak görülmesi, insan faaliyetlerinin iklim sistemi üzerindeki etkilerine ilişkin ilk kanıtların bulunmasıyla ortaya çıkmıştır. Dünyanın çeşitli bölgelerinde ciddi sonuçlar doğuran felaketlerin yaşanması da kamuoyunun dikkatini küresel ısınma üzerine çekmiştir. Günümüzde en büyük küresel çevre sorunu olarak nitelendirilmekte ve gelecek kuşakların yaşam olanakları üzerinde en büyük baskı unsuru olarak görülmekte olan küresel ısınmaya sebebiyet veren birçok neden bulunmaktadır.

3.2. Küresel Isınmanın Sebepleri

Küresel ısınmanın sebeplerini, ağırlıklı olarak doğal nedenlere ve ağırlıklı olarak insan faaliyetlerine bağlayan iki farklı yaklaşım vardır. İlk görüşe göre, dünyanın oluşumundan bu yana iklimde sürekli olarak değişimler zaten var olmaktadır. Örneğin, 700 ile 1400 yılları arası bir küresel ısınma dönemi, 19. yüzyılın ortalarına kadar ise bir soğuma dönemi olup, son 150 yıldır sanayi devrimiyle beraber artış gözlenen emisyon düzeylerinin de etkisiyle yeniden bir ısınma dönemi yaşanmaktadır (Çabuk 2011).

Bu yaklaşıma göre, küresel ısınma sebepleri olarak, okyanusların ısı değişimleri, volkanik aktiviteler, atmosferdeki kimyasal değişim, kıtaların hareketi, atmosferin ve yeryüzünün güneş ışınlarını yansıtma düzeyi, güneş ışımlarındaki değişimler, Dünya'nın kendi eksenini ile Güneş etrafında dönerken izlediği yörüngesindeki periyodik değişimler, evrendeki toz bulutları ve göktaşları gösterilmektedir.

Buna ek olarak, küresel ısınmanın, sayılan nedenlerden etkilenmekle birlikte, arazi kullanım değişikliği, daha çok enerji tüketimi ve ormansızlaştırma, endüstriyel işlemler, tarımsal faaliyetler gibi insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarından kaynaklandığını savunan ikinci bir görüşün haklılığı, konuya ilişkin birçok araştırma raporları ile de kanıtlanmıştır. IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından yayımlanan 2001 yılındaki İklim Değişikliği Raporu’nda insan faktörünün etkisi %60 olarak belirlenmişken, söz konusu oran 6 sene içerisinde %90’lara ulaşmıştır (Çabuk 2011).

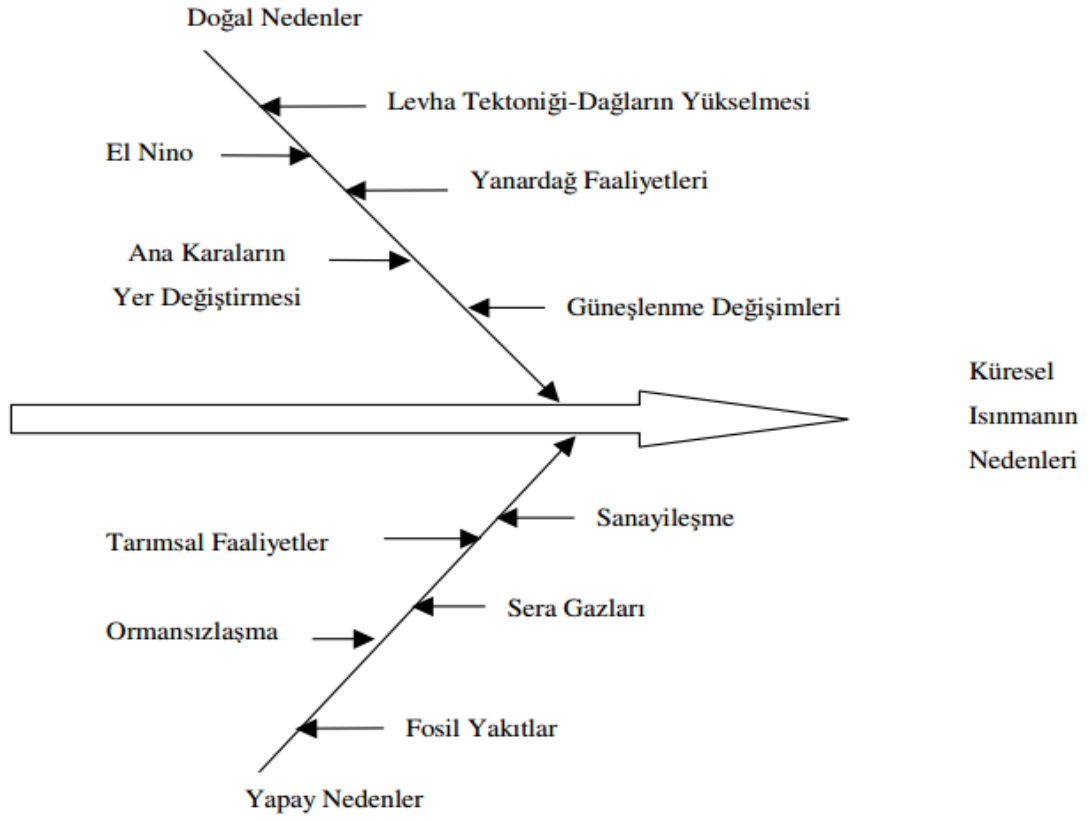
Bu iki yaklaşımdan da anlaşılacağı üzere küresel ısınma üzerinde etken olan öğeler genel olarak “doğal nedenler” ve “yapay nedenler” olarak incelenebilir.

Doğal nedenler arasında yer alan güneş değişimleri, güneşlenmedeki azalmanın, bir başka deyişle Güneş’ten gelen ısı enerjisi miktarındaki azalmadan dolayı oluşacak soğuma, karın yerde daha fazla miktar ve sürede birikim göstermesine sebep olacaktır. İkincil doğal etkenlerden olan anakaraların yer değiştirmesi, 200 milyon yıl kadar önce parçalanmaya başlamış olan Pangea, yani, kıtada deniz kolları, kara uzantıları vb. oluşumları ile oluşan biçimsel değişiklikler gerek okyanus akıntılarını (sıcak veya soğuk), gerekse atmosferdeki hava akımlarını ciddi boyutlarda değiştirmiş, böylece iklim farklılaşmaları ve değişimleri görülmüştür. Üçüncü neden olarak dünyanın kabuğunu oluşturan taşkürede yüz milyonlarca yıl önce oluşan levhalar sürekli olarak birbirlerine yaklaşmasından veya uzaklaşmasından dolayı çarpışmalar meydana gelmiş, levhaların birbirini itmesi sırasında dağ oluşumları görülmüştür. Oluşan bu dağlar hava kütlelerinin yer değiştirmesini etkileyerek sıcaklıklarda daha büyük farklılıklar meydana gelmesine yol açmış ve levha tektoniği olarak adlandırılmıştır. Dördüncü neden olarak yanardağ faaliyetleri gösterilir. Toz, kükürtdioksit ve karbondioksit gibi gazlar, yanardağların patlaması sırasında atmosfere yayılarak Güneş’ten gelen ışınları yansıtma etkisi gösterir. Böylece Dünya’nın enerji alış-veriş dengesinin bozulmasına sebep olur. Beşinci neden olarak belirtilen El Nino, “Güney salınımı sıcak olayı” olarak bilinir. El Nino hareketi, 1990-1998 yıllarında tropikal doğu Pasifik Okyanus’unda deniz yüzeyi sıcaklıklarının normalden 2-5°C daha yüksek olmasına neden olmuştur. 1997-1998 kuvvetli El Nino olaylarının etkisinin önemli

olduğu kabul edilmektedir. 1998'deki çok kuvvetli El Nino 2007 yılının küresel rekor ısınmasına katkıda bulunan ana etmen olarak değerlendirilir (Çağlar vd 2008).

Küresel ısınmayı yapay nedenler de etkilemektedir. Bu yapay nedenler insan kaynaklı etkiler olarak bilinmektedir. İnsan kaynaklı küresel ısınma bilimsel olarak kanıtlanmış olup, içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli küresel çevre problemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu problemin sebebi olarak sanayileşme, fosil yakıtlar, ormansızlaşma, tarımsal faaliyetler ve sera gazları olarak sıralanabilir.

Yapay nedenler incelendiğinde sanayi devrimi ile artış gösteren sera gazlarından CO₂ miktarında, 2007 yılı başlarında Mauna Loa gözlem istasyonunda yapılan incelemelerde yaklaşık 1,5 katlık bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Çağlar vd 2008). Özellikle sanayi devrimi sonrası artan enerji ihtiyacının karşılanması amacı ile kullanılan fosil yakıtların yanması sonucunda ortaya çıkan sera gazları iklim değışikliğine sebep olacak sonuçlar doğurmuştur. Bir diğ er neden olan ormansızlaşma ise CO₂ döngüsünü etkilemesinden dolayı önemli nedenler arasında yer almaktadır. Metan ve diazotmonoksit değ işiminin ana kaynağı tarımsal faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerde gerçekleş en olumsuzluklar doğadaki sera gazı miktarını etkilemekte dolayısı ile küresel ısınmaya sebebiyet vermektedir. Sera gazları ise tüm bu nedenleri kapsayacak boyutta olup dünya yüzeyini saran ve gerekli ısının yerkürede kalmasını sağlayan bir gaz örtüsüdür.



Şekil 3.1. Balık kılçığı yöntemi ile küresel ısınma sebepleri (Çağlar 2008)

Çağlar vd (2008) küresel ısınma probleminin temel sebeplerini incelemek amacı ile Şekil 3.1’de balık kılçığı yöntemi kullanılmışlardır. Bu yöntem ile olası sebeplerin incelenmesi ve önceliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Şekil 3.1 incelendiğinde kontrol altında tutulabilecek nedenler arasında insan kaynaklı yapay nedenler yer almaktadır. Bu insan kaynaklı nedenler arasından tüm diğer etkenlere nazaran sera gazları ön plana çıktığını ve etkisinin diğer etkenlere göre daha büyük boyutlarda olduğu gösterilmiştir.

3.3. Sera Gazları ve Sera Etkisi

Sera gazları, atmosferde bulunan ve sera etkisi yaratan kimyasal gaz bileşikleriy olarak açıklanmaktadır. Bu gazlar atmosferde sera etkisi oluşturur biçimde davranış sergiledikleri için “sera gazları” ismini almışlardır.

Sera gazlarının tanımı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nde ise şu şekilde yapılmıştır: “Sera gazları, hem doğal, hem de insan kaynaklı olup atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumlarıdır”.

Sera gazlarını doğal sera gazları ve diğer sera gazları olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O) ve ozon (O_3) doğal sera gazları sınıfında bulunurken, endüstriyel üretim sonucu ortaya çıkan hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs) gibi florlu bileşikler ise dolaylı sera gazları sınıfında değerlendirilebilir (Özcan ve Kayman 2008).

3.3.1. Sera gazlarının oluşumu

İnsan kaynaklı sera gazlarının birçoğunun kökeni fosil yakıtların yanmasından, sanayi, enerji üretimi, ulaştırma ve tarımsal etkinliklerden kaynaklanmaktadır. Fakat burada en önemli kaynak enerji üretiminde kullanılan kömür, petrol, doğalgaz, vb. gibi fosil yakıtlar ve sanayidir.

3.3.1.a Karbondioksit (CO_2)

Karbondioksit (CO_2), küresel ısınma üzerinde etkili olan sera gazları arasında en önemli sırayı almaktadır. Toplam sera gazları içindeki payına bakıldığında %80’i aşmakta olduğu görülmektedir. Atmosferde hacimsel olarak %0.04 gibi çok düşük bir oranda olmasına karşın sera etkisine olan katkısı nedeniyle önemi büyüktür (Koçak 2013).

Doğadaki en büyük CO₂ deposu okyanuslardır. Atmosferik CO₂'in 50 katından fazlasını okyanusların içermekte olduğu bilimsel çalışmalar sonucu ispatlanmıştır. Kömür, petrol, doğalgaz, linyit gibi fosil yakıtların yanması, bitkilerin üremesi sırasında, volkanik faaliyetler esnasında önemli miktarda CO₂ atmosfere karışır. Son 20 yılda, atmosfere verilen insan kaynaklı CO₂ gazının yaklaşık %80'i fosil yakıtların ısınma, sanayi ve ulaşım alanlarında kullanılmasından, geri kalanı da arazi kullanımı farklılığı ve özellikle ormanların yok edilmesinden kaynaklanmıştır. İnsan kaynaklı oluşan CO₂ yılda yaklaşık %0.5 artmaktadır (Yamanoğlu 2006).

3.3.1.b. Metan (CH₄)

Metan (CH₄) gazı, sera etkisi yaratan, atmosferdeki ikinci önemli gazdır. Yoğun olarak bataklık alanlardan, tarım ve hayvancılık sektöründen kaynaklanmaktadır. Özellikle az gelişmiş Asya ülkelerinin temel besin kaynağı olan pirinç üretimi için çeltik ekim alanları ve çöplükler metan gazının temel kaynağıdır. Aynı zamanda doğalgaz, kömür ve petrolün taşınması ve üretimi sırasında bir miktar metan gazı atmosfere ulaşmaktadır. Metanın atmosferdeki miktarı, 1750 yılından beri %151 oranında artmıştır. Bu da atmosferdeki metan miktarının Sanayi Devrimi'nden beri iki kat artmış olduğunu göstermektedir. Günümüzde insan kaynaklı oluşan metan emisyonu ise 300-550 milyon ton/yıl arasında değişmektedir. Araştırmalar, atmosferdeki CH₄ artışının karbondioksit göre daha hızlı olduğunu göstermektedir. Atmosferdeki metan konsantrasyonunun yıllık artış miktarı yaklaşık %0.9'dur. Ayrıca metanın, karbondioksit göre kızıl ötesi ışınları tutma gücünün çok daha fazla olması nedeniyle, bir kilo metan gazı, bir kilo karbondioksitten yaklaşık 63 kat daha güçlü sera etkisine sahiptir. (Yamanoğlu 2006).

3.3.1.c. Diazotmonoksit (N₂O)

Diazotmonoksit (N₂O) gazının yaklaşık üçte biri, tarım ve tarım faaliyetlerinde gübre kullanımı, kimya endüstrisi ve ormansızlaştırma neticesinde oluşmaktadır. Atmosferdeki yoğunluğu yılda %0,8 artan N₂O'nun küresel ısınmaya katkısı ise %6

civarındadır. Diazotmonoksidin %90'ının toprakta oluştuğu kabul edilip 170 yıl boyunca atmosferde parçalanmadan kalabildiği tahmin edilmektedir (Yamanoğlu 2006).

3.3.1.d. Florlu Gazlar (F Gazlar)

Florlu gazlar olarak isimlendirilen hidroflorokarbonlar (HFCs), başka bir ifadeyle halojenli karbon gazları 1987 tarihinde Montreal Protokolü ile kullanımı sınırlandırılan, ozon tabakasını incelten maddelerin yerine kullanılmaya başlanmıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, çeşitli kaynaklardan atmosfere bırakılan CFC'lerin ozon tabakasında deformasyonlar meydana getirdiğini göstermiştir. Bundan dolayı, ozon tabakasının yeryüzündeki hayatı, güneşten gelen ultraviyole ışınlarının zararlı etkisinden koruma özelliğinde düşüşler gözlemlenmektedir. Montreal Protokolü ile kullanımına sınırlama getirilmesinden dolayı, 1995 yılından beri florlu gazlardaki artış veya azalış oranları çok küçük miktarlarda olmuştur. Ancak, bu gazların sanayide kullanılması sera etkisine yol açmaktadır. Ozon tabakasını incelten maddelere alternatif olarak kullanılan maddeler "Montreal Protokolü ile denetlenemeyen tüm sera gazları " ifadesi ile birlikte 1994 yılında yürürlüğe girmiş olan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) konusu olmuştur. Bu gazlar modern ve teknolojik bir hayatın içinde çeşitli üretim süreçlerinden meydana gelmektedir. Bazı gelişmekte olan ülkelerde soğutucularda gaz olarak kloroflorokarbonlar kullanılmaktadır. Halokarbonların küresel ısınmaya katkısı %24 seviyelerindedir. Ozon tabakasının incelmesine de neden olan bu gazlar, atmosferde 60 ile 100 yıl arasında kalabilmektedir (Yamanoğlu 2006).

Doğada bulunan ve en önemli sera etkisine sahip bu dört gaz çeşidi yerkürede ısınmanın oluşabilmesi için önem arz etmektedir. Bununla beraber, ısınma boyutunun normal değerler üstünde olmaması için de havada bulunan bu gaz oranlarının değerisinin normal sirkülasyon boyutlarında olması gereklidir. Sera gazı emisyon değerlerini kontrol altında tutmak isteyen ülkeler için sera gazı emisyon değerlerinin tutulması ve değerlendirilmesi olmazsa olmaz koşullardan biridir. Bir sonraki bölümde Türkiye'de oluşan sera gazları ile ilgili detaylı bilgi verilerek, değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.4. Türkiye Açısından Sera Gazlarının Değerlendirilmesi

Türkiye’de sera gazları emisyon hesaplaması ve verilerin tutulması TÜİK(Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından yapılmaktadır. Bu veriler sera gazlarını sektörlere ve çeşitlerine göre iki ana başlık altında toplamıştır.

Sektörlere göre hesaplanan sera gazları enerji, endüstriyel işlemler, tarımsal faaliyetler ve atıklar olmak üzere 4 ayrı başlık altında hesaplanır. TÜİK’ten alınan veriler ışığında Türkiye’de sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımında 2009 yılı itibari ile en büyük pay %75,30 ile enerji sektörüne ait olmaktadır. Daha sonra atıklardan oluşan sera gazları %9,18’lik bir dilime sahiptir. Endüstriyel işlemler ve tarımsal faaliyetler ise sırasıyla %8,57 ve %6,95’lik bir katkıya sahiptir (TÜİK, 2012).

Çizelge 3.1. Sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları (milyon ton CO₂ eşdeğeri), 1990 – 2009 (TÜİK, 2012)

	1990	1995	2000	2005	2009
Enerji	132,13	160,79	212,55	241,75	278,33
Endüstriyel İşlemler	15,44	24,21	24,37	28,78	31,69
Tarımsal Faaliyetler	29,78	28,68	27,37	25,84	25,7
Atık	9,68	23,83	32,72	33,52	33,93
Toplam	187,03	237,51	297,01	329,9	369,65

Çizelge 3.1’den de görülebileceği üzere 1990-2009 yılları arasında sera gazı emisyonlarının büyük çoğunluğunu oluşturan enerji sektöründeki salınım artışı yaklaşık %110’dur. Tarımsal faaliyetlerde ise %13’lük bir azalış dikkati çekmektedir. Bu tablodan da görüldüğü üzere sera gazı emisyon değerleri üzerinde en büyük etki enerji sektörü tarafından oluşturulmaktadır.

TÜİK tarafından tutulan bir diğer sera gazı verisi ise çeşitlerine göre sera gazlarının emisyon değerleridir. Çizelge 3.2’de 1990-2009 yılları arasında çeşitlerine göre sera gazı emisyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çeşitlerine göre toplam sera gazı emisyonları (milyon ton CO₂ eşdeğeri), 1990 – 2009 (TÜİK, 2012)

	1990	1995	2000	2005	2009
CO ₂	141,36	173,9	225,43	259,61	299,11
CH ₄	33,5	46,87	53,3	52,38	54,37
N ₂ O	11,57	16,22	16,62	14,18	12,53
F Gazlar	0,6	52	1,66	3,73	3,64
Toplam	187,03	237,51	297,01	329,9	369,65

2009 yılı itibari ile CO₂ emisyon değeri toplam sera gazı emisyonunun %80,92’lik kısmını oluşturmaktadır. Bununla beraber CO₂ emisyon oranında 1990-2009 yılları arasında %111,60’lık bir artış söz konusudur. 2009 yılı sera gazı verilerine göre sırasıyla CH₄, N₂O ve F gazlar %14,71, %3,39 ve %0,98’lik paylara sahiptirler. Bununla beraber F gazlarda 2009 yılı itibari ile 1990 yılına göre %506,66’lık bir artış gerçekleştiği görülmektedir. CH₄ ve N₂O gazlardaki artış oranı ise sırasıyla %62,3 ve %8,29 olmuştur.

TÜİK tarafından tutulan bu veriler yukarda da bahsedildiği gibi sektörlere ve çeşitlerine göre ayrılmakta ve 1990 yılı itibari ile yıllık düzenli veriler içermektedir. Önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere sera gazları küresel ısınma üzerinde en büyük etkenlerden biridir. Ülkelerin, insan kaynaklı sera gazlarının kontrolü için yaptıkları araştırmalar arasında en önemli yere sahip olan alanlardan biri de tahmin çalışmalarıdır. Geçmişte oluşan değerlerin, gelecekte oluşacak değerlere bir gösterge olduğu varsayımından çıkan tahmin çalışmalarının birçok çeşidi bulunmaktadır.

Küresel ısınma gibi hayati öneme sahip olan problemlerin tahmini ile ilgili yapılacak çalışmalarda literatürde kullanılan birçok yöntem olmakla birlikte tutarlılığı, kaotik ve belirsiz sistemler için uygunluğu, disiplinler arası kullanılabilirliği ve bu özelliklerin tamamının gerçek hayat problemleri ile kesişmesinden dolayı “Gri Teori” alt başlığı altında incelenen “Gri Tahmin Yöntemi” tercih edilmiştir.

3.5. Gri Sistem Teorisi

Gri sistem teorisi ilk olarak 1982 de Deng Ju-long tarafından “Systems and Control Letter” adlı dergide ortaya konarak, özünde tam olarak bilinmeyen veya bilgi süreci tam olarak tamamlanmamış bilginin “gri eleman” olarak tanımlanması yapılmıştır (Özkara 2009).

Gri sistem teorisinde, belirsizliğin olmadığı kusursuz bilgiye sahip olan bir sistem beyaz renk ile sembolize edilmiştir. Tam zıt özelliklere sahip olan sistem ise siyah olarak nitelendirilmiştir. Yalnızca kısmi bilgiye sahip olan sistemler ise “gri sistemler” olarak nitelendirilmiştir (Lin vd 2004).

Bu sistem gri matrislere ek olarak bu matrislerin işlemleri ile ilgilenen bir matematik sistemidir. Gri sistem teorisinin temel konusu doğru verileri kullanan bir sistemin, aslında bu veriler arasında işleyen kurallarını göz önüne koymaktır. Bu süreç de gri sisteme has dizilerin üretilmesi ile mümkündür (Özkara 2009).

Gri teori, gri ilişkisel analiz, gri modelleme, gri karar verme ve gri tahmin gibi alt başlıklarla farklı alanlarda uygulanmaktadır. Bu çalışmada gri teorisinin ilgili alt başlıklarından gri tahmin yöntemleri incelenmiş ve bu yöntemlerden bir tanesi olan GPRM(1,1) modeli geliştirilerek tahmin çalışmasında kullanılmıştır.

3.6. Gri Sistemlerde Modelleme ve Gri Tahmin

Gri tahmin, yapısı kaotik, karmaşık ve belirsiz olan sistemler için üretilmiş alternatif bir tahmin yöntemidir. Gri tahmin yönteminin, diğer tahmin teknikleri ile karşılaştırıldığında avantajlı olarak gösterilebileceği, model kurmak için az sayıda veriye ihtiyaç duyması, yüksek tahmin tutarlılığı gibi pek çok özelliği vardır. Literatürde gri tahmin ile yapılmış pek çok çalışmanın bulunması, gri tahminin pratik ve gerçekçi bir araç olduğunu göstermektedir (Akay and Atak 2007).

3.6.1. Birikim oluşturma işlemi (BOİ)

Kaotik ve karmaşık verilerde verinin kendine has özelliklerini ya da o verilere ait kuralları ortaya çıkarmak için Birikim Oluşturma işlemi (Accumulating Generating Operation-AGO) kullanılır. Birikim oluşturma işlem süreci gri sistemlerde kullanılan beyazlaştırma metodudur.

Bir $X^{(0)}$ negatif olmayan veri serisi ele alalım ve A bir dizi operatörü olsun.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_n) \quad (3.1)$$

ve

$$x^{(0)}A = (x^{(0)}_1a, x^{(0)}_2a, x^{(0)}_3a, \dots, x^{(0)}_na) \quad (3.2)$$

olur.

Buradan

$$X^0(k)a = \sum_{i=1}^k X^0(i), \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.3)$$

olarak A, $X^{(0)}$ serisinin birinci dereceden birikim oluşturma operatörüdür. Bu işlemde $X^{(0)}$ 'ın r kez A operatörünün uygulanması ile r' inci dereceden birikim operatörü oluşturma operatörü adını alır.

$$x^{(0)}A = X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, x^{(1)}_3, \dots, x^{(1)}_n) \quad (3.4)$$

ve

$$x^{(0)}D^{(r)} = X^{(r)} = (x^{(r)}1, x^{(r)}2, x^{(r)}3, \dots, x^{(r)}n) \quad (3.5)$$

olur. Buradan

$$X^r(k) = \sum_{i=1}^k X^{r-1}(i), \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.6)$$

olur.

3.6.2. Ters birikim oluşturma işlemi (TBOİ)

Ters birikim oluşturma işlemi, birikim oluşturma işlemi sonucunda oluşan verileri orijinal verilere çevirmek için yapılan geri dönüş işlemidir.

Bir $X^{(0)}$ negatif veri içermeyen bir seti ele alalım ve $\bar{A}$ bir dizi operatörü olsun.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}n) \quad (3.7)$$

ve

$$X^1\bar{A} = X^0 = (X^1(1)\bar{a}, X^1(2)\bar{a}, \dots, X^1(n)\bar{a}) \quad (3.8)$$

Buradan

$$X^1(k)\bar{a} = X^1(k) - X^1(k-1), \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (3.9)$$

olmak üzere $\bar{A}$, $X^{(1)}$ serisinin birinci dereceden ters birikim operatörüdür. Bu operatörün r kez uygulanması ile r 'inci dereceden operatörü elde edilir.

$$X^1\bar{A} = X^0 = (X^0(1), X^0(2) \dots, X^0(n)) \quad (3.10)$$

ve

$$X^{(k)}\bar{A} = X^{(k-1)}\bar{A}^{(k-1)} = (X^{(k-1)}(1), X^{(k-1)}(2) \dots, X^{(k-1)}(n)) \quad (3.11)$$

burada

$$X^{(k-1)}t = X^{(k)}t - X^{(k)}(t-1) \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (3.12)$$

3.6.3. Gri diferansiyel denklemler

Aşağıda bulunan diferansiyel denklemi ele alalım

$$\frac{dx}{dt} + ax = b \quad (3.13)$$

x, dx/dt nin arkaplan değeri, a ve b ise diferansiyel denklem parametrelidir.

Aşağıda bulunan denklem;

$$X^0(k) + az^1 = b \quad (3.14)$$

burada,

$$z^1(k) = 0.5X^1(k) + 0.5X^1(k-1) \quad (3.15)$$

ve bir gri diferansiyel denklemdir.

3.7. GM(1,1) Modeli

Yapılan çalışmalarda GM(1,1) en geniş kullanım alanına sahip modeldir. Bu süreç birinci dereceden bir değişkenli gri model olarak adlandırılır. Pozitif veri serilerine uygulanan bu model aslında bir zaman serisi analiz yöntemidir (Deng 1989).

Tahmin değerlerini oluşturmak için ilk operatör olan birikim oluşturma işlemi yapılır ve veriler kümülatif biçime dönüştürülür. Bir önceki bölümde bahsedilen matematiksel işlemler yapılarak gri diferansiyel denklem çözülür. Sonrasında tahmin değerlerine ulaşılır. Ulaşılan bu tahmin değerleri kümülatif olduğu için tersine birikim oluşturma işlemi kullanılarak veriler normal değerlerine dönüştürülerek asıl tahmin sonuçları elde edilir.

$X^{(0)}$ serisinin tek çıktısı olan bir zaman serisi olduğunu farzedelim

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_n) \quad n \geq 4 \quad (3.16)$$

Burada $X^{(0)}$ pozitif serisinin örnek büyüklüğü n 'dir. Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, x^{(1)}_3, \dots, x^{(1)}_n) \quad n \geq 4 \quad (3.17)$$

$X^{(1)}$ aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$X^1(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (3.18)$$

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad (3.19)$$

Burada $Z^{(1)}$ ardarda gelen verilerin ortalamasıdır.

$$Z^{(1)}(k) = (0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1)) \quad k = 2, 3 \dots n \quad (3.20)$$

Gri diferansiyel denklem için en küçük kare tahmin dizisi, GM(1,1) için aşağıda tanımlandığı gibidir;

$$X^0(k) + az^1 = b \quad (3.21)$$

Oluşturulan modelin beyazlaştırma denklemi şu şekildedir,

$$\frac{dx^1(t)}{dt} + ax^1 = b \quad (3.22)$$

$[a, b]^T$ seri parametreleri aşağıdaki şekilde bulunur,

$$a, b^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (3.23)$$

Burada Y ve B matrisleri,

$$Y = [X^0(2), X^0(3), \dots, X^0(n)]^T \quad (3.24)$$

$$B = \begin{pmatrix} -z^1(2) & 1 \\ -z^1(3) & 1 \\ -z^1(4) & 1 \\ -z^1(5) & 1 \\ \vdots & 1 \\ \vdots & 1 \\ -z^1(n) & 1 \end{pmatrix} \quad (3.25)$$

Tahmin edilen a ve b katsayılarına göre, denklem x'deki diferansiyel denklemin çözülmesi ile gri tahmin denklemi elde edilmektedir.

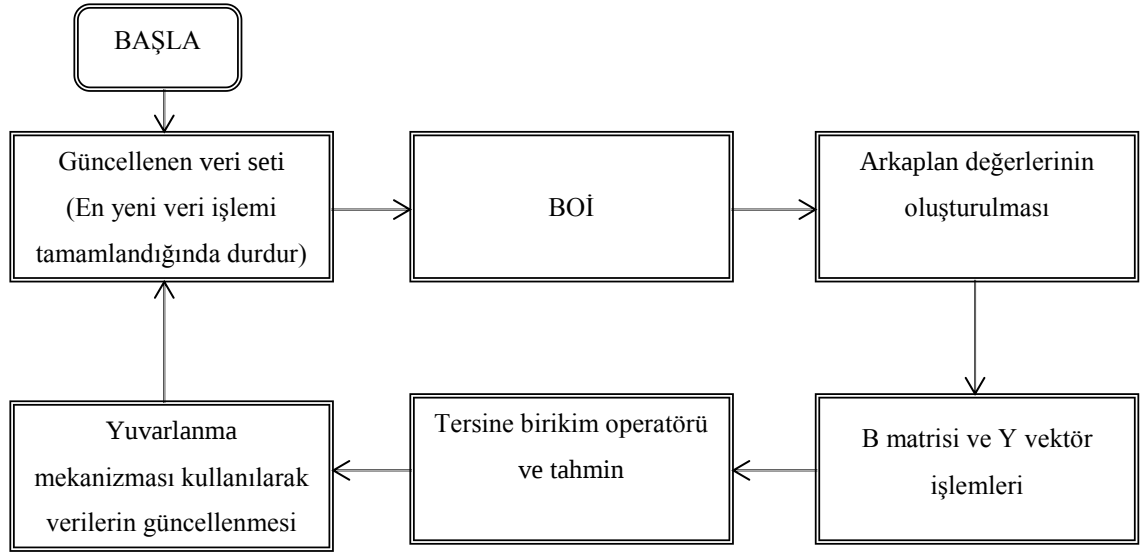
$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (3.26)$$

Elde edilen denklem k+1 zaman için tahmin edilen x'in kümülatif gösterim biçimidir.

GM(1,1) modelinde (-a) parametresi geliştirme katsayısı, b parametresi ise gri etki miktarı olarak adlandırılır. a katsayısı $X_p^{(1)}$ ve $X_p^{(0)}$ 'ın gelişim durumlarını; b katsayısı ise arka plandaki değerlerden türetildiği için veride toplanan değişiklikleri yansıtmaktadır (Özkara 2009).

3.8. GPRM(1,1) Modeli

GM(1,1)'de tüm data seti, tahminde bulunmak için kullanılır. Kaotik datalara sahip olma durumunda tahmin yaparken sadece son zamanlara ait verilerin kullanılması tahmin doğruluğunu artırmak için önerilmektedir. GPRM, bu yaklaşımı sağlamak için GT de kullanılan bir yöntemdir. GT yönteminde, $x^{(0)}(k+1)$ GM(1,1)'in $k < n$ olduğu sürece $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots x^{(0)}(k))$ denkleminde uygulanması ile tahmini yapılır. Sonuç bulunduktan sonra $x^{(0)}(k+1)$ datanın sonuna eklenerek ve aynı zamanda en eski data, data setinden çıkarılarak işlem tekrarlanır. Bir sonraki döneme ait $x^{(0)}(k+2)$ tahmin değeri $x^{(0)} = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), x^{(0)}(4) \dots x^{(0)}(k+1))$ kullanılarak elde edilir. GPRM(1,1) modeli Şekil 3.2'de akış biçimi gösterilmiştir.



Şekil 3.2. GRPM(1,1) modeli işlem adımları

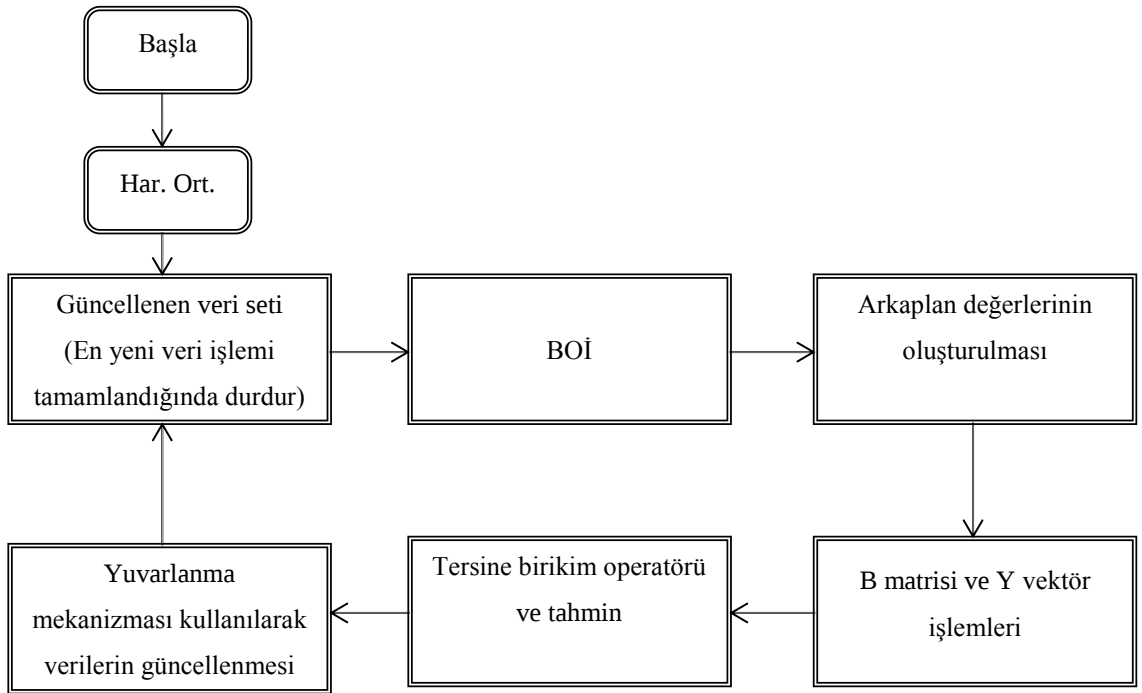
3.9. Geliştirilen GPRM(1,1) Modeli

Gri modelin çeşitli avantajlarının yanında sınırlı kaldığı noktalar da vardır. Belirsizliğin ve dalgalanmanın fazla olduğu durumlarda yapılan tahminlerde sapmalar artmaktadır. Düzgün artan serilerde gri tahminle yapılan çalışmaların hata oranları çok daha düşüktür. Bundan dolayı belirsizliğin ve dalgalanmanın fazla olduğu durumlarda kullanılan veri setlerinde, verilerin işleme alınmasında önce belirsizliğin ve dalgalanmanın giderilmesi tahmin sağlığı açısından büyük önemi vardır.

Geliştirilen GPRM(1,1) modelinde, orijinal veri ile işleme başlandığında öncelikle verilerin dağılım derecelerine dikkat edilmektedir. Bundan dolayı dalgalanmanın fazla olduğu durumlarda yapılan tahminlerde sapmalar arttığından, ilk önce orijinal veri setinde düzenlemeler yapılarak kendisinden önce ve sonra oluşan set elemanı değerlerinin o döneme ait gerçekleşen veriye etki etmesi amaçlanmıştır. Böylelikle veri

setinde herhangi bir dönemde oluşan aşırı artış veya azalışın etkisi diğer dönemlerde oluşan değerlerde kullanılarak yumuşatılmış olacaktır.

Çalışmamızda GPRM(1,1) için başlangıç veri setlerinin hareketli ortalama metodu kullanılarak tekrar düzeltilen verilerin işleme girmeden önceki halleri oluşturulmuş ve verilerde meydana gelen aşırı dalgalanmalar giderilmiştir. İstenmeyen dalgalanmaların giderilmesinden sonra GPRM(1,1) işleminde uygulanan adımlar tekrarlanarak tahmin değerleri elde edilmiş ve Şekil 3.3’de de adımları gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Geliştirilen GPRM(1,1) modeli işlem adımları

Hareketli ortalama uygulaması,

$$\hat{x}^{(0)}(t) = \frac{ax^{(0)}(t-1)+bx^{(0)}(t)+cx^{(0)}(t+1)}{a+b+c} \quad t=2,3,...(n-1); \quad (3.27)$$

Veri setinin başlangıç ve bitiş değerleri

$$\hat{x}^{(0)}(1) = \frac{ax^{(0)}(1)+bx^{(0)}(2)}{a+b} \quad (3.28)$$

$$\hat{x}^{(0)}(n) = \frac{ax^{(0)}(n-1)+bx^{(0)}(n)}{a+b} \quad (3.29)$$

şeklinde hesaplanır.

3.10. Gri Modelin Hata Tahmini

Çeşitli tahmin modelleri arasından birini seçme sürecinde yaygın olarak kabul gören ölçütlerden birisi, modelin öngörü başarısının yüksek olmasıdır. Örneğin, iki modelin faydası ve geçerliliği eşit olduğunda, iki modelin tahmin başarıları karşılaştırılmakta ve daha iyi öngörü doğruluğu sağlayan model tercih edilmektedir. Bu amaçla, oluşturulan modellerin tahmin doğruluklarının karşılaştırılması için çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır (Akgül 2003).

Tahmin doğruluk testi için, öngörü dönemine ait gözlem değerleri göz ardı edilerek gözlem dışı bırakılır ve önerilen modele dayandırılarak geçerli dönemlere ait değerler tahmin edilir. Modellerin öngörü doğruluğunun ölçümünde kullanılan istatistikler; Hata Kareler Ortalaması (Mean Squared Error - MSE), Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (Root Mean Squared Error - RMSE), Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error - MAE), Ortalama Yüzde Hata (Mean Percentage Error – MPE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) ve Theil-U istatistiği olarak sıralanabilir (Öztaş 2012). Bu istatistiklerden yaygın olarak kullanılanlarının formülü aşağıda verilmiştir:

$$MAPE = \frac{\sum |y_t - \hat{y}_t|}{n} * 100 \quad (3.30)$$

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n} \quad (3.31)$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \quad (3.32)$$

Burada;

n: tahminde bulunulan dönem sayısı

y_t : t döneminde gerçekleşen değer

$\hat{y}_t$: t dönemi için hesaplanan tahmini değer

değerlerini belirtmektedir.

Sayılan kriterler arasında Ortalama Mutlak Yüzde Hata'nın (MAPE) öngörü hatalarını yüzde olarak ifade etmesi ile tek başına bir anlamının olması, diğer kriterlere göre üstünlüğü olarak kabul edilmektedir (Akgül 2003). Ayrıca literatürde yapılan gri tahmin çalışmalarının birçoğunda hata ölçümlerinde MAPE yönteminin kullanılmasından dolayı çalışmada da test için tercih edilmiştir.

Yapılan tahminler sonucunda elde edilen hata miktarlarının geçerliliğinin test edilmesi için MAPE değerleri %10'nun altında olan tahmin modellerini 'yüksek doğruluk' derecesine sahip modeller olarak sınıflandırmıştır (Witt and Witt 1992).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde Türkiye sera gazı emisyon değerleri analiz edilecek ve geleceğe yönelik tahmin değerleri oluşturulacaktır. TÜİK'den elde edilen veriler kullanılarak GPRM(1,1) ve geliştirilen GPRM(1,1) modelleri ile tahmin çalışması yapıp etkinlikleri karşılaştırılacaktır. Daha sonra etkinliği gösterilen geliştirilmiş GPRM(1,1) model yardımıyla gelecek dönemlere ait tahminlerde bulunulacaktır. GPRM(1,1) kısaca GM(1,1) modelinin hareketli yapısına sahip bir yöntem olmakta, geliştirilen GPRM(1,1) model ise GPRM(1,1) modelin önceden verilerde oluşan aşırı dalgalanmaların giderilmiş hali olarak tanımlanabilir.

4.1. GPRM(1,1) Yöntemi ile Sera Gazı Emisyon Tahminleri

Son yıllarda bilgisayar teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması ve bunula beraber programcılığın da her alanda ilerleme kaydetmesi ile birlikte el ile çözüm yerine, daha hızlı ve kolay sonuç alınabilen bilgisayar programları tercih edilmektedir. GPRM(1,1) modeli de matris ve birçok diferansiyel denklem işlemlerini içerdiğinden dolayı el ile çözümü büyük veri setleri için uzun zaman alacaktır. Yapılan araştırmalarda gri tahmin için özel amaçlı kullanılan herhangi bir paket programa rastlanılmamıştır. Bu nedenle GPRM(1,1) modeli için ara işlem sonuçları ve tahmin değerlerini gösteren bir program MATLAB dilinde kodlanmıştır.

4.1.1. Salt veri setleri

Sera gazı emisyon değerlerine TÜİK sitesinden ulaşarak milyon ton CO₂ eşdeğeri cinsinden 1990–2009 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Bu veri setlerinden Çizelge 4.1'de CO₂, CH₄, N₂O ve F gazları olmak üzere ayrılmış ve toplam sera gaz değerleri de aynı tablo içerisinde verilmiştir. Çizelge 4.2'de ise enerji, endüstriyel işlemler, tarımsal faaliyetler ve atıklar olmak üzere sektörlere göre ayrı ayrı sera gazı değerleri gösterilmiştir (TÜİK 2012).

Çizelge 4.1. Çeşitlerine göre seragazı emisyonları (milyon ton CO² eşdeğeri),1990-2009

Yıl	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F Gazlar	Toplam
1990	141,360	33,500	11,570	0,600	187,030
1991	148,310	37,560	12,510	0,740	199,130
1992	153,950	41,020	14,580	0,680	210,230
1993	162,550	43,330	15,100	0,690	221,660
1994	160,820	43,710	12,020	0,600	217,150
1995	173,900	46,870	16,220	0,520	237,510
1996	192,010	49,310	16,400	0,890	258,620
1997	205,180	50,590	14,980	1,130	271,880
1998	204,320	51,900	16,650	1,180	274,050
1999	203,680	53,140	16,930	1,030	274,780
2000	225,430	53,300	16,620	1,660	297,010
2001	208,990	52,740	14,690	1,700	278,110
2002	218,040	50,430	15,320	2,410	286,200
2003	232,640	51,630	15,670	2,800	302,750
2004	243,430	49,370	16,000	3,460	312,260
2005	259,610	52,380	14,180	3,730	329,900
2006	276,720	53,330	15,550	4,050	349,640
2007	307,920	55,580	12,350	4,130	379,980
2008	297,120	54,290	11,570	3,510	366,500
2009	299,110	54,370	12,530	3,640	369,650

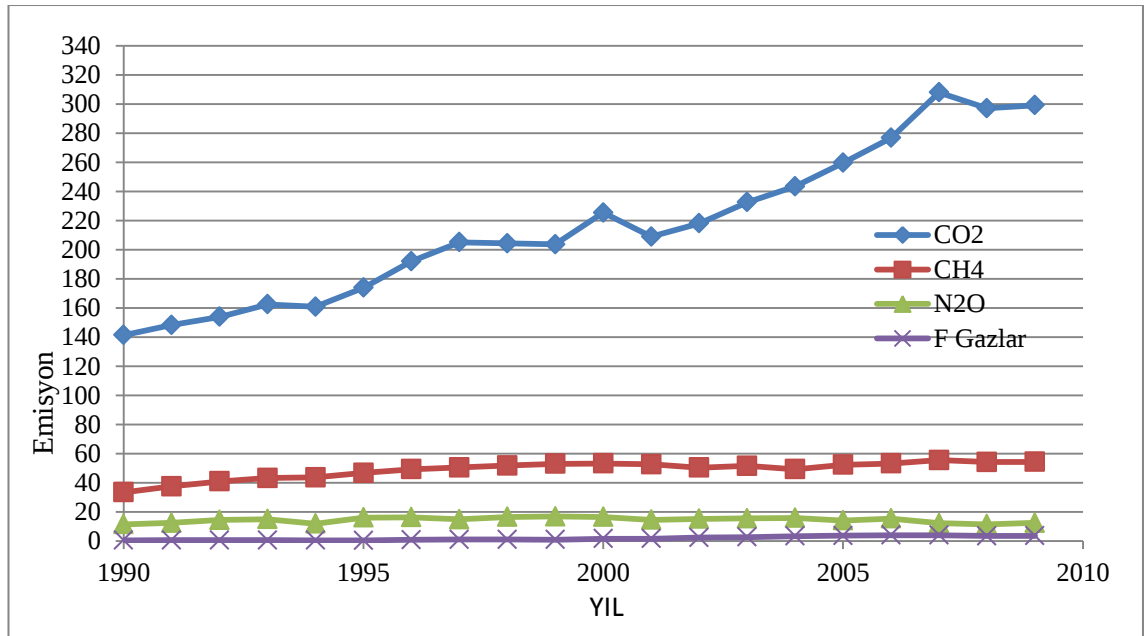
Çizelge 4.2. Sektörel seragazı emisyonları (milyon ton CO² eşdeğeri), 1990 – 2009

Yıl	Enerji	Endüstriyel İşlemler	Tarımsal Faaliyetler	Atık	Toplam
1990	132,130	15,440	29,780	9,680	187,030
1991	137,960	17,730	30,350	13,090	199,130
1992	144,270	18,930	30,330	16,700	210,230
1993	150,780	20,920	30,510	19,460	221,660
1994	148,620	19,250	29,190	20,090	217,150
1995	160,790	24,210	28,680	23,830	237,510
1996	178,960	24,320	29,100	26,240	258,620
1997	191,390	24,140	27,660	28,690	271,880
1998	190,620	24,750	28,360	30,310	274,050
1999	190,610	23,930	28,610	31,620	274,780
2000	212,550	24,370	27,370	32,720	297,010
2001	196,020	23,320	25,960	32,810	278,110
2002	204,020	25,550	24,510	32,120	286,200
2003	218,000	26,300	25,360	33,090	302,750
2004	227,430	28,520	25,010	31,300	312,260

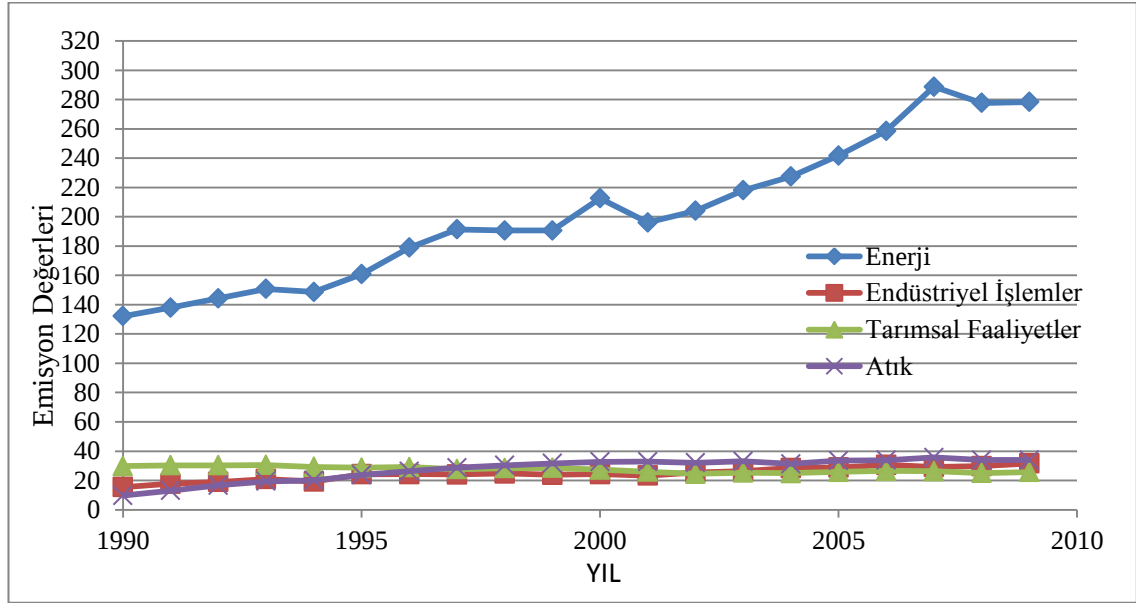
Çizelge 4.2. (devam)

2005	241,750	28,780	25,840	33,520	329,900
2006	258,560	30,700	26,500	33,880	349,640
2007	288,690	29,260	26,310	35,710	379,980
2008	277,710	29,830	25,040	33,920	366,500
2009	278,330	31,690	25,700	33,930	369,650

Sera gazlarına ait grafikler çeşitlerine göre Şekil 4.1’de, sektörlere göre Şekil 4.2’de ayrı ayrı incelenmiştir.



Şekil 4.1. Çeşitlerine göre emisyon değerlerinin yıllara göre değişimi



Şekil 4.2. Sektörlere göre emisyon değerlerinin yıllara göre değişimi

4.1.2. GPRM(1,1) ile CO₂ tahmini

Karbondiyoksit (CO₂) gazı küresel ısınma üzerinde etkili olan sera gazları arasında en önemli sırada bulunmaktadır. Toplam sera gazları içindeki payına bakıldığında %80'i aşmakta olduğu görülmektedir. 1990 yılı ile 2009 yılları arasında yaklaşık %112lik bir artış göstermiştir. GPRM(1,1) normal GM(1,1) modelin hareketli modeli olduğu için veriler 6'lı biçimde ele alınmıştır.

$X^{(0)}$ serisinin tek çıktısı olan bir zaman serisidir.

$$X^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, \dots, x^{(0)}_n) \quad n=6$$

$X^{(0)}$ aşağıdaki Çizelge 4.3'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.3. CO₂ gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	CO ₂
1990	141,36
1991	148,31
1992	153,95
1993	162,55
1994	160,82
1995	173,90

Burada $X^{(0)}$ pozitif serisi sırayla 6'lı örnekler alınarak incelenmektedir. Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.4. CO₂ BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	CO ₂
1990	141,36
1991	289,67
1992	443,62
1993	606,17
1994	766,99
1995	940,89

$X^{(1)}$ değerleri Denklem 3.18 yardımı ile Çizelge 4.4'deki değerler elde edilir. Bu işlem birikim oluşturma işlemidir.

$$X^1(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i) \quad k = 1, 2, \dots, 6$$

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n)$$

Burada $Z^{(1)}$ dizisi ardarda gelen $X^{(1)}$ birikim değerlerinin ortalaması ile oluşturulmuş bir dizi halini alır.

$$Z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5X^{(1)}(k-1) \quad k = 2, 3, \dots, 6$$

Verilen denkleme göre $Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.5’deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.5. CO₂ $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	215,52
$Z^{(1)}(2)$	366,65
$Z^{(1)}(3)$	524,90
$Z^{(1)}(4)$	686,58
$Z^{(1)}(5)$	853,94

Gri diferansiyel denklem için en küçük kare tahmin dizisi, GM(1,1) için aşağıda tanımlandığı gibi olmaktadır;

$$X^{(0)}(k) + az^{(1)} = b$$

Daha sonra a ve b katsayılarını hesaplamada kullanılarak B ve Y matrisleri oluşturulur.

Burada Y matrisi,

$$Y = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(6)]^T$$

Denklem 3.24’e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. CO₂ Y Matrisi

Yıl	CO ₂
1991	148,31
1992	153,95
1993	162,55
1994	160,82
1995	173,90

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -z^1(2) & 1 \\ -z^1(3) & 1 \\ -z^1(4) & 1 \\ -z^1(5) & 1 \\ -z^1(6) & 1 \end{pmatrix}$$

Böylelikle elde edilen B matrisi;

$$B = \begin{pmatrix} -215,52 & 1 \\ -366,65 & 1 \\ -524,90 & 1 \\ -686,58 & 1 \\ -853,94 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak elde edilen a ve b katsayıları,

$$a, b^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

formülüne göre elde edilir.

$$a = -0,0364$$

$$b = 140,6354$$

değerleri elde edilir.

Daha sonra bölüm 3'te verilen gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri oluşturulur.

$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 178,09$$

Bu oluşturulan tahmin her bir verinin 6'şarlı olarak sistematik biçimde en eski verinin veri setinden çıkarılması ve veri setine henüz girmemiş en eski verinin sete eklenmesi ile tekrarlanır. Her 6'şarlı veri için yeniden model oluşturularak tüm işlemler tekrar edilir ve böylelikle veri setindeki tüm değerler kullanıldıktan sonra veri setine ait tahmin değerleri hesaplanmış olur.

Tahmin değerleri oluşturulan veri setinin Bölüm 3'te anlatılan Ortalama Mutlak Yüzde Hata yöntemi ile hatası hesaplanır. CO₂ sera gazı için oluşturulan modelin hatası hesaplanmış, Çizelge 4.7'de gerçekleşen değer ve tahmin değerleri ile birlikte verilmiştir.

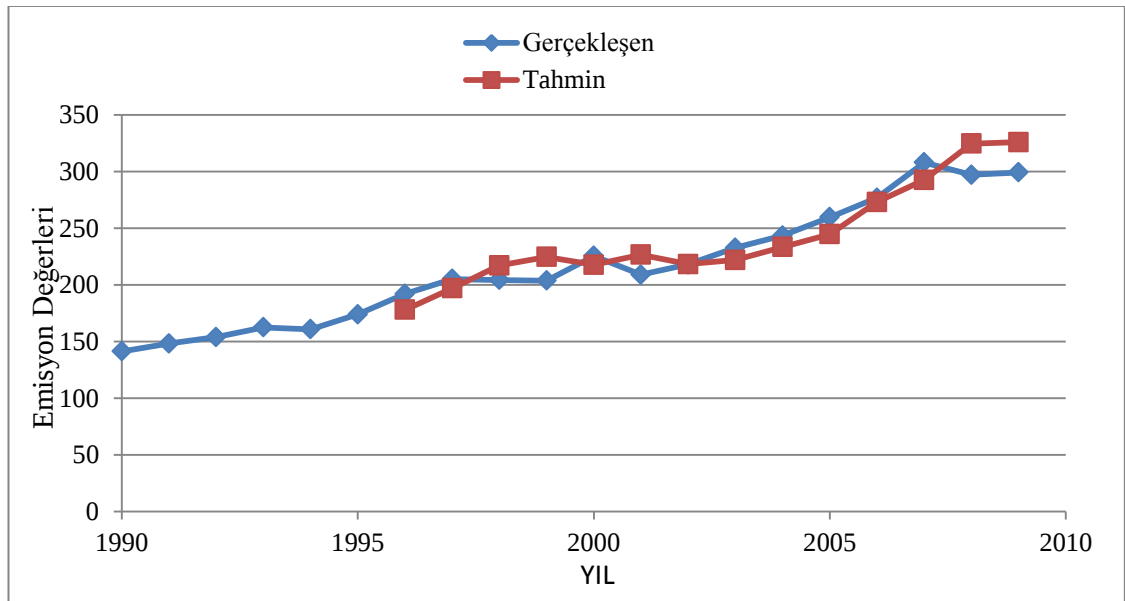
Çizelge 4.7 CO₂ emisyonları gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Enerji	Enerji Tahmin Değerleri	Hata (%)
1990	141,360	-	-
1991	148,310	-	-
1992	153,950	-	-
1993	162,550	-	-
1994	160,820	-	-
1995	173,900	-	-
1996	192,010	178,090	7,250
1997	205,180	197,010	3,982
1998	204,320	217,150	6,279
1999	203,680	224,600	10,271
2000	225,430	217,690	3,433
2001	208,990	226,610	8,431

Çizelge 4.7 (devam)

2002	218,040	218,240	0,092
2003	232,640	222,000	4,574
2004	243,430	233,400	4,120
2005	259,610	244,640	5,766
2006	276,720	273,070	1,319
2007	307,920	292,470	5,018
2008	297,120	324,550	9,232
2009	299,110	325,910	8,960
MAPE			5,623

Gerçekleşen ve tahmin edilen değerlere ait zaman grafiği Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. CO₂ emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

Bu bölümde detaylı bir şekilde ara işlemleri ile anlatılan CO₂ emisyon değerlerinin tahmini ile ilgili çalışma sunulmuştur. Bundan sonraki kısımlarda sunulacak olan sera gazı emisyon değerlerinin tahmini ile ilgili ilk değer tahminine ait işlemler direkt olarak verilecek ve tahmin hata değerleri hesaplandıktan sonra tablo ve grafik halinde gösterilecektir.

4.1.3. GPRM(1,1) ile CH₄ tahmini

Yoğun olarak tarım ve hayvancılıktan kaynaklanmakta olan Metan (CH₄), sera etkisi yaratan atmosferdeki ikinci önemli gazdır.

$X^{(0)}$ aşağıdaki Çizelge 4.8'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.8. CH₄ gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	CH ₄
1990	33,50
1991	37,56
1992	41,02
1993	43,33
1994	43,71
1995	46,87

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.9. CH₄ BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	CH ₄
1990	33,5
1991	71,06
1992	112,08
1993	155,41
1994	199,12
1995	245,99

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.10'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.10. CH₄ Z⁽¹⁾ dizisi

Z ⁽¹⁾ (1)	52,28
Z ⁽¹⁾ (2)	91,57
Z ⁽¹⁾ (3)	133.75
Z ⁽¹⁾ (4)	177.27
Z ⁽¹⁾ (5)	222.56

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. CH₄ Y Matrisi

Yıl	CH ₄
1991	37,56
1992	41,02
1993	43,33
1994	43,71
1995	46,87

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -52,28 & 1 \\ -91,57 & 1 \\ -133,75 & 1 \\ -177,27 & 1 \\ -222,56 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak elde edilen a ve b katsayıları,

$$a = -0,049811$$

$$b = 35,749$$

değerleri elde edilir.

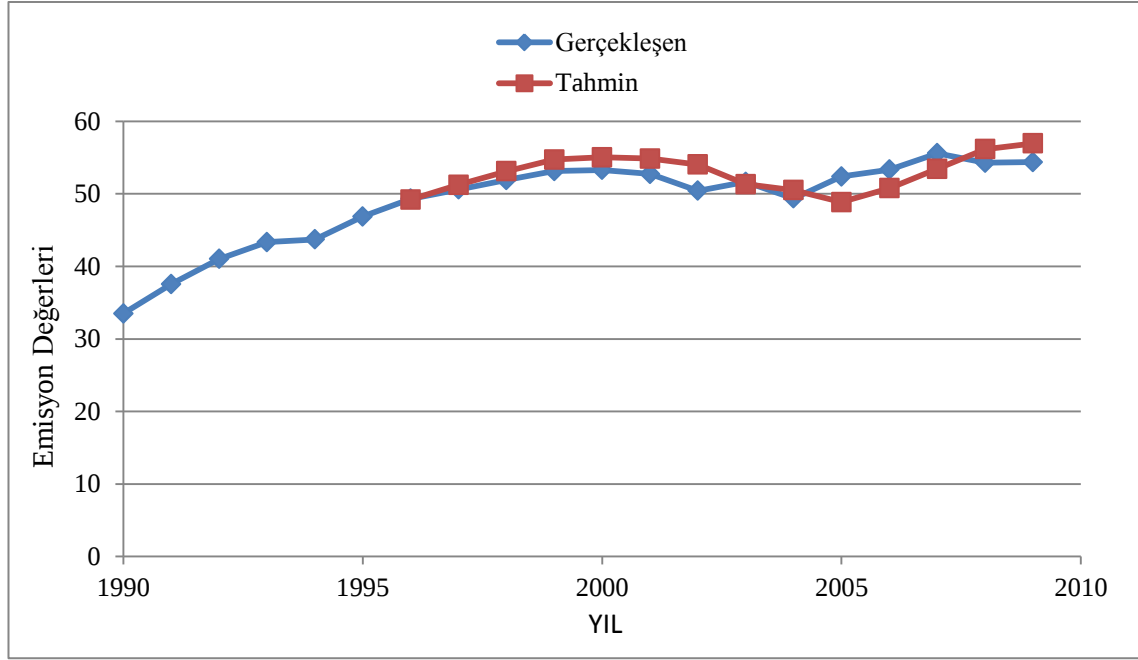
Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 49,216 \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 4.12. CH₄ emisyonları gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	33,5	-	-
1991	37,56	-	-
1992	41,02	-	-
1993	43,33	-	-
1994	43,71	-	-
1995	46,87	-	-
1996	49,31	49,216	0,1906
1997	50,59	51,236	1,2769
1998	51,9	53,107	2,326
1999	53,14	54,727	2,9862
2000	53,3	55,034	3,2534
2001	52,74	54,866	4,0306
2002	50,43	54,049	7,1768
2003	51,63	51,322	0,59663
2004	49,37	50,503	2,2942
2005	52,38	48,856	6,7282
2006	53,33	50,771	4,7992
2007	55,58	53,44	3,85
2008	54,29	56,157	3,4382
2009	54,37	56,956	4,7565
MAPE			3,407387857

CH₄'e ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.12'de hata oranları ile birlikte verilmiş, Şekil 4.4'de ise CH₄'e ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.4. CH₄ emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.1.4. GPRM(1,1) ile N₂O tahmini

Diazotmonoksit (N₂O) gazı da metan gazı gibi, tarımsal faaliyetlerde gübre kullanımı, kimya endüstrisi ve ormansızlaştırma neticesinde oluşmaktadır.

X⁽⁰⁾ aşağıdaki Çizelge 4.13'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.13. N₂O gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	N ₂ O
1990	11,57
1991	12,51
1992	14,58
1993	15,1
1994	12,02
1995	16,22

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.14. N₂O BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	N ₂ O
1990	11,57
1991	24,08
1992	38,66
1993	53,76
1994	65,78
1995	82

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.15'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.15. N₂O Z⁽¹⁾ dizisi

Z ⁽¹⁾ (1)	17,825
Z ⁽¹⁾ (2)	31,37
Z ⁽¹⁾ (3)	46,21
Z ⁽¹⁾ (4)	59,77
Z ⁽¹⁾ (5)	73,89

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. N₂O Y Matrisi

Yıl	N ₂ O
1991	12,51
1992	14,58
1993	15,1
1994	12,02
1995	16,22

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -17,825 & 1 \\ -31,37 & 1 \\ -46,21 & 1 \\ -59,77 & 1 \\ -73,89 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları,

$$a = -0,034659$$

$$b = 12,498$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

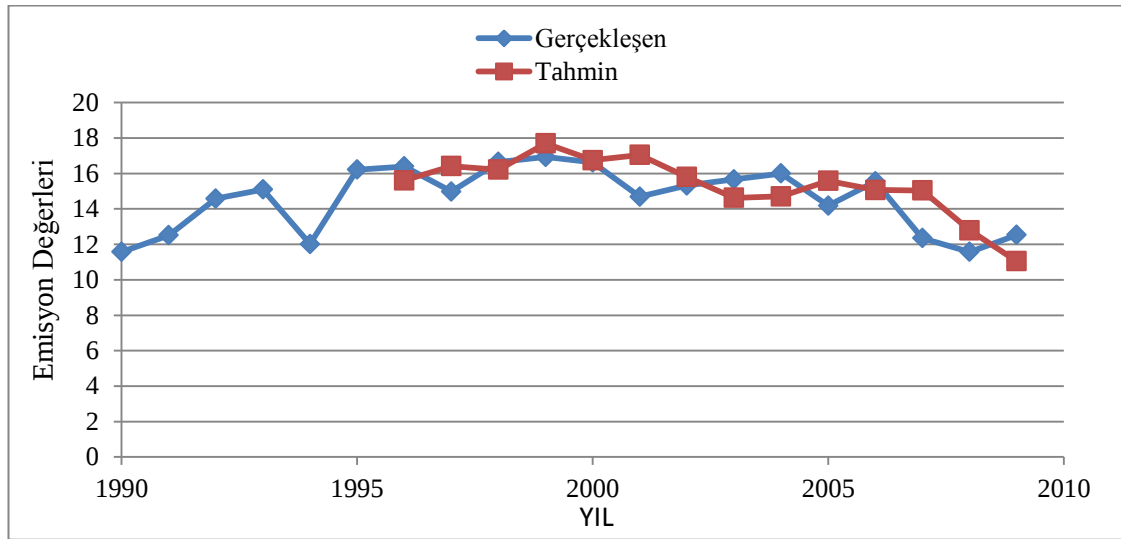
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 15.609 \text{ olarak bulunur.}$$

N₂O'ya ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.17'de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.17. N₂O emisyonları gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	11,57	-	-
1991	12,51	-	-
1992	14,58	-	-
1993	15,1	-	-
1994	12,02	-	-
1995	16,22	-	-
1996	16,4	15,609	4,8242
1997	14,98	16,412	9,5582
1998	16,65	16,218	2,5975
1999	16,93	17,696	4,5229
2000	16,62	16,753	0,80202
2001	14,69	17,049	16,055
2002	15,32	15,8	3,1356
2003	15,67	14,631	6,6273
2004	16	14,704	8,0984
2005	14,18	15,58	9,8731
2006	15,55	15,073	3,0644
2007	12,35	15,038	21,762
2008	11,57	12,789	10,535
2009	12,53	11,051	11,805
MAPE			8,090

Grafiksel olarak Şekil 4.5'de N₂O'e ait veriler gösterilmiştir.



Şekil 4.5. N₂O emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.1.5. GPRM(1,1) ile F gaz tahmini

Hidroflorokarbonlar, çeşitlerine göre sera gazlarından dördüncüsü olup ozon tabakasını incelten gazlar yerine kullanılan bileşiklerdir.

$X^{(0)}$ aşağıdaki Çizelge 4.18'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.18. F Gazlar gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	F Gazlar
1990	0,60
1991	0,74
1992	0,68
1993	0,69
1994	0,60
1995	0,52

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.19. F gazlar BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	F Gazlar
1990	0,6
1991	1,34
1992	2,02
1993	2,71
1994	3,31
1995	3,83

$Z^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.20'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.20. F gazlar $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	0,97
$Z^{(1)}(2)$	1,68
$Z^{(1)}(3)$	2,365
$Z^{(1)}(4)$	3,01
$Z^{(1)}(5)$	3,57

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. F Gazlar Y Matrisi

Yıl	F Gazlar
1991	0,74
1992	0,68
1993	0,69
1994	0,60
1995	0,52

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -0,97 & 1 \\ -1,68 & 1 \\ -2,365 & 1 \\ -3,01 & 1 \\ -3,57 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = 0,07862$$

$$b = 0,82832$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

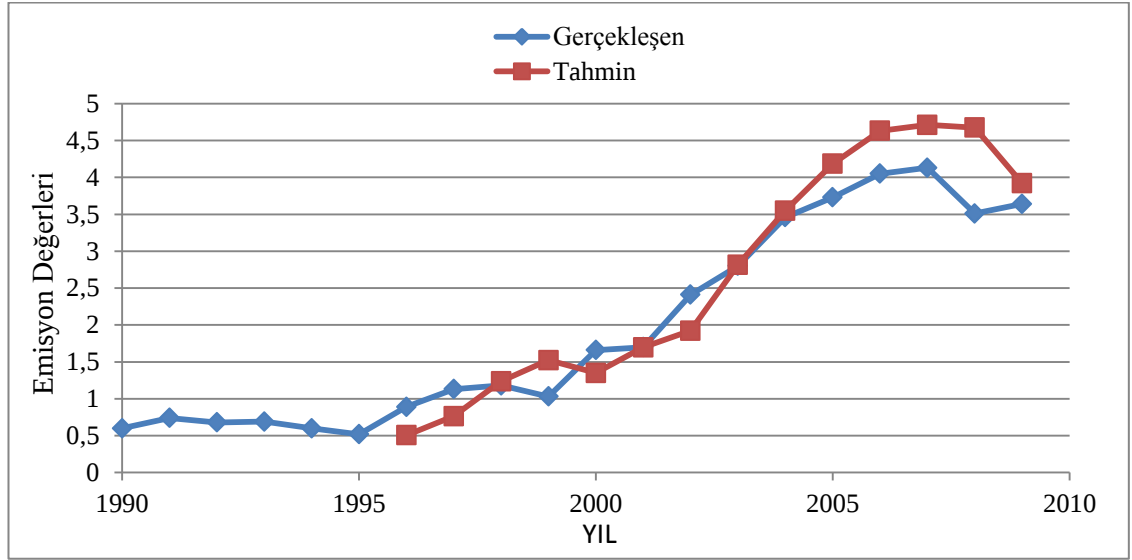
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 0,50705 \text{ olarak bulunur.}$$

F Gazlar'a ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.22'de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.22. F gazlar emisyonları gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	0,6	-	-
1991	0,74	-	-
1992	0,68	-	-
1993	0,69	-	-
1994	0,6	-	-
1995	0,52	-	-
1996	0,89	0,50705	43,028
1997	1,13	0,76339	32,443
1998	1,18	1,2372	4,8465
1999	1,03	1,5232	47,881
2000	1,66	1,3507	18,631
2001	1,7	1,696	0,237
2002	2,41	1,9232	20,2
2003	2,8	2,817	0,60577
2004	3,46	3,55	2,6005
2005	3,73	4,1855	12,213
2006	4,05	4,6307	14,338
2007	4,13	4,7126	14,106
2008	3,51	4,6757	33,21
2009	3,64	3,9203	7,7016
MAPE			18,002955

Şekil 4.6’de F gazlara ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.6. F gazlar emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.1.6. GPRM(1,1) ile enerji sektörü emisyon tahmini

Enerji sektörü, oluşan sera gazı emisyon değerinin %75'inden fazlasını oluşturmaktadır. Bu nedenle sera gazı oluşumunda en fazla önem arz edenen sektördür.

$X^{(0)}$ aşağıdaki Çizelge 4.23'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.23. Enerji Sektörü Sera Gazı Emisyon Değerleri (İlk 6 yıl için)

YIL	Enerji Sektörü Sera Gazı Emisyon Değerleri
1990	132,13
1991	137,96
1992	144,27
1993	150,78
1994	148,62
1995	160,79

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.24. Enerji sektörü BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	Enerji Sektörü
1990	132,13
1991	270,09
1992	414,36
1993	565,14
1994	713,76
1995	874,55

$Z^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.25'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.25. Enerji sektörü $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	201,11
$Z^{(1)}(2)$	342,23
$Z^{(1)}(3)$	489,75
$Z^{(1)}(4)$	639,45
$Z^{(1)}(5)$	794,15

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Enerji sektörü Y matrisi

Yıl	Enerji Sektörü
1991	137,96
1992	144,27
1993	150,78
1994	148,62
1995	160,79

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -201,11 & 1 \\ -342,23 & 1 \\ -489,75 & 1 \\ -639,45 & 1 \\ -794,15 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = -0,03374$$

$$b = 131.84$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

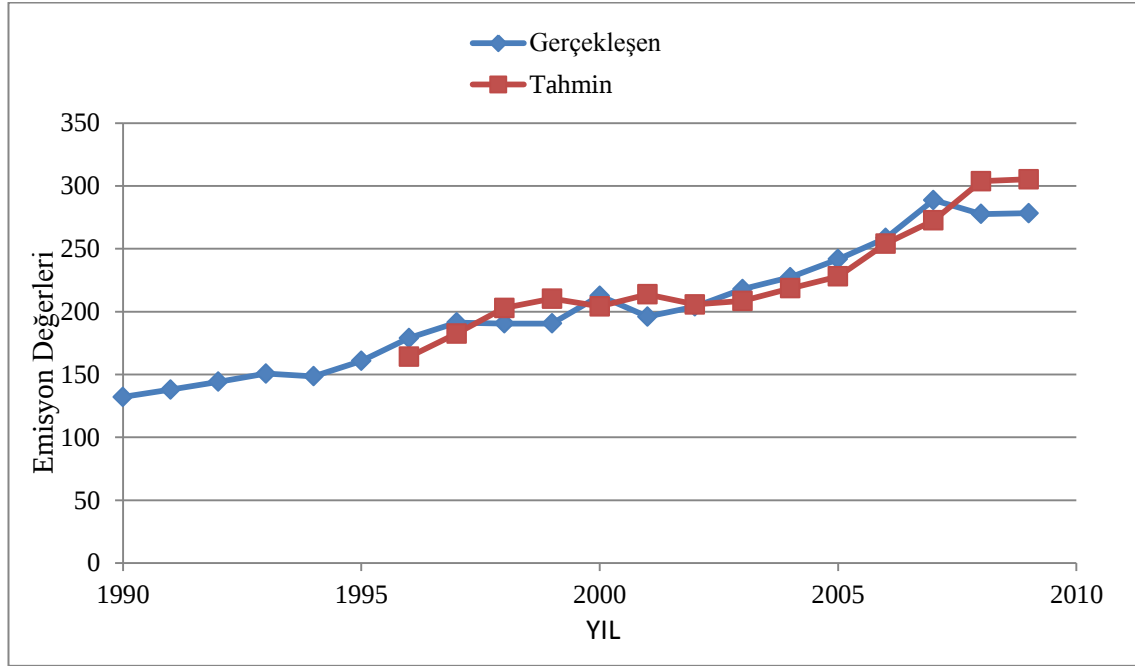
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 164.1 \text{ olarak bulunur.}$$

Enerji sektörüne ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.27’de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.27. Enerji sektörüne ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

YIL	GERÇEKLEŞEN DEĞER	TAHMİN DEĞERİ	HATA (%)
1990	132,13	-	-
1991	137,96	-	-
1992	144,27	-	-
1993	150,78	-	-
1994	148,62	-	-
1995	160,79	-	-
1996	178,96	164,1	8,3056
1997	191,39	182,5	4,6448
1998	190,62	202,9	6,4413
1999	190,61	210,34	10,353
2000	212,55	204,21	3,9225
2001	196,02	213,75	9,0435
2002	204,02	205,72	0,83127
2003	218	208,49	4,3606
2004	227,43	218,53	3,9111
2005	241,75	228	5,686
2006	258,56	254,11	1,7203
2007	288,69	272,62	5,5673
2008	277,71	303,77	9,3828
2009	278,33	305,24	9,6697
MAPE			5,988555

Şekil 4.7’de enerji sektörüne ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Enerji sektörüne ait emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.1.7. GPRM(1,1) ile endüstriyel işlemlere ait emisyon tahmini

Endüstriyel işlemlere ait seragazı emisyon değerleri 1990 ile 2009 yılları arasında yaklaşık %105’lik bir artış göstermiştir.

$X^{(0)}$ aşağıdaki Çizelge 4.28’deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.28. Endüstriyel işlemlere ait gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	Endüstriyel İşlemlere Ait Emisyon Değerleri
1990	15,44
1991	17,73
1992	18,93
1993	20,92
1994	19,25
1995	24,21

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.29. Endüstriyel işlemlere ait BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	Endüstriyel İşlemler
1990	15,44
1991	33,17
1992	52,1
1993	73,02
1994	92,27
1995	116,48

$Z^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.30'daki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.30. Endüstriyel işlemler $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	24,305
$Z^{(1)}(2)$	42,635
$Z^{(1)}(3)$	62,56
$Z^{(1)}(4)$	82,645
$Z^{(1)}(5)$	104,38

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Endüstriyel işlemler Y matrisi

Yıl	Endüstriyel İşlemler
1991	17,73
1992	18,93
1993	20,92
1994	19,25
1995	24,21

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -24,305 & 1 \\ -42,635 & 1 \\ -62,56 & 1 \\ -82,645 & 1 \\ -104,38 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = -0,06693$$

$$b = 15,971$$

değerleri elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

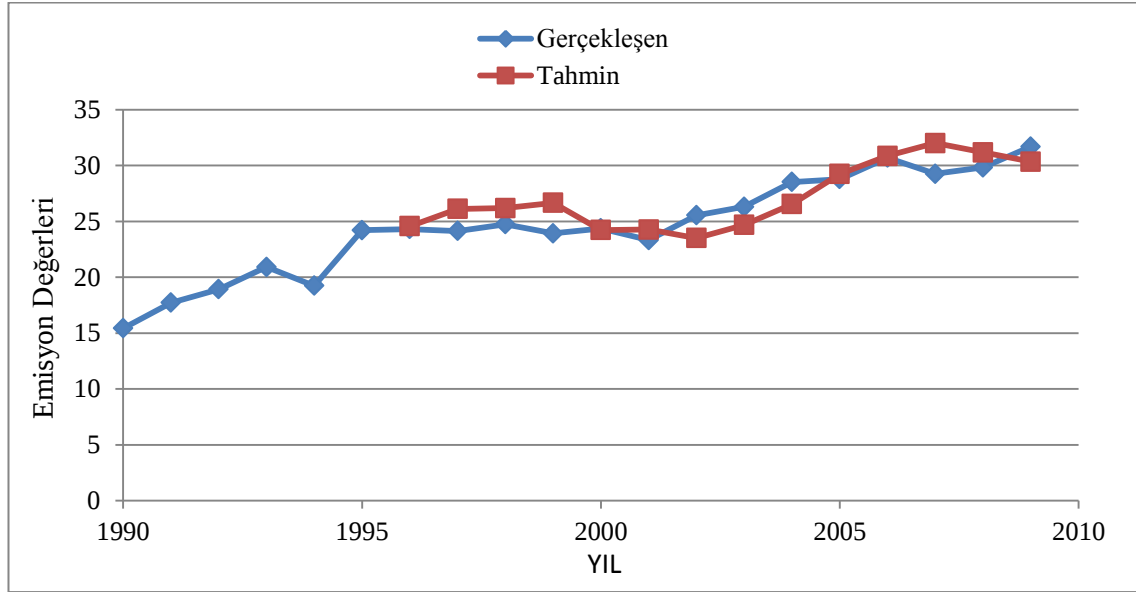
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 24.576 \text{ olarak bulunur.}$$

Endüstriyel İşlemlere ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.32’de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.32. Endüstriyel İşlemlere ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	15,44	-	-
1991	17,73	-	-
1992	18,93	-	-
1993	20,92	-	-
1994	19,25	-	-
1995	24,21	-	-
1996	24,32	24,576	1,05
1997	24,14	26,121	8,21
1998	24,75	26,188	5,81
1999	23,93	26,658	11,40
2000	24,37	24,231	0,57
2001	23,32	24,269	4,07
2002	25,55	23,507	8,00
2003	26,3	24,688	6,13
2004	28,52	26,548	6,91
2005	28,78	29,237	1,59
2006	30,7	30,868	0,55
2007	29,26	32,009	9,40
2008	29,83	31,171	4,50
2009	31,69	30,35	4,23
MAPE			5,17

Şekil 4.8’de endüstriyel işlemlere ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Endüstriyel işlemlere ait emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.1.8. GPRM(1,1) ile tarımsal faaliyetlere ait emisyon tahmini

Tarımsal faaliyetler sonucunda doğaya salınan gazların oluşturduğu emisyon oluşumudur. 1990-2009 yılları arası %13'lük bir azalma söz konusudur.

$X^{(0)}$ aşağıdaki Çizelge 4.33'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.33. Tarımsal Faaliyetlere ait gerçekleşen değerler(İlk 6 yıl için)

Yıl	Tarımsal Faaliyetler Sera Gazı Emisyon Değerleri
1990	29,78
1991	30,35
1992	30,33
1993	30,51
1994	29,19
1995	28,68

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.34. Tarımsal Faaliyetler BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	Tarımsal Faaliyetler
1990	29.78
1991	60.13
1992	90.46
1993	120.97
1994	150.16
1995	178.84

$Z^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.35'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.35. Tarımsal Faaliyetler $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	44,955
$Z^{(1)}(2)$	75,295
$Z^{(1)}(3)$	105,72
$Z^{(1)}(4)$	135,57
$Z^{(1)}(5)$	164,5

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.36. Tarımsal Faaliyetler Y Matrisi

Yıl	Tarımsal Faaliyetler
1991	30,35
1992	30,33
1993	30,51
1994	29,19
1995	28,68

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -44,955 & 1 \\ -75,295 & 1 \\ -105,72 & 1 \\ -135,57 & 1 \\ -164,5 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = 0,014902$$

$$b = 31,38$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

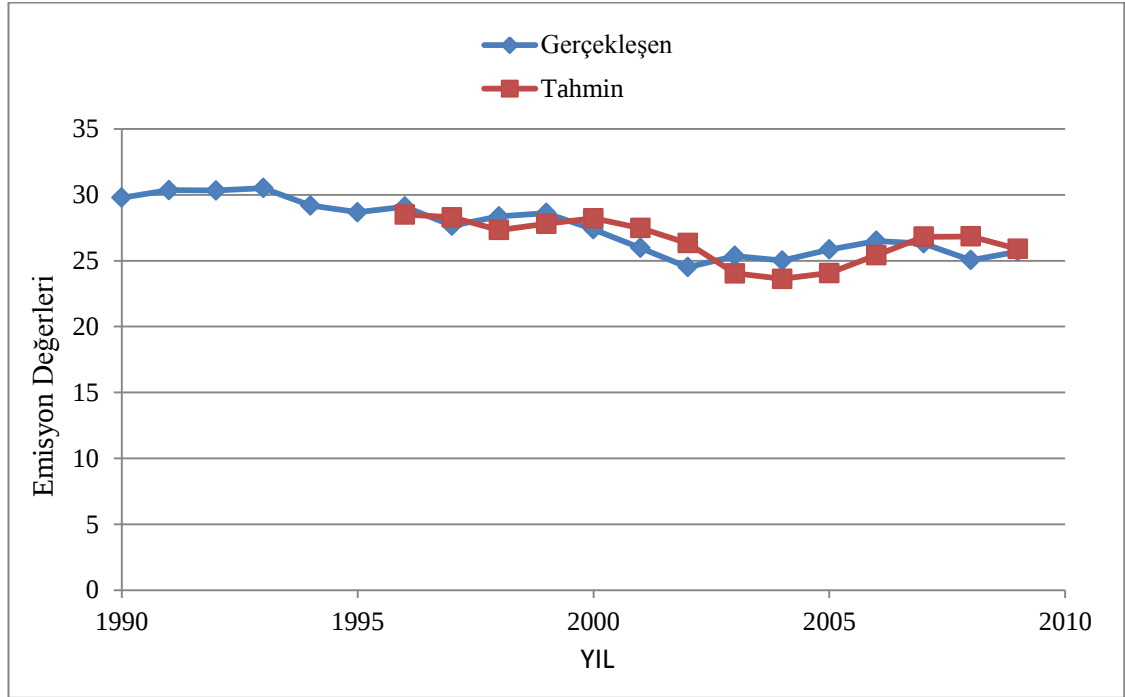
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 28,502 \text{ olarak bulunur.}$$

Tarımsal Faaliyetlere ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.37’de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.37. Tarımsal faaliyetlere ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	29,78	-	-
1991	30,35	-	-
1992	30,33	-	-
1993	30,51	-	-
1994	29,19	-	-
1995	28,68	-	-
1996	29,1	28,50	2,05
1997	27,66	28,29	2,28
1998	28,36	27,33	3,65
1999	28,61	27,80	2,83
2000	27,37	28,22	3,09
2001	25,96	27,48	5,84
2002	24,51	26,33	7,41
2003	25,36	24,03	5,24
2004	25,01	23,63	5,53
2005	25,84	24,06	6,90
2006	26,5	25,42	4,09
2007	26,31	26,81	1,91
2008	25,04	26,84	7,18
2009	25,7	25,90	0,76
MAPE			4,20

Şekil 4.9’da tarımsal faaliyetlere ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Tarımsal Faaliyetler emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.1.9. GPRM(1,1) ile atıklara ait emisyon tahmini

Atıklara ait emisyon değerleri 1990-2009 yılları arasında en büyük artışı göstermiş ve bu oran %250'lere ulaşmıştır.

$X^{(0)}$ aşağıdaki Çizelge 4.38'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.38. Atık gerçekleşen değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	Atık Sektörü Sera Gazı Emisyon Değerleri
1990	9,68
1991	13,09
1992	16,7
1993	19,46
1994	20,09
1995	23,83

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.39. Atık BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	Atık
1990	9,68
1991	22,77
1992	39,47
1993	58,93
1994	79,02
1995	102,85

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.40'daki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.40. Atık $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	16,225
$Z^{(1)}(2)$	31,12
$Z^{(1)}(3)$	49,2
$Z^{(1)}(4)$	68,975
$Z^{(1)}(5)$	90,935

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Y Matrisi

Yıl	Atık Sektörü Emisyon Değerleri
1991	13,09
1992	16,7
1993	19,46
1994	20,09
1995	23,83

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -16,225 & 1 \\ -31,12 & 1 \\ -49,2 & 1 \\ -98,975 & 1 \\ -90,935 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = -0,13146$$

$$b = 11,891$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

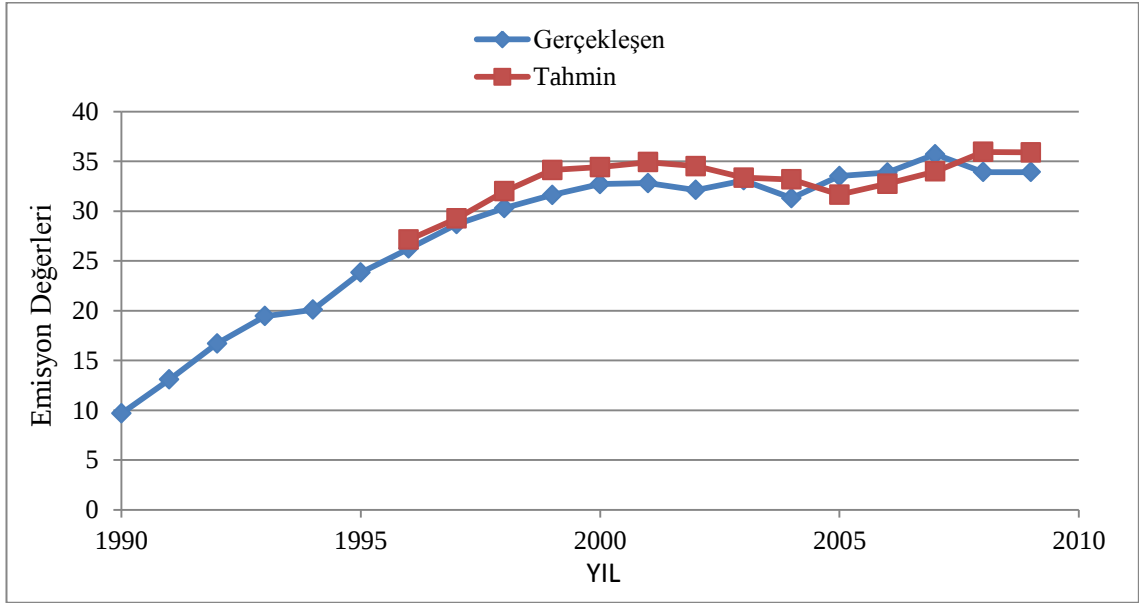
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 27,146 \text{ olarak bulunur.}$$

Atıklara ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.42’de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.42. Atık emisyonları gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	9,68	-	-
1991	13,09	-	-
1992	16,7	-	-
1993	19,46	-	-
1994	20,09	-	-
1995	23,83	-	-
1996	26,24	27,146	3,452743902
1997	28,69	29,268	2,014639247
1998	30,31	31,991	5,546024414
1999	31,62	34,129	7,93485136
2000	32,72	34,431	5,229217604
2001	32,81	34,92	6,430966169
2002	32,12	34,514	7,453300125
2003	33,09	33,361	0,818978543
2004	31,3	33,178	6
2005	33,52	31,652	5,572792363
2006	33,88	32,75	3,335301063
2007	35,71	33,994	4,805376645
2008	33,92	35,948	5,978773585
2009	33,93	35,907	5,826702034
MAPE			5,028547647

Şekil 4.10’da atıklara ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Atıklara ait emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.2. Geliştirilen GPRM(1,1) Yöntemi ile Sera Gazı Emisyon Tahminleri

Dalgalanmanın fazla olduğu durumlarda yapılan tahminlerde sapmalar arttığından, ilk önce orijinal veri setinde düzenlemeler yapılarak kendisinden önce ve sonra oluşan değerlerde o döneme ait gerçekleşen veriye etki etmesi amaçlanmıştır. Böylelikle veri setinde herhangi bir dönemde oluşan aşırı artış veya azalışın etkisi diğer dönemlerde oluşan değerlerde etkisi kullanılarak yumuşatılmış olacaktır. Bu amaçla, geliştirilen GPRM(1,1) modeli ile ilgili gerçekleşen ve tahmin edilen değerler, sera gazı çeşitlerine ve sektörlere göre verilmiş, hata oranları hesaplanmıştır.

Bir önceki bölümde GPRM(1,1) ile yapılan tahminlerde kullanılan Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de yer alan veriler aynı sıra ile geliştirilen GPRM(1,1) yönteminde uygulanacak ve yöntemlerin etkinlikleri karşılaştırılacaktır. Geliştirilen GPRM(1,1) modeli de matris ve birçok karışık diferansiyel denklem işlemlerini içerdiğinden dolayı el ile çözümü büyük veri setleri için uzun zaman alacaktır. Geliştirilen GPRM(1,1) modeli için ara işlem sonuçları ve tahmin değerlerini gösteren bir program MATLAB dilinde kodlanmıştır.

4.2.1. Geliştirilen GPRM(1,1) ile CO₂ tahmini

Geliştirilen GPRM(1,1) modelinde normal GPRM(1,1) modele ek olarak veri setlerinde oluşabilecek aşırı dalgalanmaların tahminde oluşturabileceği hataları minimize etmesi amacıyla veri seti işleme başlanmadan önce hareketli ortalama maruz bırakılır. Böylelikle tahmini yapılan değerler bir önceki ve bir sonraki dönemlerden etkilendirilir.

a, b ve c katsayılarının 1 olduğu hareketli ortalama uygulaması:

$$\hat{x}^{(0)}(t) = \frac{ax^{(0)}(t-1)+bx^{(0)}(t)+cx^{(0)}(t+1)}{a+b+c} \quad t=2,3,\dots(n-1);$$

Veri setinin başlangıç ve bitiş değerleri için

$$\hat{x}^{(0)}(1) = \frac{ax^{(0)}(1) + bx^{(0)}(2)}{a + b}$$

$$\hat{x}^{(0)}(n) = \frac{ax^{(0)}(n-1)+bx^{(0)}(n)}{a+b} \text{ 'dir.}$$

$X^{(0)}$ düzeltilmiş veri aşağıdaki Çizelge 4.43'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.43. CO₂ düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	CO ₂
1990	143,68
1991	147,87
1992	154,94
1993	159,11
1994	165,76
1995	175,58

Bu seriye birikim oluşturma operat6r6 kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.44. CO₂ BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	CO ₂
1990	143,68
1991	291,55
1992	446,49
1993	605,59
1994	771,35
1995	946,93

$X^{(1)}$ dizisinden 6retilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.45'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.45. CO₂ $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	217,61
$Z^{(1)}(2)$	369,02
$Z^{(1)}(3)$	526,04
$Z^{(1)}(4)$	688,47
$Z^{(1)}(5)$	859,14

Denklem 3.24'e g6re oluşan Y matrisi Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Çizelge 4.46. CO₂ Y Matrisi

Yıl	CO ₂
1991	147,87
1992	154,94
1993	159,11
1994	165,76
1995	175,58

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -217,61 & 1 \\ -369,02 & 1 \\ -526,04 & 1 \\ -688,47 & 1 \\ -859,14 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = -0,041408$$

$$b = 138.62$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

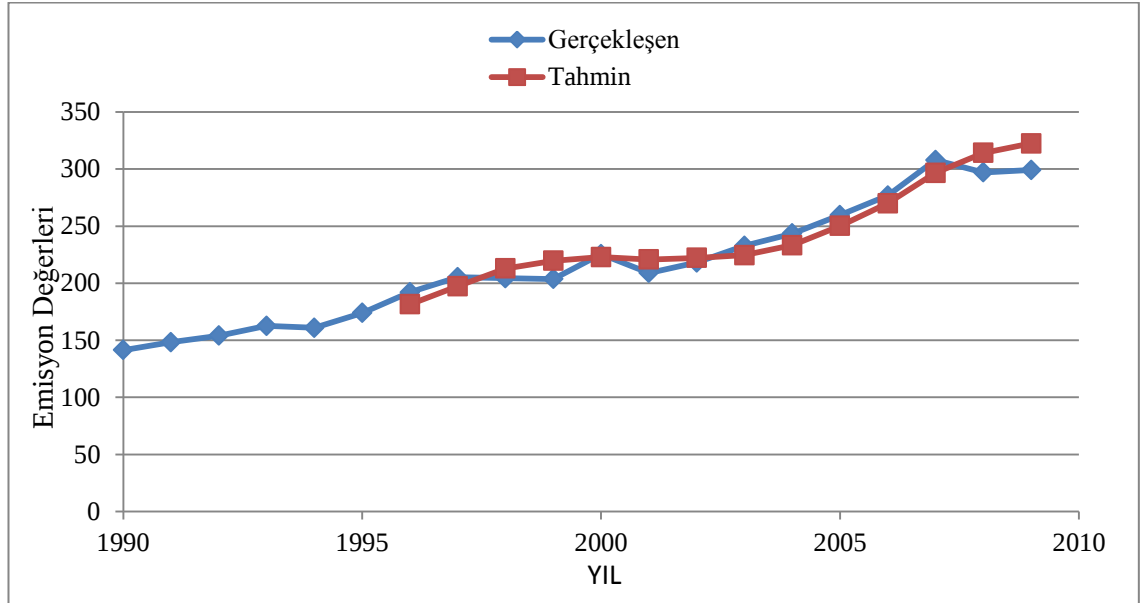
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 181,56 \text{ olarak bulunur.}$$

CO₂'e ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.47'de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.47. CO₂ emisyonları gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	141,36	-	-
1991	148,31	-	-
1992	153,95	-	-
1993	162,55	-	-
1994	160,82	-	-
1995	173,9	-	-
1996	192,01	181,56	5,442424874
1997	205,18	197,29	3,845404035
1998	204,32	212,92	4,20908379
1999	203,68	219,59	7,811272584
2000	225,43	222,9	1,122299605
2001	208,99	220,81	5,655773003
2002	218,04	222,2	1,907906806
2003	232,64	224,52	3,490371389
2004	243,43	233,28	4,16957647
2005	259,61	250,26	3,60155618
2006	276,72	270,01	2,424833767
2007	307,92	296,63	3,666536763
2008	297,12	314,21	5,75188476
2009	299,11	322,51	7,823208853
MAPE			4,35158092

Şekil 4.11’de CO₂’e ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.11. CO₂ emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

Bu bölümde hareketli ortalama uygulaması ile geliştirilen GPRM(1,1) modelin veri setine uygulanışı anlatılmış ve sonrasında tahmin çalışması yapılmıştır. Bundan sonraki kısımlarda veri setlerine ait düzeltilme işlemi formülleri aynı kurallara bağlı kalınarak hesaplanıp bir tablo halinde verilecektir.

4.2.2. Geliştirilen GPRM(1,1) ile CH₄ tahmini

$X^{(0)}$ düzeltilmiş veri aşağıdaki Çizelge 4.48'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.48. CH₄ düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	CH ₄
1990	34,853
1991	37,36
1992	40,637
1993	42,687
1994	44,637
1995	46,63

Bu seriye birikim oluşturma operat6r6 kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.49. CH₄ BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	CH ₄
1990	34,853
1991	72,213
1992	112,85
1993	155,54
1994	200,17
1995	246,8

$Z^{(1)}$ dizisinden 6retilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.50'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.50. CH₄ $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	53,533
$Z^{(1)}(2)$	92,532
$Z^{(1)}(3)$	134,19
$Z^{(1)}(4)$	177,86
$Z^{(1)}(5)$	223,49

Denklem 3.24'e g6re oluşan Y matrisi Çizelge 4.51'de verilmiştir.

Çizelge 4.51. CH₄ Y Matrisi

Yıl	CH ₄
1991	37,36
1992	40,637
1993	42,687
1994	44,637
1995	46,63

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -53,533 & 1 \\ -92,532 & 1 \\ -134,19 & 1 \\ -177,86 & 1 \\ -223,49 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = -0,052791$$

$$b = 35,193$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

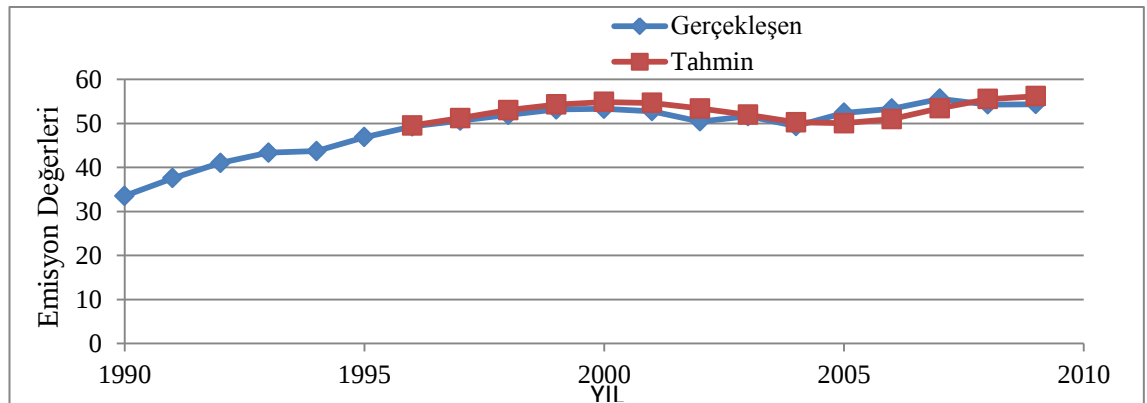
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 49,516 \text{ olarak bulunur.}$$

CH₄'e ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.52'de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.52. CH₄ emisyonları gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	33,5	-	-
1991	37,56	-	-
1992	41,02	-	-
1993	43,33	-	-
1994	43,71	-	-
1995	46,87	-	-
1996	49,31	49,516	0,417765159
1997	50,59	51,187	1,180075114
1998	51,9	53,021	2,159922929
1999	53,14	54,283	2,150922093
2000	53,3	54,866	2,938086304
2001	52,74	54,637	3,596890406
2002	50,43	53,383	5,855641483
2003	51,63	51,945	0,610110401
2004	49,37	50,227	1,735871987
2005	52,38	50,032	4,482626957
2006	53,33	50,989	4,389649353
2007	55,58	53,436	3,857502699
2008	54,29	55,518	2,26192669
2009	54,37	56,183	3,3345595
MAPE			2,78368222

Şekil 4.12’de CH₄’e ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.12. CH₄ emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.2.3. Geliştirilen GPRM(1,1) ile N₂O tahmini

$X^{(0)}$ düzeltilmiş veri aşağıdaki Çizelge 4.53'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.53. N₂O düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	N ₂ O
1990	11,883
1991	12,887
1992	14,063
1993	13,9
1994	14,447
1995	14,88

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.54. N₂O BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	N ₂ O
1990	11,883
1991	24,77
1992	38,833
1993	52,733
1994	67,18
1995	82,06

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.55'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.55. N_2O $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	18,327
$Z^{(1)}(2)$	31,802
$Z^{(1)}(3)$	45,783
$Z^{(1)}(4)$	59,957
$Z^{(1)}(5)$	74,62

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.56'da verilmiştir.

Çizelge 4.56. N_2O Y Matrisi

Yıl	N_2O
1991	12,887
1992	14,063
1993	13,9
1994	14,447
1995	14,88

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -18,327 & 1 \\ -31,802 & 1 \\ -45,783 & 1 \\ -59,957 & 1 \\ -74,62 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = -0,030957$$

$$b = 12,608$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

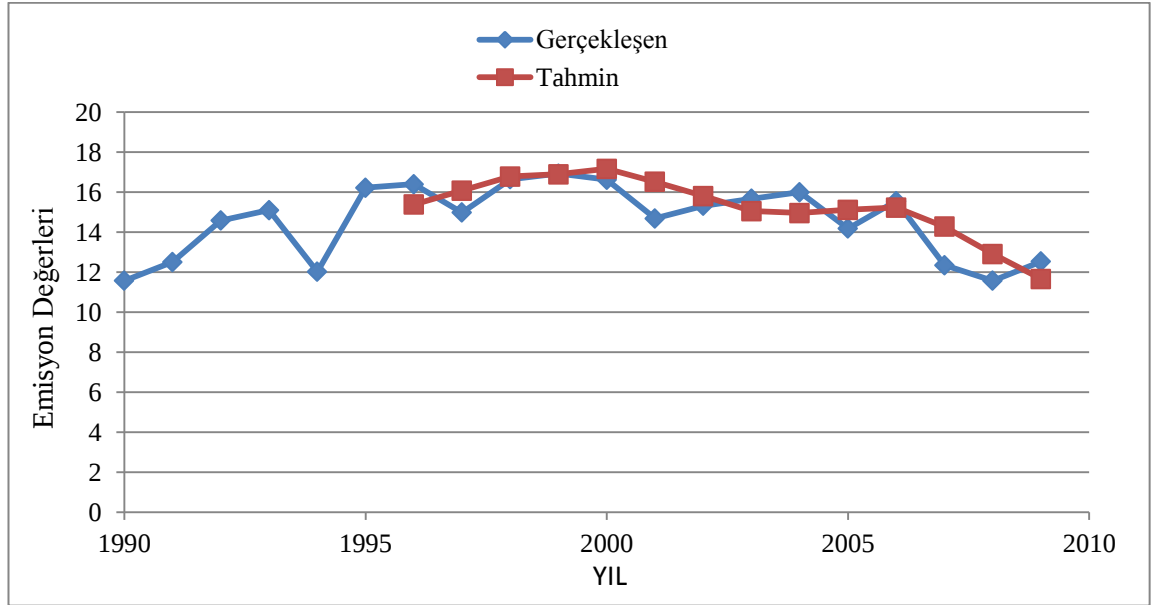
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 15,385 \text{ olarak bulunur.}$$

N₂O'e ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.57'de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.57. N₂O emisyonları gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	11,57	-	-
1991	12,51	-	-
1992	14,58	-	-
1993	15,1	-	-
1994	12,02	-	-
1995	16,22	-	-
1996	16,4	15,39	6,18902439
1997	14,98	16,08	7,329773031
1998	16,65	16,78	0,792792793
1999	16,93	16,90	0,206733609
2000	16,62	17,17	3,321299639
2001	14,69	16,52	12,45745405
2002	15,32	15,81	3,17232376
2003	15,67	15,05	3,950223357
2004	16	14,96	6,51875
2005	14,18	15,12	6,622002821
2006	15,55	15,23	2,057877814
2007	12,35	14,28	15,60323887
2008	11,57	12,91	11,58167675
2009	12,53	11,66	6,927374302
MAPE			6,195038942

Şekil 4.13’de N_2O ’e ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.13. CH_4 emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.2.4. Geliştirilen GPRM(1,1) ile F gaz tahmini

$X^{(0)}$ düzeltilmiş veri aşağıdaki Çizelge 4.58’deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.58. F gaz düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	F Gaz
1990	0,64667
1991	0,67333
1992	0,70333
1993	0,65667
1994	0,60333
1995	0,67

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.59. F gaz BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	F Gaz
1990	0,64667
1991	1,32
1992	2,0233
1993	2,68
1994	3,2833
1995	3,9533

$Z^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.60. F gaz $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	0,98333
$Z^{(1)}(2)$	1,6717
$Z^{(1)}(3)$	2,3517
$Z^{(1)}(4)$	2,9817
$Z^{(1)}(5)$	36.183

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.60'daki gibi oluşmaktadır.

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.61'de verilmiştir.

Çizelge 4.61. F gaz Y Matrisi

Yıl	F Gaz
1991	0,67333
1992	0,70333
1993	0,65667
1994	0,60333
1995	0,67

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -0,98333 & 1 \\ -1,6717 & 1 \\ -2,3517 & 1 \\ -2,9817 & 1 \\ -3,6183 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = 0,016286$$

$$b = 0,69914$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

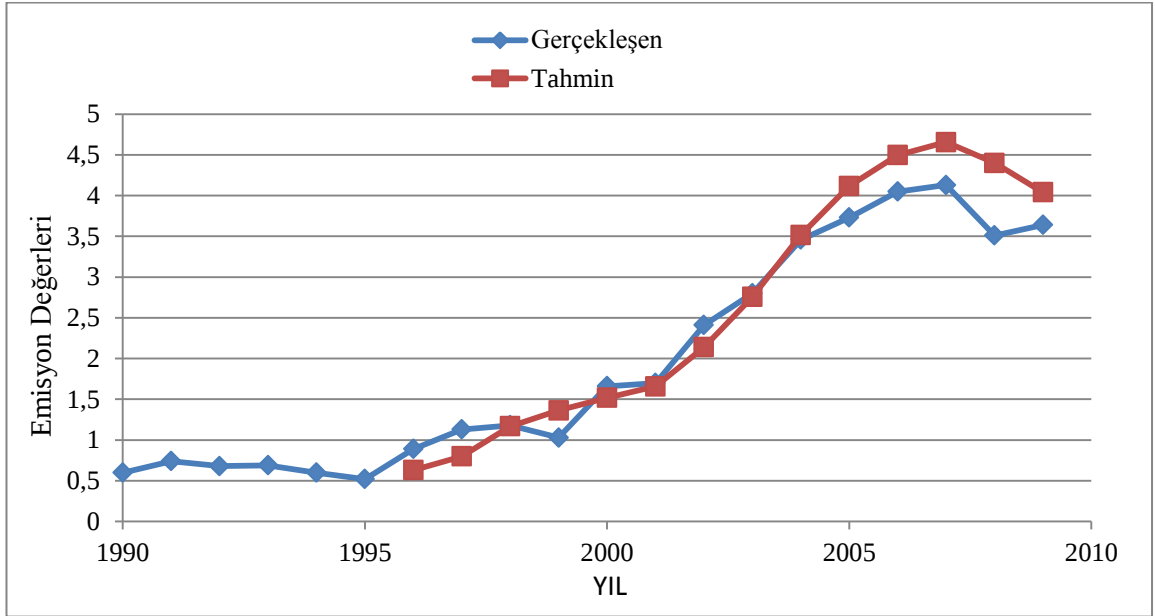
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 0,62962 \text{ olarak bulunur.}$$

F gazlara ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.62’de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.62. F gazlar emisyonları gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	0,6	-	-
1991	0,74	-	-
1992	0,68	-	-
1993	0,69	-	-
1994	0,6	-	-
1995	0,52	-	-
1996	0,89	0,62962	29,25617978
1997	1,13	0,79866	29,32212389
1998	1,18	1,1693	0,906779661
1999	1,03	1,3632	32,34951456
2000	1,66	1,518	8,554216867
2001	1,7	1,6572	2,517647059
2002	2,41	2,139	11,24481328
2003	2,8	2,7559	1,575
2004	3,46	3,517	1,647398844
2005	3,73	4,1179	10,39946381
2006	4,05	4,4967	11,02962963
2007	4,13	4,6561	12,73849879
2008	3,51	4,4005	25,37037037
2009	3,64	4,0414	11,02747253
MAPE			13,42422208

Şekil 4.14’de F gazlara ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.14. F gaz emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.2.5. Geliştirilen GPRM(1,1) ile enerji sektörü emisyon tahmini

$X^{(0)}$ düzeltilmiş veri aşağıdaki Çizelge 4.63'daki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.63. Enerji Sektörü Emisyon düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	Enerji Sektörü Emisyon
1990	134,07
1991	138,12
1992	144,34
1993	147,89
1994	153,4
1995	162,79

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.64. Enerji Sektörü Emisyonu BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	Enerji Sektörü Emisyon
1990	134,07
1991	272,19
1992	416,53
1993	564,42
1994	717,82
1995	880,61

$Z^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.65. $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	203,13
$Z^{(1)}(2)$	344,36
$Z^{(1)}(3)$	490,48
$Z^{(1)}(4)$	641,12
$Z^{(1)}(5)$	799,21

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.66'da verilmiştir.

Çizelge 4.66. Enerji Sektörü Emisyon Y Matrisi

Yıl	Enerji Sektörü Emisyonu
1991	138,12
1992	144,34
1993	147,89
1994	153,4
1995	162,79

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.65'deki gibi oluşmaktadır.

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -203,13 & 1 \\ -344,36 & 1 \\ -490,48 & 1 \\ -641,12 & 1 \\ -799,21 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = -0,039314$$

$$b = 129,82$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

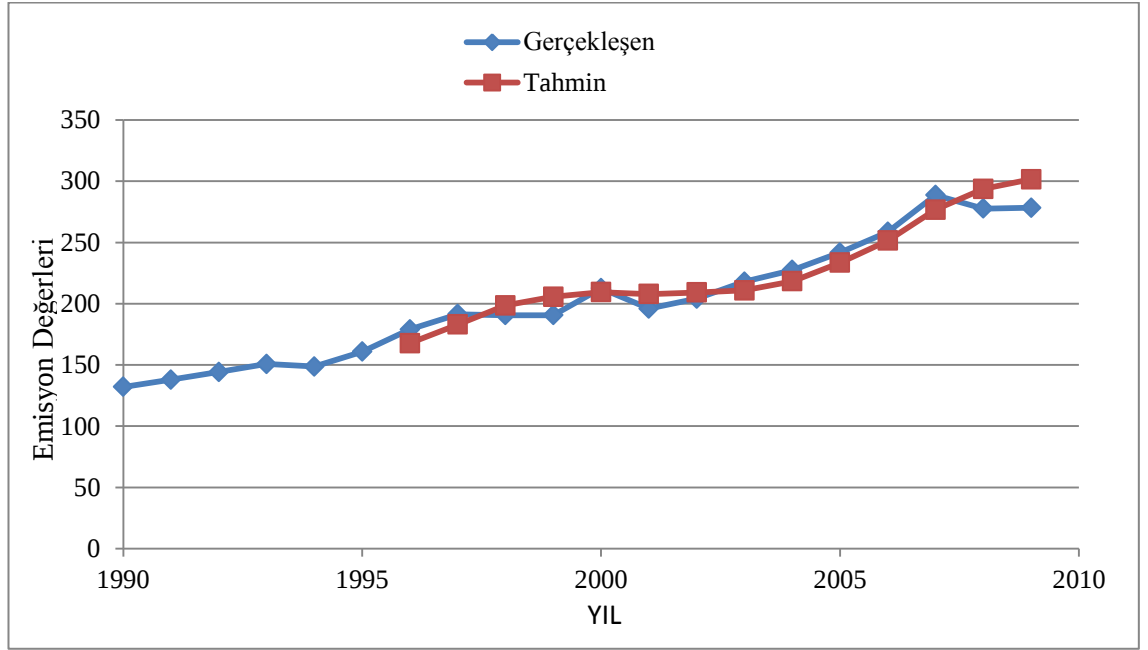
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 167,71 \text{ olarak bulunur.}$$

Enerji Sektörüne ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.67’de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.67. Enerji sektörüne ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	132,13	-	-
1991	137,96	-	-
1992	144,27	-	-
1993	150,78	-	-
1994	148,62	-	-
1995	160,79	-	-
1996	178,96	167,71	6,286320966
1997	191,39	183,01	4,378494174
1998	190,62	198,58	4,175847235
1999	190,61	205,6	7,864225382
2000	212,55	209,38	1,491413785
2001	196,02	207,85	6,035098459
2002	204,02	209,22	2,548769728
2003	218	210,9	3,256880734
2004	227,43	218,3	4,01442202
2005	241,75	233,46	3,429162358
2006	258,56	251,53	2,718904703
2007	288,69	276,75	4,135924348
2008	277,71	293,78	5,786611933
2009	278,33	301,58	8,353393454
MAPE			4,605390663

Şekil 4.15’de Enerji Sektörüne ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Enerji Sektörü emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.2.6. Geliştirilen GPRM(1,1) ile endüstriyel işlemlere ait emisyon tahmini

$X^{(0)}$ düzeltilmiş veri aşağıdaki Çizelge 4.68'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.68. Endüstriyel İşlemler düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	Endüstriyel İşlemler
1990	16,203
1991	17,367
1992	19,193
1993	19,7
1994	21,46
1995	22,593

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.69. Endüstriyel İşlemler BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	Endüstriyel İşlemler
1990	16,203
1991	33,57
1992	52,763
1993	72,463
1994	93,923
1995	116,52

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.70'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.70. Endüstriyel İşlemler $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	24,887
$Z^{(1)}(2)$	43,167
$Z^{(1)}(3)$	62,613
$Z^{(1)}(4)$	83,193
$Z^{(1)}(5)$	105,22

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.71'de verilmiştir.

Çizelge 4.71. Endüstriyel İşlemler Y Matrisi

Yıl	Endüstriyel İşlemler
1991	17,367
1992	19,193
1993	19,7
1994	21,46
1995	22,593

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -24,887 & 1 \\ -43,167 & 1 \\ -62,613 & 1 \\ -83,193 & 1 \\ -105,22 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = -0,063276$$

$$b = 16,025$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

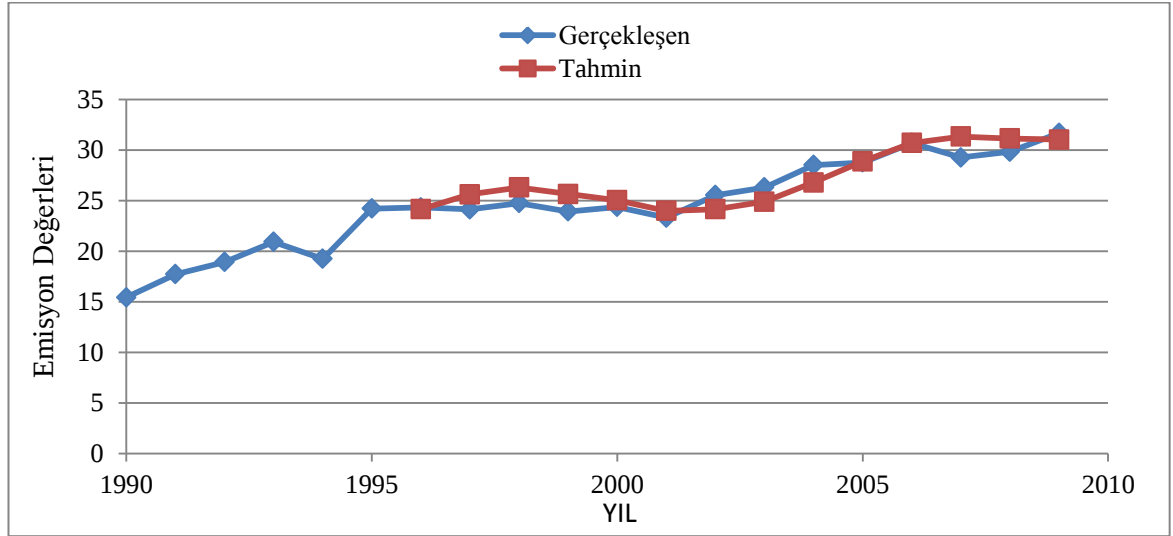
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 24,151 \text{ olarak bulunur.}$$

Endüstriyel İşlemlere ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.72’de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.72. Endüstriyel İşlemlere ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	15,44	-	-
1991	17,73	-	-
1992	18,93	-	-
1993	20,92	-	-
1994	19,25	-	-
1995	24,21	-	-
1996	24,32	24,151	0,694901316
1997	24,14	25,618	6,122618061
1998	24,75	26,305	6,282828283
1999	23,93	25,663	7,241955704
2000	24,37	25,04	2,749281904
2001	23,32	24	2,915951973
2002	25,55	24,149	5,483365949
2003	26,3	24,89	5,36121673
2004	28,52	26,801	6,027349229
2005	28,78	28,88	0,347463516
2006	30,7	30,706	0,019543974
2007	29,26	31,333	7,084757348
2008	29,83	31,151	4,428427757
2009	31,69	31,031	2,079520353
MAPE			4,059941578

Şekil 4.16’da Endüstriyel İşlemlere ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Endüstriyel İşlemlere ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen emisyon değerleri

4.2.7. Geliştirilen GPRM(1,1) ile tarımsal faaliyetlere ait emisyon tahmini

$X^{(0)}$ düzeltilmiş veri aşağıdaki Çizelge 4.73'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.73. Tarımsal Faaliyetler düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	Tarımsal Faaliyetler
1990	29,97
1991	30,153
1992	30,397
1993	30,01
1994	29,46
1995	28,99

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.74. Tarımsal Faaliyetlere BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	Tarımsal Faaliyetler
1990	29,97
1991	60,123
1992	90,52
1993	120,53
1994	149,99
1995	178,98

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.75'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.75. Tarımsal Faaliyetler $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	45,047
$Z^{(1)}(2)$	75,322
$Z^{(1)}(3)$	105,53
$Z^{(1)}(4)$	135,26
$Z^{(1)}(5)$	164,49

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.76'da verilmiştir.

Çizelge 4.76. Tarımsal Faaliyetler Y Matrisi

Yıl	Tarımsal Faaliyetler
1991	30,153
1992	30,397
1993	30,01
1994	29,46
1995	28,99

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -45,047 & 1 \\ -75,322 & 1 \\ -105,53 & 1 \\ -135,26 & 1 \\ -164,49 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = 0,010891$$

$$b = 30,947$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

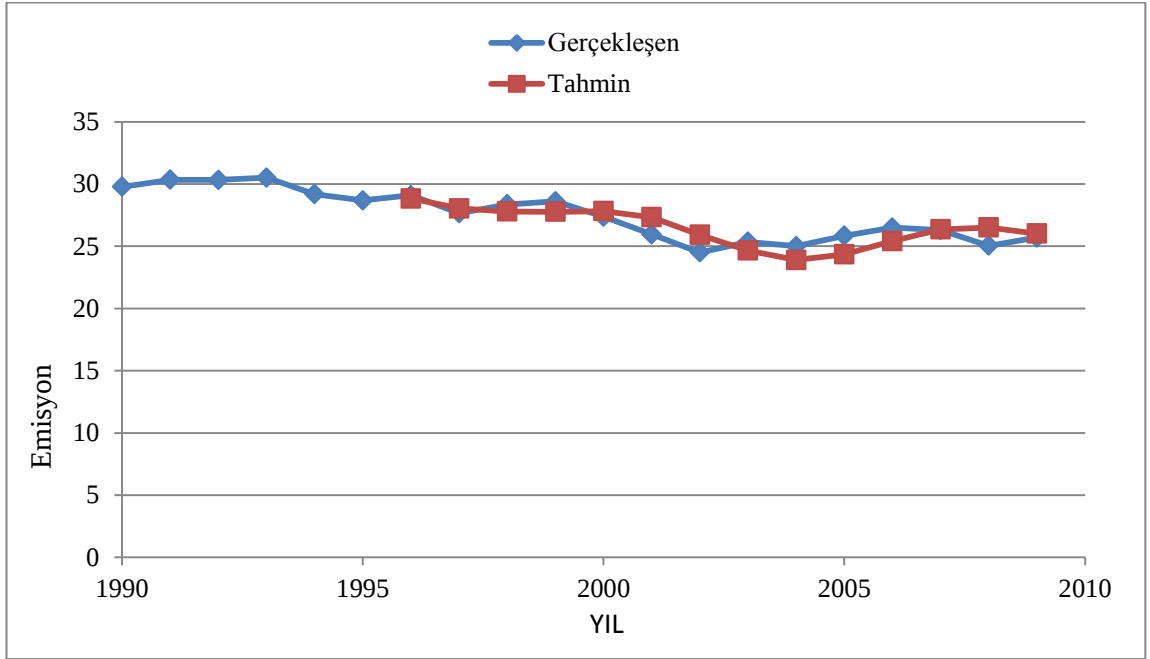
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 28,84 \text{ olarak bulunur.}$$

Tarımsal Faaliyetlere ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.77’de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.77. Tarımsal faaliyetlere ait emisyon gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	29,78	-	-
1991	30,35	-	-
1992	30,33	-	-
1993	30,51	-	-
1994	29,19	-	-
1995	28,68	-	-
1996	29,1	28,84	0,89347079
1997	27,66	28,039	1,370209689
1998	28,36	27,804	1,960507757
1999	28,61	27,776	2,915064663
2000	27,37	27,83	1,680672269
2001	25,96	27,332	5,285053929
2002	24,51	25,926	5,777233782
2003	25,36	24,658	2,768138801
2004	25,01	23,894	4,462215114
2005	25,84	24,347	5,777863777
2006	26,5	25,413	4,101886792
2007	26,31	26,353	0,163435956
2008	25,04	26,507	5,858626198
2009	25,7	26,024	1,260700389
MAPE			3,162505708

Şekil 4.17’de Tarımsal faaliyetlere ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Tarımsal faaliyetler emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.2.8. Geliştirilen GPRM(1,1) ile atıklara ait emisyon tahmini

$X^{(0)}$ düzeltilmiş veri aşağıdaki Çizelge 4.78'deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4.78. Atık düzgünleştirilmiş değerler (İlk 6 yıl için)

Yıl	Atık
1990	10,817
1991	13,157
1992	16,417
1993	18,75
1994	21,127
1995	23,387

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=6$$

Çizelge 4.79. Atık BOİ değerleri (İlk 6 yıl için)

Yıl	Atık
1990	10,817
1991	23,973
1992	40,39
1993	59,14
1994	80,267
1995	103,65

$Z^{(1)}$ dizisinden üretilen $Z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=6$$

$Z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.80'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4.80. Atık $Z^{(1)}$ dizisi

$Z^{(1)}(1)$	17,395
$Z^{(1)}(2)$	32,182
$Z^{(1)}(3)$	49,765
$Z^{(1)}(4)$	69,703
$Z^{(1)}(5)$	91,96

Denklem 3.24'e göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.81'da verilmiştir.

Çizelge 4.81. Atık Y Matrisi

Yıl	Atık
1991	13,157
1992	16,417
1993	18,75
1994	21,127
1995	23,387

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -17,395 & 1 \\ -32,182 & 1 \\ -49,765 & 1 \\ -69,703 & 1 \\ -91,96 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisi kullanarak a ve b katsayıları:

$$a = -0,13332$$

$$b = 11,608$$

olarak elde edilir.

Daha sonra gri diferansiyel denklemin çözülmesi ile birlikte ilk tahmin değeri,

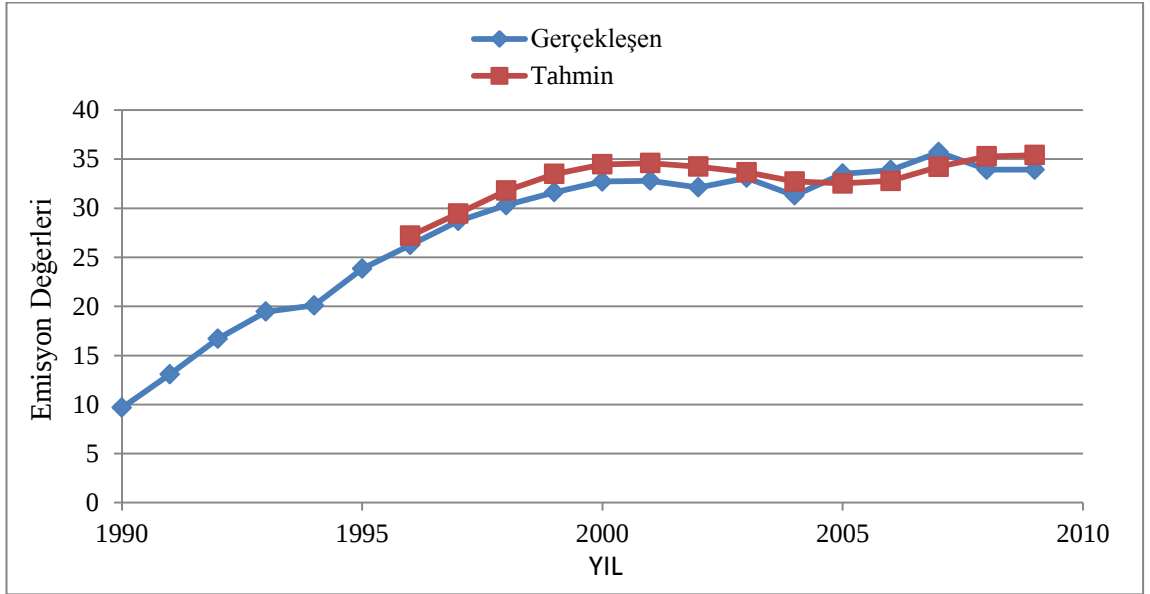
$$\hat{x}^{(0)}(6 + 1) = 27,189 \text{ olarak bulunur.}$$

Atıklara ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.82’de hata oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.82. Atık emisyonları gerçekleşen, tahmin değerleri ve MAPE oranları(milyon ton CO₂ eşdeğeri) 1990-2009

Yıl	Gerçekleşen Değer	Tahmin Değeri	Hata (%)
1990	9,68	-	-
1991	13,09	-	-
1992	16,7	-	-
1993	19,46	-	-
1994	20,09	-	-
1995	23,83	-	-
1996	26,24	27,189	3,616615854
1997	28,69	29,464	2,697804113
1998	30,31	31,789	4,879577697
1999	31,62	33,49	5,913978495
2000	32,72	34,466	5,336185819
2001	32,81	34,601	5,458701615
2002	32,12	34,236	6,587795766
2003	33,09	33,673	1,76186159
2004	31,3	32,723	4,546325879
2005	33,52	32,521	2,980310263
2006	33,88	32,786	3,229043684
2007	35,71	34,219	4,175301036
2008	33,92	35,281	4,012382075
2009	33,93	35,417	4,382552314
MAPE			4,255602586

Şekil 4.18’de Atıklara ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Atık emisyon değerlerine ait gerçekleşen ve GPRM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

4.3. Hata Oranlarının Karşılaştırılması ve Gelecek Döneme Ait Tahmin Çalışması

Orijinal GPRM(1,1) ve geliştirilen GPRM(1,1) modelleri ile ilgili yapılan tahminlerde modellerin geçerliliklerini ölçmek amacı ile bu çalışmada MAPE kullanılmıştır. Sera gazı verileri sektörler ve çeşitlerine göre ayrı ayrı incelenerek hata oranları hesaplanmış ve Çizelge 4.83'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.83 incelendiğinde, çeşitlerine göre ve sektörler göre sera gazları ile ilgili yapılan tahmin çalışmasında normal GPRM(1,1) modele nazaran geliştirilen GPRM(1,1) modelinin daha etkin sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çizelge 4.83. GPRM(1,1) ve Geliştirilen GPRM(1,1) ile yapılan sera gazı emisyon değerlerinin MAPE oranları (%)

Çeşitlerine Göre	Enerji	Endüstriyel İşlemler	Tarımsal Faaliyetler	Atık	Toplam
GPRM(1,1)	5,989	5,171	4,198	5,028	4,812
Geliştirilen GPRM(1,1)	4,606	4,061	3,162	4,256	3,742
Geliştirme Oranı(%)	23,092	21,466	24,678	15,354	22,236
Sektörlere Göre	CO₂	CH₄	N₂O	F Gaz	Toplam
GPRM(1,1)	5,623	3,407	8,090	18,003	4,812
Geliştirilen GPRM(1,1)	4,351	2,784	6,195	13,424	3,742
Geliştirme Oranı(%)	22,621	18,286	23,424	25,435	22,236

Çizelge 4.83'ten de görüldüğü üzere geliştirilen modelin daha etkin sonuçlar vermesinden dolayı 2020 yılına kadar yapılacak olan tahmin çalışmasında geliştirilen GPRM(1,1) model kullanılmıştır.

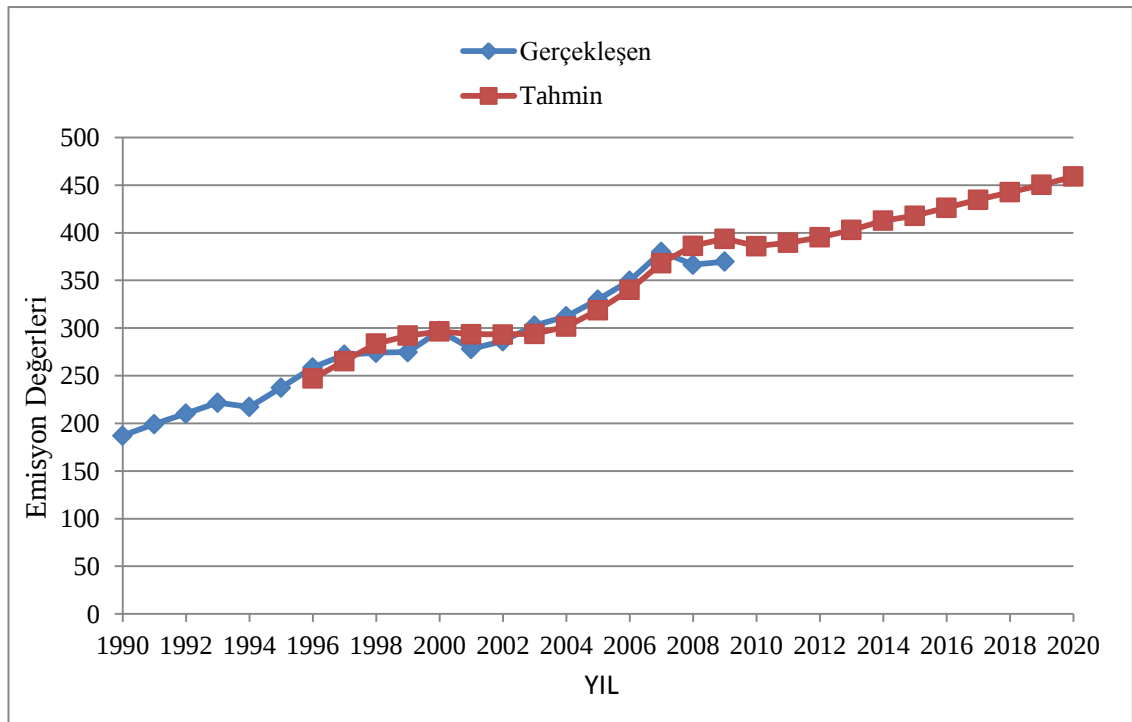
4.3.1. Geliştirilen GPRM(1,1) ile 2010-2020 yılları arası çeşitlerine ve sektörlerine göre sera gazları tahmini

Denenen modellerin arasından en uygun modelin belirlenmesinden sonra bu model kullanılarak geleceğe ait tahminler yapılabilir. Geleceğe ait tahmin gerçekleştirme işleminde 1990-2009 yılları arasında gerçekleşen değerler kullanılarak 2010-2020 yılları arasında veriler tahmin edilmiştir. Tahmin sürecinde n=6 olarak alınmış ve Çizelge 4.84'te tahmin değerleri gösterilmiştir.

2010-2020 yılları arası sera gazları çeşitlerine ve sektörlerine göre geliştirilen GPRM(1,1) ile tahmin edilmiş ve toplam sera gazı emisyonu ile ilgili gerçekleşen ve tahmin edilen değerler Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.84. Geliştirilen GPRM(1,1) ile Türkiye 2010-2020 yılları arası tahmini sera gazı emisyon değerleri

	Çeşitlerine Göre Sera Gazı Tahminleri				Sektörel Sera Gazı Tahminleri				Toplam
YIL	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F Gaz	Enerji	Endüstriyel İşlem	Tarımsal Faaliyet	Atık	
2010	316,100	55,660	10,877	3,614	295,250	30,794	25,311	34,699	385,920
2011	320,710	55,700	10,299	3,451	299,340	31,097	24,941	34,426	389,550
2012	327,100	56,029	9,719	3,352	305,100	31,376	24,719	34,422	395,190
2013	335,580	56,485	9,184	3,278	312,970	31,668	24,515	34,490	402,990
2014	346,090	57,059	8,548	3,214	322,690	31,992	24,331	34,649	412,730
2015	352,240	57,272	8,111	3,097	328,240	32,286	24,054	34,526	417,850
2016	361,650	57,771	7,619	3,033	336,910	32,592	23,871	34,631	426,380
2017	370,970	58,215	7,159	2,957	345,490	32,908	23,658	34,680	434,680
2018	379,940	58,623	6,730	2,876	353,690	33,222	23,440	34,704	442,520
2019	388,860	59,019	6,351	2,797	361,850	33,535	23,224	34,717	450,250
2020	398,950	59,495	5,959	2,732	371,130	33,857	23,028	34,788	459,120



Şekil 4.19. Gerçekleşen ve tahmin edilen toplam seragazı emisyon değerlerinin yıllara göre dağılımı

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde en büyük sorunlardan biri olan küresel ısınma ve iklim değişikliği, küresel çözüm arayışları ile birlikte acil önlemler almayı gerektirmekte olan bir çevresel problemdir. İklim değişikliğinin kuraklık, kıtlık, göç gibi etkileri de dikkate alındığında sorunun sadece ülkelere ait çevre sorunu olmadığı, aynı zamanda ekonomik ve uluslararası işbirliğini gerektiren önemli bir sorun olduğu görülmektedir. Bu nedenle iklim değişikliği 21. yüzyılın baskın konularından biri haline gelmiştir.

Tezde kullanılan Gri Modelin az sayıda veriye ihtiyaç duyması ve hesaplanma kolaylığının yanında sınırlı kaldığı zamanlar da vardır. Belirsizliğin ve dalgalanmanın fazla olduğu durumlarda yapılan tahminlerde sapmalar artmakta ve düzgün artan serilerde gri tahminle yapılan çalışmaların hata oranları çok daha düşük olduğu görülmektedir. Bundan dolayı belirsizliğin ve dalgalanmanın fazla olduğu veri setlerinde, verilerin işleme alınmasında önce belirsizliğin ve dalgalanmanın giderilmesi tahmin sağlığı açısından büyük önemi vardır.

Çalışmanın uygulama kısmında, 1990–2009 yılları arasındaki sera gazı emisyon değerlerine, TUIK resmi sitesinden ulaşılarak, kullanılmıştır. Bu veriler GPRM(1,1) ve geliştirilen GPRM(1,1) modellerinde kullanılmış ve her iki çalışmadan alınan sonuçlar, tutarlılık göstergesi MAPE, dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. Hata oranlarına bakılarak daha etkin model olan geliştirilen GPRM(1,1) modeli temel alınarak 2010-2020 gelecek dönem tahmini yapılmıştır. Kullanılan yöntemler için özel olarak MATLAB programlama dilinde yazılan kod ile tahminler yapılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen veriler ışığında toplam sera gazı emisyon değerleri için geliştirilen GPRM(1,1) modelinin, GPRM(1,1) modele göre hata payında %22,236'lık bir iyileştirme olmuştur. Bununla beraber, sektörlere göre incelenen sera gazlarında en çok dalgalanmanın F gazlarda olduğu görülmüş ve en büyük geliştirme oranına % 25,435 ile ulaşılmıştır. Böylelikle çalışmanın başında da belirtildiği gibi

dalgalanmaların ve belirsizliğin daha yoğun olduğu durumlar için geliştirilen GPRM(1,1) model bu geliştirme oranları ile etkinliğini göstermiştir.

GPRM(1,N), gri tahmin yöntemlerinden bir diğer olmakla beraber çeşitli parametrelere dayalı tahminlerin yapıldığı problemler için kullanılmaktadır. İlerleyen çalışmalarda tek bir veri setine ek olarak, çeşitli ekonomik ve çevresel parametreler dahil edilerek sera gazı emisyonları ile ilgili GPRM(1,N) modeli kullanılabilir. Bununla beraber hareketli ortalama yönteminin de dahil edildiği geliştirilen GPRM(1,1) yöntemi için kullanılan katsayılar incelenerek tahmin hata oranları düşürülebilir.

Bu çalışmada uygulama alanı olarak sera gazlarının sektörlere ve çeşitlerine göre her biri için ayrı model kurulup tahmin yapılması ve var olan bir tahmin modeli olan GPRM(1,1)'in geliştirilerek hata oranlarının indirgenmesi bakımından yenilikçi olarak nitelendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Akay, D., Atak, M., 2007. Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey. *Energy*, 32(9), 1670–1675.
- Akgül, I., 2003. Zaman Serilerinin Analizi ve Arıma Modelleri. Der Yayınları, 251 s, İstanbul, Türkiye.
- Albert, W.L., Chi, S.C., Chena, J.H., 2003. An improved Grey-based approach for electricity demand forecasting. *Electric Power Systems Research* 67(3), 217–224.
- Albert, W.L., Chi, S.C., 2004. Analysis and design of a Taguchi–Grey based electricity demand predictor for energy management systems. *Energy Conversion and Management*, 45(7–8), 1205–1217.
- Chiun-Sin, L., Fen-May, L., Chih-Pin, H., 2011. Grey forecasting model for CO₂ emissions: A Taiwan study. *Applied Energy*, 88(11), 3816–3820.
- Çabuk, S.Ö., 2011. Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı Emisyonlarındaki Artış İle Mücadelede İktisadi Araçların Rolünün Değerlendirilmesi: Enerji Sektörü Örneği. Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Çağlar, Ü., Meçik, O., Carkanat, S., Karataş, G., Onan, M.T., 2008. Küresel Isınmanın Ekonomik, Politik ve Sosyal Etkileri Eskişehir Kent Merkezinde Bir Araştırma. XI. Uluslararası İktisat Öğrencileri Kongresi, İzmir-Türkiye.
- Deng, J. L., 1989. Introduction to Grey System Theory. *The Journal of Grey System*, 1:1-24.
- Hsu, C.C., Chen, C.Y., 2003. Applications of improved grey prediction model for power demand forecasting. *Energy Conversion and Management* 44 2241–2249.
- Hsu, C.I, Wen, Y.H, 1998. Improved grey prediction models for the trans-pacific air passenger market. *Transportation Planning and Technology*, 22(2), 87-107.
- Hsu, L.C, Wang, CH. 2007. Forecasting the output of integrated circuit industry using a grey model improved by the Bayesian analysis. *Technological Forecasting & Social Change* 74, 843 – 853.
- Hsu L.C. 2011. Using improved grey forecasting models to forecast the output of optoelectronics industry. *Expert Systems with Applications* 38, 13879–1388.
- Jing, G., Xu, S., Heng, X., Li, C., 2011. Research on the Prediction of Gas Emission Quantity in Coal Mine Based on Grey System and Linear Regression for One Element. *Procedia Engineering*, 26, 1585–1590.
- Kang, J., Zhao, H., 2012. Application of Improved Grey Model in Long-term Load Forecasting of Power Engineering. *Systems Engineering Procedia*, 3, 85–91.
- Karakaya, E., Özçağ, M., 2003. Türkiye Açısından Kyoto Protokolünün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi ile CO₂ Belirleyicilerinin Analizi. VII. ODTÜ Ekonomi Konferansı, Ankara.
- Koçak, K., İklim Değişiminde İnsan Faktörü. Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi. <http://web.itu.edu.tr/~kkocak/iklimpdf.pdf> (22.01.2013)
- Lee, Y.S., Tong, L.I., 2011. Forecasting energy consumption using a grey model improved by incorporating genetic programming. *Energy Conversion and Management*, 52(1), 147–152.

- Li, D.C., Yeh, C.W., Changa, C.J., 2009. An improved grey-based approach for early manufacturing data forecasting. *Computers & Industrial Engineering*, 57(4), 1161–1167.
- Li, W., Han, Z.H., 2008. Application of improved grey prediction model for power load forecasting. *Computer Supported Cooperative Work in Design*, A.B.D.
- Lin, Y., Chen, M., Liu, S., 2004. Theory Of Grey Systems: Capturing Uncertainties Of Grey Information. *Kybernetes*, 33(2), 196-218.
- Mingli, L., Zuren, F., 2012. A proposed grey model for short-term electricity price forecasting in competitive power markets. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 43(1), 531–538.
- Mingzhi, M., Chirwa, E.C., 2006. Application of grey model GM(1, 1) to vehicle fatality risk estimation. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(5), 588–605.
- Özcan, E.R., Kayman, S., K 2008. Enerji Tüketimindeki Değişimin Küresel Isınmaya Etkisi ve ABD, AB Ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye’deki Karşılaştırması: 1980-2004, Ege Üniversitesi İİBF.
- Özkara, Y., 2009. Mevsimsel Ayrıştırma Temelli Gri Tahmin Yöntemi İle Aylık Elektrik Yük Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimler Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Öztaş, S., 2012. Erzurum İlindeki Doğalgaz Tüketiminin Zaman Serileri Analizi İle İncelenmesi Ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimler Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Tang, N., Zhang, D., 2011. Application of a Load Forecasting Model Based on Improved Grey Neural Network in the Smart Grid. *Energy Procedia*, 12, 180–184.
- TÜİK, 2012. Türkiye İstatistik Kurumu, Veri, Hava İstatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=09 (20.03.2012)
- Watkins, P., Downing, T., Handley C., Butterfield, R., 2005. The Impacts and Costs of Climate Change, European Commission DG Environment, Brüksel.
- Witt, S.F. and Witt, C., 1992. Modeling and Forecasting Demand in Tourism. Academic Press, London, England.
- Xu, J., Tao, T., Tu, M., Qi, L., 2011. Improvement of grey models by least squares. *Expert Systems with Applications* 38: 13961–1396.
- Yamanoğlu, G.Ç., 2006. Türkiye’de Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı emisyonlarındaki Artış İle Mücadelede İktisadi Araçların Rolü. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Zhiqiang, C., Xiaojia, W., 2012. Applying the Grey Forecasting Model to the Energy Supply Management Engineering. *Systems Engineering Procedia*, 5, 179–184.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 2009 yılında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2010 yılında Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı ve görevine Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde devam etmektedir.