

Rukiye SAKİN



İSKENDERUN TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ
ANALİZİ PARAMETRELERİNİN
TAHMİN EDİLMESİ**

Rukiye SAKİN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2019

HAZİRAN 2019



**ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ ANALİZİ PARAMETRELERİNİN
TAHMİN EDİLMESİ**

Rukiye SAKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2019

Rukiye SAKİN tarafından hazırlanan “ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ ANALİZİ PARAMETRELERİNİN TAHMİN EDİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk CANSIZ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



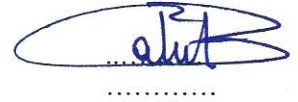
Başkan: Prof. Dr. Umut Korkut SEVİM
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Prof. Dr. Cahit BİLİM
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 10/06/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Tolga DEPCİ
Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü




ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Yükseköğretim Kuruluna gönderilen kopya ile tarafından Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü'ne verilen basılı ve/veya elektronik kopyaların birebir aynı olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir. aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza
Rukiye SAKIN
10/06/2019



ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ ANALİZİ PARAMETRELERİNİN TAHMİN
EDİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Rukiye SAKİN

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Türkiye'nin enerji tüketim değerleri yük ve yolcu olarak ayrılmamaktadır. Bu sebeple Kanada'nın enerji tüketim değerlerinden faydalanılarak yük ve yolcu ayırım katsayıları bulunmaktadır. Bu katsayılar yardımıyla Türkiye ulaştırma sektöründe türlere göre enerji tüketim değerleri yük ve yolcu olarak ayrılmakta ve enerji yoğunluğu değeri hesaplanabilmektedir. Bu hesaplar sonucunda bulunan enerji yoğunluğu değerleri incelendiğinde Türkiye ulaştırma sektöründe gittikçe artan bir verimsizlik olduğu görülmektedir. Logaritmik regresyon, çok değişkenli lineer regresyon ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri kullanılarak Türkiye ulaştırma sektöründe türlere göre enerji tüketim değerleri tahmini yapılmaktadır.

Karayolları için yapılan analizlerde kullanılan yöntemlerden en iyi sonucu veren model çok değişkenli lineer regresyon türlerinden biri olan quadratic regresyon türüdür. Quadratic regresyon modeli için hataların karesinin ortalaması (HKO) değeri 5806018987,9117, yüzde hataların ortalaması (YHO) değeri %0,5068 ve korelasyon katsayısı (R) değeri 0,9999 bulunmaktadır. Demiryolları için yapılan analizlerde kullanılan yöntemlerden en iyi sonucu veren model YSA modelidir. YSA modeli için HKO değeri 63870745,2578, YHO değeri %2,2466 ve R değeri ise 0,9064 bulunmaktadır. Denizyolları için yapılan analizlerde kullanılan yöntemlerden en iyi sonucu veren yöntem YSA yöntemidir. YSA analizi sonucunda elde edilen HKO değeri 1786726958,4754, YHO değeri %4,6616 ve R değeri ise 0,9637 bulunmaktadır. Havayolları için yapılan analizlerde kullanılan yöntemlerden en iyi sonucu veren yöntem YSA yöntemidir. YSA analizi sonucunda elde edilen HKO değeri 26341153522,5271, YHO değeri %10,6019 ve R değeri ise 0,9417 bulunmaktadır. Bu analizler sonucunda oluşturulan regresyon ve yapay zekâ modelleri arasında karayollarında quadratic regresyon modeli en iyi sonucu verirken, demiryollarında, denizyollarında ve havayollarında YSA modeli en iyi sonucu vermektedir.

Anahtar Kelimeler : Yük Taşımacılığı, Yolcu Taşımacılığı, Enerji Yoğunluğu, Enerji Tüketimi, Çok Değişkenli Lineer Regresyon, YSA
Sayfa Adedi : 86
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk CANSIZ

PREDICTION OF ENERGY ANALYSIS PARAMETERS IN TRANSPORTATION SYSTEMS
(M. Sc. Thesis)

Rukiye SAKİN

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

June 2019

ABSTRACT

Turkey's energy consumption values aren't separating freight and passenger. Therefore, there are freight and passenger separation coefficients by making use of the energy consumption values of Canada. This adds energy consumption values based on the type of Turkey transportation sector are allocated as freight and passenger and energy density value can be calculated. When the energy density values in the result of these accounts examined Turkey seems to be a growing inefficiencies in the transport sector. Estimations of energy consumption values based on the modes of transportation sector in Turkey are carried out using the methods of Logarithmic Regression, Multivariate Linear Regression and Artificial Neural Networks (ANN).

The model that gives the best results from the methods used in the analyzes for highways is the quadratic regression type which is one of the multivariate linear regression types. For quadratic regression model, the mean square of errors (MSE) value is 5806018987,9117, the mean percentage error (MPE) value is 0,5068% and the correlation coefficient (R) value is 0,9999. The model that gives the best results from the methods used in the analyzes for the railways is the ANN model. For ANN model, MSE value is 63870745,2578, MPE value is 2,2466% and R value is 0,9064. ANN method is the method that gives the best results for the analyzes used for maritime. As a result of ANN analysis, MSE value is 1786726958,4754, MPE value is 4,6616% and R value is 0,9637. For the airlines, the ANN method is the method that gives the best results for the estimation analysis. As a result of ANN analysis, the MSE value was 26341153522,5271, the MPE value was 10,6019% and the R value was 0,9417. Among the statistical and artificial intelligence models created as a result of these analyzes, the quadratic regression model on the highways gives the best results, while the ANN model on the railways, maritime and airlines gives the best results.

Key Words : Freight Transportation, Passenger Transportation, Energy Intensity, Energy Consumption, Multivariable Lineer Regression, ANN

Page Number : 86

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Ömer Faruk CANSIZ

TEŞEKKÜR

Yüksek linsans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Dr.Öğr. Üyesi Ömer Faruk CANSIZ'a ve Ceng Aygün'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında en büyük destekçilerim olan aileme özelliklede annem Remziye Sakin, babam Zeynal Sakin'e kız kardeşim Sümeyya Sakin'e ve yeğenim Tuğra Sakin'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Maddi ve manevi desteklerini esergemeyen Özcan ASLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1.GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1. Yük Ve Yolcu Taşımacılığına Göre Enerji Tüketimi Ayrımı Yapabilmek İçin Katsayıların Belirlenmesi.....	24
3.1.1.Kanada ulaştırma sisteminde enerji tüketim verilerinin incelenmesi	25
3.1.2.Kanada ulaştırma sisteminde aktivite miktarlarının incelenmesi.....	29
3.1.3.Kanada ulaştırma sisteminde enerji yoğunluğunun hesaplanması.....	31
3.1.4.Enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için katsayıların belirlenmesi	34
3.2. Türkiye Ulaştırma Sisteminde Enerji Tüketim Verileri	37
3.2.1.Karayollarında enerji tüketim değerleri	37
3.2.2.Demiryollarında enerji tüketim değerleri.....	38
3.2.3.Denizyollarında enerji tüketim değerleri	39
3.2.4.Havayollarında enerji tüketim değerleri.....	40
3.3. Çok Değişkenli Lineer Regresyon İle tahmin Edilmesi.....	41
3.4. Logaritmik Regresyon İle Tahmin Edilmesi.....	42

3.5. Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi	43
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	44
4.1. Türkiye Ulaştırma Sisteminde Enerji Tüketim Verilerinin İncelenmesi	44
4.1.1.Ulaştırma sisteminde türlere göre enerji tüketim değerlerinin dağılımı	45
4.1.2. Türlerle göre yük ve yolcu taşımacılındaki enerji tüketim değerlerinin ayırım yüzde oranları.....	46
4.1.3.Türlere göre yük taşımacılığında enerji tüketim değerleri	47
4.1.4. Türlerle göre yolcu taşımacılığında enerji tüketim değerleri	48
4.1.5. Türlerle göre yük taşımacılığında aktivite değerleri	49
4.1.6. Türlerle göre yolcu taşımacılığında aktivite değerleri	50
4.2. Türlerle Göre Enerji Yoğunluğu Değerleri	51
4.2.1. Karayollarında enerji yoğunluğu değerleri	51
4.2.2. Demiryollarında enerji yoğunluğu değerleri.....	54
4.2.3. Denizyollarında enerji yoğunluğu değerleri.....	56
4.2.4. Havayollarında enerji yoğunluğu değerleri.....	59
4.3. Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketim Değerlerinin Çok Değişkenli Lineer Regresyon İle Tahmin Edilmesi.....	61
4.3.1. Karayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	61
4.3.2. Demiryollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	63
4.3.3.Denizyollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	64
4.3.4.Havayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	65
4.4. Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketim Değerlerinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi	66
4.4.1.Karayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	66
4.4.2.Demiryollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	68

	Sayfa
4.4.3.Denizyollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	69
4.4.4.Havayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	71
4.5. Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketim Değerlerinin Logaritmik Regresyon İle Tahmin Edilmesi	72
4.5.1.Karayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	72
4.5.2.Demiryollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	72
4.5.3.Denizyollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	73
4.5.4.Havayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini	73
4.6. Enerji Yoğunluğu Değerlerinin Karşılaştırması.....	74
4.7. Enerji Tüketim Değerlerinin Karşılaştırması	76
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	78
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	84
DİZİN	85

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Ulaştırma türlerine göre enerji tüketim verileri	26
Çizelge 3.2. Yük taşımacılığında enerji tüketim verileri	27
Çizelge 3.3. Yolcu taşımacılığında enerji tüketim verileri	28
Çizelge 3.4. Yük taşımacılığında aktivite verileri	30
Çizelge 3.5. Yolcu taşımacılığında aktivite verileri	31
Çizelge 3.6. Yük taşımacılığında enerji yoğunluğu verileri	32
Çizelge 3.7. Yolcu taşımacılığında enerji yoğunluğu verileri	33
Çizelge 3.8. Enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için gereken katsayılar	35
Çizelge 3.9. Enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için gereken katsayıların yüzde oranları	36
Çizelge 3.10. Karayollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan verilerin çapraz korelasyon değerleri.....	37
Çizelge 3.11. Karayollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan veriler.....	38
Çizelge 3.12. Demiryollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan verilerin çapraz korelasyon değerleri.....	38
Çizelge 3.13. Demiryollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan veriler	39
Çizelge 3.14. Denizyollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan verilerin çapraz korelasyon değerleri.....	40
Çizelge 3.15. Denizyollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan veriler.....	40
Çizelge 3.16. Havayollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan verilerin çapraz korelasyon değerleri.....	41
Çizelge 3.17. Havayollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan veriler	41
Çizelge 4.1. Türkiye ulaştırma sisteminde enerji tüketim değerleri.....	44
Çizelge 4.2. Ulaştırma sisteminde türlerine göre enerji tüketim değerleri.....	45
Çizelge 4.3. Türlerine göre yük ve yolcu taşımacılığında enerji tüketim değerlerinin ayırım yüzde oranları	47

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.4. Türlerle göre yük taşımacılığında enerji tüketim değerleri.....	48
Çizelge 4.5. Türlerle göre yolcu taşımacılığında enerji tüketimi değerleri.....	49
Çizelge4.6. Türlerle göre yük taşımacılığında aktivite değerleri.....	50
Çizelge 4.7. Türlerle göre yolcu taşımacılığında aktivite değerleri.....	51
Çizelge 4.8. Karayollarındaki enerji tüketim değerleri	52
Çizelge 4.9. Karayollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması.....	52
Çizelge 4.10. Karayollarındaki enerji yoğunluğu değerleri.....	53
Çizelge 4.11. Demiryollarındaki enerji tüketim değerleri	54
Çizelge 4.12. Demiryollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması	55
Çizelge 4.13. Demiryollarındaki enerji yoğunluğu değerleri	56
Çizelge 4.14. Denizyollarındaki enerji tüketim değerleri	57
Çizelge 4.15. Denizyollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması.....	57
Çizelge 4.16. Denizyollarındaki enerji yoğunluğu değerleri	58
Çizelge 4.17. Havayollarındaki enerji tüketim değerleri	59
Çizelge 4.18. Havayollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması	60
Çizelge 4.19. Havayollarındaki enerji yoğunluğu değerleri	61
Çizelge 4.20. Karayollarında enerji tüketimi tahmini için çok değişkenli lineer regresyon modellerin karşılaştırması	63
Çizelge 4.21. Demiryollarında enerji tüketimi tahmini için çok değişkenli lineer regresyon modellerin karşılaştırması	64
Çizelge 4.22. Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için çok değişkenli lineer regresyon modellerin karşılaştırması.....	65
Çizelge 4.23. Havayolları enerji tüketimi tahmini için çok değişkenli lineer regresyon modellerin karşılaştırması	66
Çizelge 4.24. Karayollarında enerji tüketimi için YSA modelinin tahmin değerleri	67

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.25. Demiryollarında enerji tüketimi için YSA modelinin tahmin değerleri	68
Çizelge 4.26. Denizyollarında enerji tüketimi için YSA modelinin tahmin değerleri	69
Çizelge 4.27. Havayollarında enerji tüketimi için YSA modelinin tahmin değerleri	71
Çizelge 4.28. Karayollarında enerji tüketimi için YSA modelinin tahmin değerleri	72
Çizelge 4.29. Demiryollarında enerji tüketimi için YSA modelinin tahmin değerleri.....	73
Çizelge 4.30. Denizyollarında enerji tüketimi için YSA modelinin tahmin değerleri	73
Çizelge 4.31. Havayollarında enerji tüketimi için YSA modelinin tahmin değerleri	73
Çizelge 4.32. Türlerle göre yük taşımacılığında enerji yoğunluğu değerleri.....	74
Çizelge 4.33. Türlerle göre yolcu taşımacılığında enerji yoğunluğu değerleri.....	75
Çizelge 4.34. Karayollarında enerji tüketimi tahmini için modellerin karşılaştırması.....	76
Çizelge 4.35. Demiryollarında enerji tüketimi tahmini için modellerin karşılaştırması.....	77
Çizelge 4.36. Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için modellerin karşılaştırması.....	77
Çizelge 4.37. Havayollarında enerji tüketimi tahmini için modellerin karşılaştırması.....	77

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Karayollarında enerji tüketimi için YSA model görünümü.....	67
Şekil 4.2. Karayollarında enerji tüketimi için YSA modelinin performans ve eğitim görünümü	67
Şekil 4.3. Karayollarında enerji tüketimi için ysa modelinin regresyon katsayısı grafiği	67
Şekil 4.4. Demiryollarında enerji tüketimi için YSA model görünümü	68
Şekil 4.5. Demiryollarında enerji tüketimi için YSA modelinin performans ve eğitim görünümü	68
Şekil 4.6. Demiryollarında enerji tüketimi için YSA modelinin regresyon katsayısı grafiği	69
Şekil 4.7. Denizyollarında enerji tüketimi için YSA model görünümü.....	70
Şekil 4.8. Denizyollarında enerji tüketimi için YSA modelinin performans ve eğitim görünümü	70
Şekil 4.9. Denizyollarında enerji tüketimi için YSA modelinin regresyon katsayısı grafiği	70
Şekil 4.10. Havayollarında enerji tüketimi için YSA model görünümü.....	71
Şekil 4.11. Havayollarında enerji tüketimi için YSA modelinin performans ve eğitim görünümü	71
Şekil 4.12. Havayollarında enerji tüketimi için YSA modelinin regresyon katsayısı grafiği.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
TCDD	Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü
DTGM	Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü
DHMI	Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü
TOE	Tons Of Oil Equivalent
KYK	Karayolları Yolcu Katsayısı
YTKAD	Yolcu Taşımacılığında Karayolları Aktivite Değeri
KYTYO	Karayolları Yük Taşımacılığı için Yüzde Oranı
YTKTA	Yük Taşımacılığında Karayolları Aktivite Miktarı
KYTK	Karayolları Yük Taşımacılığı Katsayısı
DYK	Demiryolları Yolcu Katsayısı
YTDAD	Yolcu Taşımacılığında Demiryolları Aktivite Değeri
DYTYO	Demiryolları Yük Taşımacılığı için Yüzde Oranı
YTDTA	Yük Taşımacılığında Demiryolları Aktivite Miktarı
DYTK	Demiryolları Yük Taşımacılığı Katsayısı
HYK	Havayolları Yolcu Katsayısı
YTHAD	Yolcu Taşımacılığında Havayolları Aktivite Değeri
HYTYO	Havayolları Yük Taşımacılığı için Yüzde Oranı
YHTTA	Yük Taşımacılığında Havayolları Aktivite Miktarı
HYTK	Havayolları Yük Taşımacılığı Katsayısı
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Enerji yoğunluğu, bir ülkenin ulaştırma sistemindeki verimliliği ölçmenin en önemli yollarından birisidir. Ülkemiz ulaştırma sistemindeki enerji yoğunluğu değerlerine ulaşmak mevcut verilere göre çok zordur. Çünkü ülkemizdeki enerji tüketim miktarları yük ve yolcu verileri olarak ayrı ayrı tutulmamaktadır. Bunun sonucunda da yük ve yolcuya göre enerji yoğunluğu değerleri ayrı ayrı hesaplanmamaktadır. Literatürde bu sorunu çözmek için kabuller yapılarak formüller geliştirilmektedir. Daha önce yapılmış çalışmalarda bu formüllerden ve kabullerden yararlanarak enerji yoğunluğu değerleri yük ve yolcu taşımacılığına göre hesaplanmaktadır. Fakat bu değerler gerçeği yansıtmaktan uzak kalmaktadır.

Bu tezde bu sorunun giderilmesi için daha önce literatürde kullanılmayan farklı bir yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemde, enerji tüketim değerleri, yük ve yolcu taşıtlarına göre ayrı ayrı tutulan verilere sahip olan ülkelerin enerji yoğunluğu değerlerinden faydalanılmaktadır. Oluşturduğumuz bu yeni yaklaşımlar yardımıyla ülkemizdeki enerji tüketim değerleri yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu değerler hesaplandıktan sonra ulaştırma politikalarını etkileyecek tahmin modelleri geliştirilmektedir. Bu tahmin modelleri çok değişkenli lineer regresyon, logaritmik regresyon ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Daha sonra bu modeller kendi aralarında karşılaştırılarak türel dağılımdaki değişimlerin enerji yoğunluğu değerlerini nasıl etkilediği görülmeye çalışılmaktadır.

Bu tezde Türkiye Ulaştırma Sistemindeki enerji verimliliğini değerlerinin belirlenmesi ve türel dağılım değişkenlerine göre tahmin edilmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Ulaştırma sistemlerindeki verimliliğin veya verimsizliğin belirlenmesi için yük ve yolcu taşımacılığına göre enerji yoğunluğu değerleri tespit edilmektedir. Bu verimliliğin sürekliliği de enerji yoğunluğu değerlerinin yıllara göre değişimiyle takip edilmektedir.

Ulaştırma sistemlerindeki enerji tüketim verilerini yük ve yolcu olarak ayrılmamış olması enerji verimliliği ile ilgili hesap değerlerine ulaşmakta çok ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Ülkemizdeki bu sorunu gidermek için bu verilerin ayrı ayrı tutulduğu ülkelere

faydalanılarak katsayılar oluşturulmaktadır. Bu katsayılardan yararlanılarak ülkemizdeki enerji tüketimi yük ve yolcu olarak ayrılmaktadır.

Bağımsız değişkenler kullanılarak bağımlı değişkenin tahmin edilmesi için gerekli olan formülün oluşturulmasında çok değişkenli lineer regresyon kullanılmaktadır. Çok değişkenli lineer regresyonun dört türü vardır. Bunlar, lineer, interaction, quadratic ve purequadratic yöntemleridir. Bu yöntemler kullanılarak çok güçlü tahmin modelleri oluşturulabilmektedir. Birçok regresyon tekniğinden iyi olduğu gibi zamana zaman yapay zeka tekniklerinden de daha iyi sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Etkili bir yapay zeka tekniği olarak bilinen yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarının çalışma modelini taklit ederek yapay zeka modelleri oluşturmaktadır. Bu tezde yapay sinir ağları enerji yoğunluğu değerlerinin tahmin edilmesi için kullanılmaktadır. Enerji tüketim değerlerinin bağımlı değişken olduğu modellerde yük ve yolcu taşımacılığındaki farklı kriterler bağımsız değişken olarak yer almaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Denizcilik Müsteşarlığı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü ve Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'ndan ulaştırma sistemlerinde tüketilen enerji miktarı değerleri ile yük ve yolcu taşımacılığına bağlı olarak toplanan ton-kilometre ve yolcu-kilometre verileri elde edilmektedir.

Ulaştırma sistemlerindeki enerji tüketim verilerinin yük ve yolcu taşımacılığı olarak ayırabilmek için bu verilerin ayrı ayrı tutulduğu ülkelerin verileri elde edilmektedir. Bu verilerle katsayılar oluşturulup ülkemizdeki enerji tüketimi yük ve yolcu taşımacılığı olarak ayrılmaktadır.

Enerji yoğunluğu tespit edilerek Türkiye Ulaştırma Sisteminin yük ve yolcu taşımacılığına göre enerji verimliliği veya verimsizliği yıllara belirlenmektedir. Karayolları, demiryolları, denizyolları ve havayollarının yük ve yolcu taşımacılığı aktivite değerleri olan ton-km ve yolcu-km birimleri kullanılarak enerji yoğunluğu değerleri bulunmaktadır. Yapay sinir ağları yönteminin tahmin yetenekleri kullanılarak enerji tüketim değerleri türlere bağlı olarak tahmin edilmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kaya ve ark. (2019), enerji politikalarıyla ilgili bir literatür inceleme çalışması yapmıştır. Enerji politikası oluşturma, ülkeler için en önemli konulardan biridir ve çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri kullanılarak değerlendirilebilir. Enerji kararı ve politika oluşturma sorunları arasında enerji alternatifleri arasında seçim yapmak, enerji tedarik teknolojilerini değerlendirmek, enerji politikasını ve enerji planlamasını belirlemek yer almaktadır. Literatürde enerji karar verme problemleri ile ilgili geniş bir çalışma alanı vardır ve bu çalışmalarda farklı enerji alternatifleri ele alınmıştır. MCDM yöntemleri, enerji karar verme problemlerini çözmek için etkili araçlar olarak kullanılır, çünkü alternatifleri farklı bakış açılarıyla çeşitli çelişkili kriterler açısından değerlendirirler. Bu bağlamda, insan görüşlerindeki belirsizlikleri ifade eden bulanık küme teorisi (FST), daha hassas, somut ve gerçekçi sonuçlar almak için MCDM yöntemleriyle birlikte başarıyla kullanılabilir. Bu makale kapsamlı bir derleme sunmayı ve mevcut literatürü ve bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. En son gelişmeler, araştırmacılara enerji alanındaki bulanık MCDM'nin metodolojileri ve uygulamaları hakkında yol gösterici oldu. Bu amaçla, enerji politikasını ve karar alma problemlerini çözmek için bulanık MCDM yöntemlerini kullanan çok sayıda makalenin, bulanık küme türleri, yıl, dergi, bulanık MCDM yöntemi, ülke ve belge türü gibi bazı özelliklere göre analiz yaptığı görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçları, tek tek bir araç olarak veya başka bir MCDM yöntemiyle bütünleşerek bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinin (AHP) en çok uygulanan MCDM yöntemi olduğunu ve tip-1 bulanık kümelerin en çok tercih edilen bulanık kümeler olduğunu göstermektedir. Ek olarak, Türkiye ve Çin, enerji kaynaklı problemlerde bulanık MCDM yöntemleri ile ilgili yayın sayısı en fazla olan ülkelerdir.

Jian (2015), ulaşım enerji tüketiminin hacmini etkileyen faktörlerin önemini analiz etmek için bir faktör ayrıştırma analizi yöntemi sunmaktadır. Etkileyici faktörleri birçok olasılıktan seçerken, en önemli etkileyen faktörleri değerlendirmek ve seçmek için bir gösterge analizi sunmaktadır. Ayrıştırma sonuçlarına dayanarak, kağıt, ulaştırma enerji tüketiminin altında yatan nedenleri yorumlamaya yardımcı olur. Aynı zamanda, makale aynı zamanda ulaştırma enerji verimliliğinin iyileştirilmesi için ilgili politika sonuçlarını önermektedir.

Zheng ve ark. (2019), kruvaziyer hizmetlerinin artmasıyla birlikte enerji tüketimi ve deniz alanı emisyonu artmaktadır. Sera gazlarının olumsuz etkisi nedeniyle dünyada enerji tasarrufu

ve emisyonu azaltma konusunda birçok politika yayınlanmıştır. Enerji tasarrufu ve emisyon azaltma prensibine bağlı kalarak, dinamik yelken verilerini keşfetmek ve otomatik tanımlama sistemi verilerine dayanan yolcu gemileri için yakıt tüketimini tahmin etmek için güçlü doğrusal olmayan fitting yeteneğine sahip yapay bir sinir ağı modeli tanıtıldı. İstasyon varış zamanının kısıtlamaları ve yelken sırasındaki yelken hızının ve yükün belirsizliğini, değişme kuralını tarihsel seyahat verilerinden elde edebilen bir göz önüne alarak, bir seyahatin yakıt tüketimini en aza indirmektir. Oluşturulan yapay sinir ağı modeli, bu dört gelişmiş parçacık sürüsü optimizasyon algoritmasına (GPSO, LPSO, MCPSO ve SIPSO), gemiler arasında yelken hızını optimize ederek, seyahatin ekonomik ve çevresel korunmasını sağlayan küresel arama özelliğine sahiptir. Bu yöntem, Norveç sularının gerçek bir vaka çalışmasına uygulanır. Bu dört algoritmanın optimizasyon sonuçlarını karşılaştırarak, toplam yakıt tüketimi, atalet ağırlığı, 0,7 olduğunda, çok kümeli kooperatif parçacık sürüsü optimizasyon algoritmasının yardımı ile 97,4 ila 86,6 ton arasında bir seyahat potansiyeli azaltma potansiyeli vardır. Yöntemin, yolcu gemilerinin yelken hızını önceden planlamak için bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Beşikçi ve ark. (2016), gemilerin yakıt tüketimini uçucu yakıt fiyatlarına ve uluslararası naklieden kaynaklanan sera gazı emisyonlarına karşı azaltmak, endüstrinin bugün karşılaştığı zorluklardır. Yakıt tasarrufu potansiyeli, yeni binalar için olduğu kadar, artan enerji verimliliği önlemleri ile mevcut gemiler için de mümkündür; sırasıyla teknik ve operasyonel. Teknik önlemlerin uygulanmasındaki sınırlamalar, enerji verimliliği için gemi operasyonlarında operasyonel önlemlerin potansiyelini arttırmaktadır. Gemi sahiplerinin ve operatörlerinin enerji kullanımlarını rasyonelleştirmeleri ve enerji verimli çözümler üretmeleri gerekiyor. Geminin hızını düşürmek yakıt ekonomisi ve çevresel etki açısından en etkili yöntemdir. Bu çalışmanın amacı iki yönlüdür: yapay bir yöntemle, Yapay Sinir Ağı ANN; enerji verimli gemi operasyonları için gemilerde gerçek zamanlı olarak kullanılacak ANN bazlı yakıt tahmin modelini kullanan bir karar destek sistemi (DSS) geliştirmek. Yakıt tahmin modeli, bir geminin günlük yakıt tüketimi hakkında bilgi sağlayan “Veri Yok” işletim verilerini kullanır. Yakıt tahmini için düşünülen parametreler gemi hızı, dakikada devir sayısı (RPM), ortalama hava akımı, trim, gemideki kargo miktarı, rüzgâr ve deniz etkisidir ve bunun içinde YSA çıkış verileri yakıt tüketimidir. YSA'nın performansı, yaygın olarak kullanılan bir yüzey kaplama yöntemi olan çoklu regresyon analizi (MR) ile karşılaştırılır ve üstünlüğü onaylanır. Geliştirilen DSS, iki senaryo ile örneklenmiştir ve gemi işletmecileri kararlarını

hem ekonomik hem de çevresel yönleri dikkate alarak operasyonel düzeyde almak zorunda kaldıklarında stratejik bir yaklaşım sağlama potansiyeli olduğu sonucuna varılabilir.

Xie (2018), eklenti minimum tüketim stratejisini (ECMS) kullanan takmalı hibrit elektrikli araçlar (PHEV'ler) için en uygun yakıt ekonomisini elde etmek için, eşdeğerini dinamik faktör (EF) olarak ayarlamak gerekir. Yaygın olarak kullanılan model tabanlı yaklaşımların aksine, bu makale yapay bir sinir ağı (YSA) kullanarak EF'i belirleyen veri odaklı bir ECMS önermektedir. İlk olarak, Pontryagin'in Minimum İlkesini (PMP) ECMS ile karşılaştırarak, EF'nin PMP yönteminin ortak devlet değeri ile ilgili olduğu tespit edilebilir. Ardından, mevcut talep edilen güç, kat edilen mesafenin toplam mesafeye oranı ve batarya Şarj Durumu (SOC) dahil olmak üzere üç erişilebilir giriş değişkeni ile bir YSA inşa edilir. Sinir ağı daha sonra gerçek dünya hız profilleri kullanılarak eğitilir. Simülasyonlar, farklı başlangıç SOC değerleri göz önüne alınarak gerçekleştirilir. Sonuçlar, önerilen veri odaklı ECMS'nin, dinamik programlama ve PMP yöntemleri gibi küresel optimizasyon yöntemlerine kıyasla tatmin edici bir yakıt ekonomisi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Önerilen yöntemin, seyahatin tamamının süresine göre hesaplanma süresi, zaman bilincine sahip bir enerji yönetimi stratejisinin geliştirilmesi için büyük bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Ayrıca, eğitim örneği büyüklüğünün YSA performansı üzerindeki etkisi tartışılmaktadır.

Zhao ve ark. (2019), tünelde enerji tasarrufu ve emniyetli sürüş hedefine ulaşmak için, bu makale karayolu tüneli aydınlatması için enerji tasarrufu sağlayan bulanık kontrol sistemi önermektedir. İlk olarak, IoT teknolojisine dayalı otoyol tünel aydınlatması için bir kontrol sistemi inşa edildi. Daha sonra, tünel dış çevre parlaklığı, trafik hacmi ve araç hızını girdi olarak ve tünel iç parlaklığını çıktı olarak dikkate alarak bulanık bir kontrol modeli tasarlandı. Uzmanların tecrübelerine ve “Karayolu Tünelleri Aydınlatma Tasarımı Rehberi (Çin)” (JTG / T D70 / 2-01-2014) temel alınarak, farklı bölgelerin üyelik fonksiyonları ve bulanık kontrol kuralları tasarlanmıştır. Ayrıca, bu sistem Çin'deki Guangxi Eyaletinin Duan tüneline konuşlandırılmış ve yarım yıldan fazla bir süre boyunca istikrarlı bir şekilde çalıştırılmıştır. İşlem sonuçları, önerilen kontrol yönteminin “kara delik etkisinden” ve “beyaz delik etkisinden” etkin bir şekilde kaçınabileceğini ve önemli bir enerji tasarrufu etkisine sahip olabileceğini göstermektedir.

Feng ve Wang (2018), küresel bir meta-sınır yaklaşımı kullanan bu makale, Çin'in ulaştırma sektöründeki enerji verimliliğini ve tasarruf potansiyelini 2006'dan 2014'e kadar teknolojik

ilerleme, teknoloji boşlukları ve yönetim verimliliği perspektifinden analiz etmektedir. Sonuçlar, Çin'in ulaştırma sektöründeki enerji verimliliğinin, öncelikle yönetim verimliliğindeki bir düşüş ve bölgesel teknoloji açığındaki genişlemeden dolayı 2006'dan 2010'a düştüğünü göstermektedir. Enerji verimliliği, 2011'den 2014'e, yönetim verimliliği ve bölgesel teknoloji açığı dengelendiğinde arttı. Çin'in ulaştırma sektöründeki enerji verimliliği mekânsal farklılıklar göstermektedir, bu da gelecekteki çalışmaların Çin'in il ulaştırma sektörlerine odaklanmasının oldukça çeşitlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Doğu Çin'deki çoğu eyalet, yönetim verimliliğini arttırmayı taahhüt ederken, orta ve batı Çin'deki çoğu eyalet hem yönetim verimliliğini arttırmaya hem de bölgesel teknoloji açığını daraltmaya odaklanmalıdır.

Chai ve ark. (2016), bu yazıda, ilk olarak karayolu enerji tüketiminin gelişme özelliklerini bulmak için, karayolu ulaşım enerji tüketimindeki tarihsel eğilimleri ve gelişmiş ekonomilerdeki GSYİH'yi analiz ediyoruz. İki endeks belirgin "S" tipi desenleri gösterir. Çin'deki karayolu enerji taşımacılığının mevcut durumunu ve gelecekteki eğilimini araştırmak için, karayolu taşımacılığı enerji tüketimiyle ilgili faktörlerin etki mekanizmasını analiz etmek için yol analizi kullanıyoruz. Daha sonra, Çin'deki karayolu taşımacılığı enerji tüketimi ile ilgili temel faktörleri seçmek için BMA modelini ve tek değişkenli (ETS ve ARIMA modelleri) ve çok değişkenli (çoklu regresyon) modellerini, karayolu taşımacılığını temel olarak seçtik enerji tüketimi analiz edilir ve tahmin edilir. Sonuçlar, karayolu taşımacılığı enerji tüketiminin GSYH'deki her yüzde artış için %0,33, kentleşmedeki her yüzde artış için %1,26 oranında arttığını göstermiştir. Çin'deki karayolu taşımacılığı enerji tüketiminin 2015 yılı sonuna kadar yaklaşık 226181,1 ktöe ve 2020 yılına kadar yaklaşık 347363 ktöe ulaşması bekleniyor.

Dozić ve Urošević (2019), bu makale AB enerji sisteminin bir modelini yapay sinir ağları aracılığıyla analiz edilmektedir. Bu model, AB'nin mevcut Enerji Politikasını dikkate alarak 2050 yılına kadar CO₂ emisyonlarının tahminine dayanmaktadır. Sonuçlar yapay sinir ağlarının bu sistemi çok iyi modellediğini ve bu modelin CO₂ emisyonlarının davranışını tahmin etme kabiliyetine sahip olduğunu göstermektedir. Bu aynı zamanda, 2050 yılına kadar CO₂ emisyonlarının iddialı planlı azaltmalarını elde etmek için ilgili göstergelerin değerini değiştirerek enerji ve ekonomik stratejinin zamanında yanıtlanmasını ve düzeltilmesini sağlayacaktır. Bu planlar, Avrupa Komisyonu'nun Enerji Yol Haritası 2012 ve Avrupa Birliği ekonomisini çevre koruma gereksinimlerine ve enerji tüketiminin azaltılmasına uyarlayacak

ekonomik açıdan ekonomik senaryoları teşvik etmek. Büyük enerji sistemlerinin modellenmesi için en iyisini seçmek amacıyla Yapay Sinir Ağlarının çeşitli yapıları analiz edildi. Çok sayıda spesifik göstergeli Cascade İleri Geri Yayılım yapısına sahip modelin bu tür enerji sistemlerini modelleyebileceği ve CO₂ emisyonlarını kabul edilebilir bir doğrulukla tahmin edebileceği belirlenmiştir.

Androjić ve Alduk (2018), bu makalede, sıcak karışım asfalt üretimi sürecinde doğal gaz tüketimini başarılı bir şekilde tahmin etmek amacıyla yapay sinir ağı (YSA) model geliştirilmesine genel bir bakış sunmaktadır. Test amacıyla, 2014 yılında (155 üretim günü) sıcak karışım asfaltının üretimine ilişkin veriler toplanmıştır. Toplamda 77,893 ton sıcak karışım asfalt gözlemlenen dönemde üretilmiştir. Modelleme işlemi için toplam üretim, söz konusu karışımların dahil edildiği yol yapım katmanına (tipine) bağlı olarak 4 gruba ayrılır: Base, Surf, Bin ve SMA. Toplam üretimi birkaç gruba ayırarak, asfalt üretiminin ve bileşiminin doğal gaz tüketimini tahmin etmedeki etkisini dikkate almak için bir girişimde bulunuldu. Modellemede aşağıdaki bağımsız değişkenler kullanılır: nem içeriği, saatlik kapasite, üretilen asfalt karışımının tipi ve üretilen asfaltın sıcaklığı. Elde edilen modelleme sonuçlarından, sıcak karışım asfaltının üretiminde doğal gaz tüketimini öngörme sürecinde ANN'nin başarılı bir şekilde kullanılması mümkün olduğu sonucuna varılabilir. Böylece asfaltın bileşimi ve üretimin özgülüğü dikkate alınmalıdır.

Jassim ve ark. (2018), özellikle ilk planlama aşamasında, araç dışı kamyonlarda enerji kullanımını ve CO₂ emisyonlarını tahmin edebilen yöntemler nadirdir. Bu çalışma, her bir çekme mesafesiyle bağlantılı olan çekme materyallerinin her birim hacmi için bu tür enerji kullanımını ve CO₂ emisyonlarını değerlendirmek için yapay bir sinir ağı (YSA) modeli önermiştir. Önerilen ANN modelini eğitmek ve test etmek için ayrık olay simülasyonlarından (DES), otoyol dışı bir kamyon veritabanından ve farklı saha koşullarından elde edilen veriler aynı anda analiz edildi. Her model için giriş parametreleri olarak altı bağımsız miktar (yani, kamyon kullanım oranı, taşıma mesafesi, yükleme süresi, şişme faktörü, kamyon kapasitesi ve sınıf beygir gücü) kullanılmıştır. Geliştirilen model, ilk planlama aşamasında otoyol dışı kamyonların enerji kullanımını ve CO₂ emisyonlarını değerlendirebilen etkin bir araçtır. Sonuçlar, sınıf beygir gücü ve mesafe mesafelerinin, kamyonların çevresel etkilerinde önemli bir artış sağladığını ortaya koymaktadır. Ek olarak, sonuçlar belirli bir proje koşulu için kamyonların çevresel etkilerinin kullanım oranlarını artırarak ve yükleme süresini azaltarak azaltılabileceğini göstermektedir.

Rodriguez ve ark. (2018), Eko-sürüş, yüksek hızlı demiryolu hatlarında önemli enerji tasarrufuna yol açabilecek enerji verimli bir trafik çalışması önlemidir. Gerçek zamanlı bir gecikme meydana geldiğinde, enerji verimli ve hesaplama açısından verimli olması gereken en uygun sürüşü yeniden hesaplamak gerekir. Ek olarak, algoritmanın, sürüş parametrelerinin manuel olarak uygulanmasıyla ve yeni gecikmelere yol açabilecek olası trafik bozuklukları ile ilgili mevcut belirsizliği içermesi önemlidir. Bu makale, gerçek zamanlı olarak, manuel sürüşteki belirsizliği bulanık sayılarla modelleyen yeni bir algoritma önermektedir. Literatürdeki klasik hedefleri, çalışma zamanını ve enerji tüketimini ve yeni tanımlanmış bir hedefi, varışta gecikme riskini içeren çok amaçlı bir optimizasyon algoritmasıdır. Varış ölçüsündeki gecikme riski, trenin varış zaman diliminin varış noktasına kadar gelişimine dayanmaktadır. Önerilen yaklaşım, hesaplama süresini iyileştirmek için tasarlanmış dinamik bir algoritmadır. Optimal Pareto cephesi, tren yolculuğu sırasında sürekli olarak izlenir ve bir gecikme tespit edildiğinde yeni bir sürüş komut seti seçilir ve sürücüye sunulur. Algoritma, çözümlerin gerçekçi, doğru ve sürücü tarafından uygulanabilir olmasını sağlamak için yüksek hızlı trenler için ayrıntılı bir simülatör kullanarak her bir çözümün 3 hedefini değerlendirir. Bu algoritmanın kullanımı enerji tasarrufu sağlar ve ayrıca demiryolu operatörlerinin enerji tüketimini ve varışta gecikme riskini dengelemelerine izin verir. Bu şekilde, sistemin enerji performansı hizmet kalitesini düşürmeden iyileştirilir.

Bigazzi (2019), ulaştırma modlarının enerji ve emisyon yoğunluğunun karşılaştırılması, sürdürülebilir ulaştırma araştırması, politikası ve savunuculuğunun standart özellikleridir. Bu karşılaştırmalar tipik olarak, yolcu yolculuğu veya seyahat kilometresi başına ortalama enerji ve emisyon faktörlerine dayanmaktadır. Bununla birlikte, enerji üretim sektöründe de belirtildiği gibi, ortalama emisyon faktörlerini karşılaştırmak politika ve diğer kararları yanlış bir şekilde gösterebilir çünkü değişen talebin marjinal etkisini gösteremez. Bu yazının amacı, yolcu taşımacılığı modları için ortalama ve marjinal enerji ve emisyon faktörleri arasındaki farkı ölçmektir. Ulaştırma sistemi operasyon verileri, ABD'de şehir içi ve şehirlerarası seyahat için seyahat eden yolcular için enerji ve emisyon faktörlerini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Marjinal emisyon faktörleri ortalama faktörlerin %30 (şehirlerarası demiryolu) ile %90 (özel araçlar) arasında değişmektedir. Kentsel seyahat için, özel araçlar ve toplu taşıma aynı ortalama emisyon faktörlerine sahiptir, ancak marjinal faktörler transit için %50 daha düşüktür. Şehirlerarası demiryolu için ortalama emisyon faktörü hava taşımacılığından %10, özel taşıtlardan %30 daha düşüktür, ancak marjinal faktör sırasıyla %60 ve %80 daha düşüktür. Seyahatin etkilerini farklı modlarla temsil etmek için ortalama

enerji ve emisyon faktörlerini kullanmak toplu taşıma araçlarına karşı önyargılıdır ve seyahatlerin özel binek araçlardan uzağa kaydırılmasının faydalarını azaltmaktadır.

Qi ve ark. (2018), elektrikli taşıtlar (EV'ler), yenilenebilir elektriği tek enerji kaynağı olarak kullanmaları nedeniyle taşıtlara bağlı fosil yakıt tüketiminin yanı sıra kirletici ve sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltma konusunda büyük potansiyele sahiptir. Bu nedenle, EV'lerin yaygın şekilde yayılması, ulaşım faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel sorunları (örneğin, hava kirliliği ve iklim değişikliğini) azaltmak için çekici bir araç olarak görülmektedir. Devlet kurumları, destekleyici politikaların yanı sıra önemli miktarda fon tahsis ederek EV dağıtımını teşvik etmeye çalışıyorlar. Bununla birlikte, EV'lerin toplu kabulü, sınırlı şarj altyapısı ve allelektrik alan (AER) tarafından hala engellenmektedir. Tüm bunlar kritik bir araştırma konusuna yol açmaktadır: EV enerji verimliliğini arttırmayı ve AER'yi genişletmeyi amaçlayan çeşitli EV merkezli uygulamaların temelini oluşturan gerçek dünya trafik koşullarında EV enerji tüketimi analizi ve tahmini. Örneğin, EV'ler için eko-yönlendirme sistemleri, farklı rota seçeneklerinin EV enerji tüketim maliyetlerini hesaplamak için doğru bağlantı düzeyinde enerji tüketimi tahminine dayanmaktadır. Bu çalışmada, EV'ler için doğru bir bağlantı seviyesi enerji tüketimi tahmin modeli elde etmek için, gerçek dünya trafik sıklığı altındaki enerji tüketimi, önerilen iki etki faktörüne dayanarak ayrıştırılmıştır: pozitif kinetik enerji (PKE) ve negatif kinetik enerji (NKE). Bu ayrışmanın ardından, gerçek dünya trafik koşullarını göz önünde bulundurarak her karayolu bağlantısında EV enerji tüketimini tahmin etmek için veri odaklı bir model oluşturulur. Son olarak, model performansı mevcut modellerden uyarlanmış temel modelin performansı ile karşılaştırılarak değerlendirilir. Sonuçlar, önerilen EV bağlantı seviyesi enerji tüketimi tahmin modelinin, mevcut modellerin doğruluğunu açısından daha iyi performans gösterdiğini, bunun çeşitli yerleşik EV uygulamalarında oldukça umut verici olduğunu ima ettiğini göstermektedir.

Achour ve Belloumi (2016), Tunus Ulaştırma Sektörü, hızlı ekonomik gelişme ve hızlandırılmış kentleşme nedeniyle fosil yakıt enerjisi kullanımında çarpıcı bir büyüme yaşamıştır. Bu çalışmada incelenen Tunus örneğinde, sürüş faktörlerinin ulaşımdaki enerji tüketimine etkileri logaritmik Divisia endeks yöntemi (LMDI) kullanılarak 1985-2014 yılları arasında ölçülmektedir. Enerji tüketim-sürüş mekanizmasına göre enerji yoğunluğu, ulaştırma yapısı etkisi, ulaştırma yoğunluğu etkisi, ekonomik çıktı ve nüfus ölçeği etkilerine ayrıştırılmaktadır. Sonuçlar ekonomik çıktının, ulaşım yoğunluğu nüfus ölçeğinin ve ulaştırma yapısının enerji tüketimi üzerindeki genel etkisinin olumlu olduğunu

göstermektedir. Fakat enerji yoğunluğunun genel etkisi olumsuzdur. Bu çalışmada enerji yoğunluğunun çalışma döneminde enerji tüketiminin azaltılmasında baskın bir rol oynadığı gösterilmektedir. Nakliye yoğunluğunun artırılması enerji tasarrufu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Düşük sera gazı emisyonlarına dayalı entegre taşımacılıkta kullanılmak üzere, ulaşılan ampirik bulgular ulaştırma politika önlemleri için bilimsel destek sağlamaktadır.

Zhang ve ark. (2011), bu çalışmanın amacı ulaştırma enerji tüketimi ile etkilenen faktörler arasındaki ilişkileri tespit etmektir. Öncelikle Çin'deki ulaştırma enerjisi tüketiminin mevcut durumunu analiz edilmektedir. Daha sonra logaritmik ortalama Divisia endeksi (LMDI) tekniği, ulaşım enerji tüketimindeki değişiklikleri etkileyen faktörlerin niteliğini bulmak için kullanılmaktadır. Bu yöntemle göre bulunan sonuçlar; 2006 yılında ulaştırma enerji tüketimi, 1980 yılına göre 7,63 kat arttı. 2006 yılına kadar, ulaştırmada tüketilen petrol, ülkenin neredeyse %49,6' sını oluşturuyordu. Artan enerji tüketim yoğunluğunun ışığında, ulaştırma sektörünün enerji kullanım etkinliği giderek azalmaktadır. Ulaştırma faaliyetinin etkisi, ulaştırma sektöründeki enerji tüketimini arttırmada en önemli katkıdır ve enerji yoğunluğu etkisi, enerji tüketiminin azaltılmasında baskın bir rol oynamaktadır.

Gao ve ark. (2012), 1985' ten 2009' a kadar Çin'de ulaştırma enerjisi tüketiminin ulaştırma endüstrisindeki büyümeden ayrılmasının ortaya çıkışı incelenmiştir. Ayrılma derecesini belirlemek için bir esneklik endeksi modeli geliştirilmiştir. Toplam ulaşım enerji tüketimi ve ulaşım enerji tüketim türleri ayrışma esnekliği endekslerine dahil edilir. Sonuçlar, toplam ulaşım enerji tüketimi ile ulaştırma sektörü büyümesi arasındaki zayıf ayrılmanın %54,17 olduğunu, zayıf ayrılmanın ise yumuşak bir şekilde gerçekleşmediğini göstermektedir. Toplam ulaştırma enerjisi tüketiminin ulaştırma sektörü büyümesinden güçlü bir şekilde ayrılmasının, gelecekte düşük bir olasılıkla gerçekleşeceği önerilmektedir. Ayrıca, ulaştırma enerji tüketim türlerinin ayrılma endeksleri çeşitli sergiler: Güçlü kömür ayrılma oranı %79,17, yağın zayıf ayrışması %37,5, doğal gaz ve elektrik tüketimine sırasıyla %62,5 ve %54,17 oranında güçlü bir bağlanma hâkimdir. Farklı ayrılma durumlarına göre, özel ve yönlü ulaştırma politikaları uygulanmalıdır.

Wu ve ark. (2018), tapio elastik analizi kullanılarak Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki nakliye sektörlerinde enerji tüketimindeki farklılıklar ve benzerlikler karşılaştırıldı. Sonuçlar, iki ülkede taşımacılık sektörlerinin 2000–2015 yıllarındaki enerji tüketiminin, uzun vadede ekonomik büyümeden kaynaklanan zayıf bir ayrılığa sahip olduğunu göstermiştir. Çin'deki

ayırılma göstergesi (0,61), ABD'nin (0,069) Yani, Çin'in ulaştırma sektöründeki enerji tüketimine olan bağımlılığı, ABD'den çok daha büyüktü. Ayrıca, logaritmik bir ortalama Divisia endeksi (LMDI) modeli kullanılarak, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ulaştırma sektörlerinde enerji tüketimini etkileyen faktörler beş açıdan incelenmiştir. Bu modele dayanarak, iki ülkenin ayrılma farkı göstermesinin nedeni açıklandı. Taşımacılık sektöründe enerji tasarrufu ve emisyonların azaltılmasında ilgili politikalar tartışıldı.

Yan ve Crookes (2010), son yirmi yılda Çin'in karayolu taşımacılık araçlarından hızla artan enerji talebi ve emisyonları petrol güvenliği, kentsel hava kirliliği ve küresel ısınma ile ilgili endişeleri artırdı. Bu hızlı büyümenin önümüzdeki iki-üç yıl içinde devam etmesi muhtemel olacak çünkü Çin'deki araç sahipliği seviyesi hala çok düşük. Çin'in karayolu taşımacılığı sektörünün araçlar, altyapı, enerji kullanımı ve emisyonlar açısından mevcut durumu sunulmaktadır. Uygulanan etki azaltma önlemleri ve yakın gelecekte kabul edilmesi makul olarak beklenebilecek önlemler incelenmiştir. Karayolu taşıma enerji talebinin gelecekteki eğilimlerini ve çeşitli stratejiler altındaki emisyonları inceleyen yeni çalışmalar gözden geçirilmiştir. Ayrıca, Çin'deki çeşitli yakıt / itme seçeneklerini bir yaşam döngüsü perspektifinden değerlendiren bu çalışmalar, enerji kullanımı ve emisyonları azaltma potansiyeline genel bir bakış sağlamak için incelenmiştir. Daha ileri gelişmeler için önerilerde bulunuldu. Çin'in karayolu taşıtlarının enerji kaynakları ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için kapsamlı ve uygun stratejilerin gerekli olacağı sonucuna varılmıştır. Neyse ki, Çin bu yöne gidiyor gibi görünüyor.

Meng ve ark. (2017), Maddi akış analizi (MFA), Kümülatif Enerji Talebi (CED), ekserji analizi (EXA), Energy Değerlendirmesi (EMA) ve emisyonları (EMI) içeren entegre bir yaşam döngüsü yaklaşımı çerçevesi oluşturulmuş ve enerji verimliliğini incelemek için uygulanmıştır. Fujian eyaleti, Çin'in Xiamen kentindeki geleneksel otobüs taşımacılığına kıyasla yüksek hızlı şehir içi otobüs taşıma sistemleri. Bu makale çeşitli değerlendirme yöntemleriyle elde edilen sonuçların tutarlılığını araştırmakta ve kentsel toplu taşıma sistemlerinde yeniliğin sürdürülebilirliğini araştırmaktadır. Bu yazıda ele alınan vaka çalışması, Normal Veriyolu Transit (NBT) ile karşılaştırıldığında bir Otobüs Hızlı Transit (BRT) sistemidir. Tüm analizler, altyapının, aracın tüm yaşam döngüsü aşamalarında (kaynak çıkarma, işleme ve üretim, kullanım ve kullanım ömrü) kullanılan doğal kaynaklar, malzeme, işçilik, enerji ve yakıt giriş akışlarının ortak bir yıllık veri tabanına dayanarak yapılmıştır ve araç yakıtı. Taşımacılığın kümülatif enerji, malzeme ve çevresel destek talepleri

muhassebeleştirilir. Seçilen basınç göstergeleri kapsamlı bir verim sağlamak için karşılaştırıldı toplu taşıma sisteminin resmi. Sonuçlar, Bus Rapid Transit sisteminin (BRT), entegre yaklaşımımızla hesaplanan sürdürülebilirlik göstergeleri kümesi tarafından belirtildiği gibi, NBT'den çok daha iyi enerji ve çevre performansı gösterdiğini göstermektedir. Bunun nedeni, bu yöntemlerin daha yüksek verim vermesidir (trafikten daha az etkilenir, daha yüksek araç kullanımı, büyük mesafeli taşıma için uygunluk). Çalışma, daha yüksek ekonomik ve kaynak yatırımların sağlamak amacıyla gerçekleştirildiğini göstermektedir. Özel karayolları, daha modern ulaşım teknolojisi ve daha yüksek hız, aynı zamanda araba taşımacılığı yöntemlerini kullanacak olan artan sayıda yolcunun çekiciliği nedeniyle, kaynakların daha iyi kullanılması ve daha düşük çevresel baskıya çevrilmiştir. Bu çalışma aynı zamanda, tamamen güvenilir ve sürdürülebilir bir kentsel ulaşım politikasını ele almak için birden fazla kriterin gerekli olduğuna dair net bir kanıt sunmaktadır. Bu nedenle, karmaşık sistemlerin ve uygun dikkate alınması gereken farklı endişelerin varlığında karar vermeyi desteklemek için entegre bir yaklaşım önerilmektedir.

Farajzadeh ve Nematollahi (2018), İran enerji yoğunluğu, son on yılda artmakta olan verimlilik ve yapısal (ölçek) değişikliklerle ilgili kanallardan kaynaklanan, dünyada en yüksek olanı. Bu çalışma, toplam enerji yoğunluğu (EI) ve Verimlilik (EE) ve Yapısal Değişim (SC) endeksleri dahil olmak üzere bileşenlerinin yanı sıra regresyon analizine dayanan itici güçleri içeren değişiklikleri araştırmayı amaçlamıştır. Ayrıca, regresyon modellerinin enerji yoğunluğunu ve bileşenlerini öngörme yeteneğini değerlendirmek için çok katmanlı algılayıcı ve dalgacık tabanlı sinir ağları (WNN) önerildi. Sonuçlar, enerji yoğunluğu endeksleri ile gelir ve sermaye çıktı oranı arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğunu göstermiştir. Ancak, ticaret ve enerji fiyat endeksi için önemli bir rol gözlenmedi. Ayrıca, dönüm noktaları ölçülmüştür. Gelir ve sermaye-emek oranı, gelirin enerji yoğunluğu üzerindeki etkisinin arttığını, sermaye-enerjinin yerine geçtiklerini göstermektedir. Ayrıca, kentleşme enerji yoğunluğunu önemli ölçüde azaltabilir. Tahmin sonuçları, enerji yoğunluğunun ve bileşenlerinin %0,35'ten daha az bir tahmin hatasıyla tahmin edilebileceğini göstermiştir. Son olarak, EE ve SC, YSA tabanlı modellere dayanarak daha doğru bir şekilde tahmin edilebilirken, regresyon modelleri EI endeksini daha kesin olarak tahmin edebilir.

Dargahi ve Khameneh (2019), enerji yoğunluğu ile ilgili ampirik literatür temel olarak enerji yoğunluğunun azaltılması üzerine odaklanırken, bu çalışma enerji yoğunluğunun arttığı bir durumu incelemektedir. Rapor, İran'ın enerji yoğunluğunun fiyat ve fiyat dışı belirleyicilerini

belirlemeyi ve dinamikleri içindeki önemini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma sorusunu cevaplamak için, veri analizi için LMDI ayrıştırma tekniği ve zaman serileri ekonometrisi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara dayanarak, iktisadi faaliyetlerdeki yapısal değişiklikler ve enerji tüketimindeki yetersizlikler, ikincisine hakim olmasına rağmen, İran'ın enerji yoğunluğunun artmasına neden olmuştur. Enerji yoğunluğunun toplam faktör verimliliği, reel enerji fiyatları ve sınai gelişme açısından esnekliği, kısa ve uzun vadede olumsuzdur. Ek olarak, kişi başına düşen gelir, yüksek enerji talebi esnekliği anlamına gelen enerji yoğunluğu ile pozitif bir doğrusal ilişkiye sahiptir. Ayrıca, TFP ve enerji fiyatlarındaki değişiklikler, tahmin hatalarının üçte ikisinden fazlasına katkıda bulunur ve bu faktörlerin enerji yoğunluğu dinamikleri içindeki önemini gösterir. Bu nedenle, enerji yoğunluğunun artan eğilimini değiştirmek için, enerji fiyatlarını gerçekleştirirken teknolojiyi ve verimliliği iyileştirmenin gerekliliklerini göz önünde bulundurmak önemlidir.

Gallardo ve ark. (2018), Ekvador'da, sıvı yakıtlar bir petrol boru hatları ve tank vagonları sistemiyle taşınır. Makalenin ilk kısmı, karayolu yük taşımacılığı (tankerler) yoluyla sıvı yakıtların (benzin ve dizel) taşınması ile ilişkili enerji yoğunluğunun hesaplanması için yeni bir metodoloji önermektedir. Filodan araçların yakıt ekonomisi, kat edilen mesafe, terminallerden gönderilen yakıt miktarları ve her araç tipine atanan yükler. Değerlendirme, Quito (Beaterio) ve Guayaquil'de (Pascuales) bulunan ana terminallerden toplanan verilere dayanmaktadır. Makalenin ikinci kısmı, aşağıdakileri içeren üç tavsiyenin uygulanması yoluyla elde edilebilecek potansiyel tasarrufların tahmini: her bir araç kategorisine atanan yüklerin yeniden dağıtılması, eko sürüş girişimleri nedeniyle yakıt ekonomisinde azalma ve yeni bir terminalin tanıtılması. Bu makale, Ekvador'da sıvı yakıtların taşınmasının arkasındaki lojistiğin daha iyi anlaşılmasını ve ayrıca optimizasyon yaklaşımları ile gerçekleştirilebilecek enerji tasarrufunu öngörmeyi amaçlamaktadır.

Munoz ve ark. (2017), hibrit elektrikli araç güç aktarma organlarının tasarımı ve optimizasyonu, enerji akışlarının yardımcı yönetimi ve kontrol stratejilerini içeren matematiksel modellerden büyük ölçüde yararlanabilir: sanal platformların kullanımı pahalı ve zaman alıcı masrafları azaltır. Bu çalışmada yazarlar, FCHEV için, aynı enerji yönetimini çok çeşitli sürüş tarzı türlerinde kullanmak üzere tasarlanmış bir çevrimiçi Enerji Yönetim Sistemi (EMS) kontrol cihazı geliştirdiler. Kontrolör, bir yakıt hücresi sistemi ile toplam eşdeğer enerji tüketimini en aza indiren bir akü sistemi arasında optimum güç akışı dağılımı ile eğitilmiş sinir ağları (NN) kullanılarak tasarlanmıştır. Sekizden fazla farklı sürüş çevrimi

ve hidrojen ve Li-ion pillerle beslenen bir FCHEV'in dinamik bir topraklanmış parametre matematiksel modelinin kullanılması. Farklı tiplerdeki ağ performanslarını gösteren nicel ve nitel bir analiz yapılmıştır. Bu analiz sayesinde, geliştirilen kontrol cihazlarından ikisi ile olası sürüş stillerinin çoğunu kapsayan, iki çevrim kategorisine uygun bir sınıflandırma sağlanmaktadır.

Ceylan ve Oztürk (2004), bu çalışma, Türkiye'deki ekonomik göstergelere dayanan enerji talebinin tahmini ile ilgilidir. Genetik algoritma enerji talebi (GAEDM) Modeli, genetik algoritma yaklaşımı kullanılarak geçmiş verilere dayanarak geliştirilmiştir. Model geliştirme sırasında kullanılan ekonomik göstergeler şunlardır: gayri safi milli hasıla (GSMH), Türkiye'nin nüfus ve ithalat ve ihracat rakamları. Enerji talebini tahmin etmek için GAEDM modelinin iki formu geliştirilmiştir. GAEDM, gelecekteki enerji talebini tahmin etmek için mevcut verileri kullanarak parametre değerini optimize ederek kullanılabilir. Gelecekteki enerji talebi farklı senaryolar altında hesaplanmaktadır. Mevcut modeller 2020 ve 2025 yıllarındaki enerji talebini yüksek göstermektedir. GAEDM modelinin nispi tahmin hataları, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) projeksiyonu ile karşılaştırıldığında en düşük seviyededir.

Sönmez ve ark. (2017), bu çalışmada, yapay arı kolonisi algoritması kullanılarak Türkiye'nin ulaşım enerji talebini tahmin etmek için üç farklı matematiksel model önerilmiştir. Modellerin geliştirilmesinde gayri safi yurtiçi hasıla, nüfus ve toplam yıllık taşıt-km parametreleri olarak alınmıştır. Ulaştırma enerji talebi tahminleri için matematiksel ifadelerin doğrusal, üstel ve ikinci dereceden formları ifade edilmiştir. Modellerin eğitim ve test aşamaları için 1970'ten 2013'e kadar 44 yıllık bir tarihsel veri kullanılmıştır. Modellerin performansları daha sonra altı farklı küresel hata ölçüm yaklaşımı ile değerlendirildi. Geliştirilen modeller, Türkiye'nin ulaşım enerji talebini 2014'ten 2034'e kadar 21 yıllık bir süre için tahmin etmek için iki olası senaryoda kullanıldı. Yapay arı kolonisi algoritması, Türkiye'de ulaşım enerji planlaması ve politika geliştirme için optimizasyon yönteminin uygunluğunu ortaya koydu. Ayrıca, senaryolardan elde edilen sonuçlar, Türkiye'nin enerji talebinin 2034 yılına kadar 2013'ün iki katı olacağını göstermiştir.

Araujo ve ark. (2019), günlük olarak kaldırımlarda çalışan milyonlarca aracın enerji veya yakıt tüketimi, yol altyapılarının kullanım aşamasında önemli bir ekonomik ve çevresel etkiye sahiptir. Bu nedenle, lastik kaplama etkileşimi nedeniyle araçların enerji tüketimini azaltmak

ve sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmak için yeni çözümler araştırılmalıdır. Bu çalışma, farklı yüzey özelliklerine sahip kaldırımlar üzerinde hareket eden lastiklerin yuvarlanma direnci nedeniyle enerji tüketimini tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle, yüzey tespitinde ana karışımın belirlenmesinde farklı tipte asfalt karışımları kullanılmıştır. Bu değerlendirme için açıkça bir laboratuvar ölçekli prototip geliştirilmiştir. Testler sırasında toplanan veriler arasındaki karmaşık ilişkiden dolayı anlamlı sonuçlar sağlayan deneysel sonuçları analiz etmek için veri madenciliği teknikleri kullanılmıştır. Özellikle yapay sinir ağı, enerji tüketimini tahmin etmek için mükemmel kapasiteye sahip modeller elde etmeyi sağladı. Enerji tüketimini kontrol eden ana parametrelerin araç hızı ve ortalama doku derinliği olduğunu gösteren beş girişli parametre modeliyle duyarlı bir analiz yapılmıştır.

Batur ve ark. (2019), taşımacılık sektörü, küresel enerji tüketiminin ve enerjiyle ilgili karbon emisyonlarının yaklaşık dörtte birini oluşturmaktadır. Sürdürülebilir kentsel taşımayı tasarlamak ve gerçekleştirmek için, ulaşım modellerini, davranışlarını ve etkilerini şekillendiren bir dizi dinamik faktör arasındaki etkileşimi anlamak ve analiz etmek hayati önem taşımaktadır. Bu amaçla, bu çalışma, farklı senaryolar altındaki sayısız poliçeyi analiz etmek ve yaklaşmakta olan enerji tüketimini ve CO₂ emisyonlarını azaltmadaki potansiyel etkilerini değerlendirmek için kentsel motorlu yolcu taşımacılığı sistemini simüle etmek için İstanbul, Türkiye için bir sistem dinamiği (SD) modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır. Oluşturulan SD modeli dört alt sistemi içermektedir: nüfus, hanehalkı harcanabilir gelir, ulaştırma ve enerji ve CO₂ emisyonları. Geçmiş verilere (2000-2015) ve model doğrulama işlemlerine dayanarak, aşağıdaki senaryolarda enerji tüketimi ve motorlu yolcu taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonları tahmin edilmektedir. Bunlardan ilki, enerji kullanımının ve buna bağlı CO₂ emisyonlarının mevcut kalkınma planlarıyla zaman içinde nasıl geliştiğini göstermek için tasarlanmış olağan senaryo (BAU) olarak yapılan bir işlemdir. İkinci ve üçüncü senaryolar, araç filosunun yakıt ekonomisinde farklı seviyelerde iyileştirmeler göz önünde bulunduran ve yenilenebilir enerji kullanımı payının artmasıyla elektrik üretiminde karbon emisyon yoğunluğunun azaldığı farklı seviyelerde dikkate alan tedarik yönetimi önlemlerini (SMM) oluşturmaktadır. Dördüncü ve beşinci senaryolar, farklı nakliye maliyetlerinde artış ve seyahat uzunluğunun azaltılmasını içeren seyahat talebi yönetimi (TDM) politikalarını dikkate almaktadır. Son olarak, son iki senaryo, SMM ve TDM seçeneklerinden oluşan entegre senaryoları içerir. Ayrıntılı olarak, BAU senaryosuna kıyasla, bütünleşik senaryo; araçların yakıt ekonomisinde %10, elektrik üretiminin emisyon yoğunluğunda% 10, nakliye maliyeti ve yolculuk uzunluklarında %15 azalma. BAU

senaryosuna göre, SD modeli yolcu seyahatlerinden kişi başına düşen enerji tüketiminin 2016 yılında 183 L petrol eşdeğeri seviyesine, 2025'te 315 L petrol eşdeğeri, kişi başına CO₂ emisyonunu 2016 yılında 460 kg'dan 2025'te 807 kg. Bu çarpıcı büyümeyle mücadele etmek için bulgular, iddialı entegre senaryoda, toplam enerji tüketiminde %33,5 beklenen azalma ve toplam CO₂ emisyonlarında %32,8 beklenen azalma sunarak en düşük enerji tüketimine ve CO₂ emisyonlarına ulaştığını göstermektedir.

Beheshtion ve ark. (2018), entegre bir alternatif planlama iklim değişikliği sürücülerini kontrol edebilir ve değişen iklimin ulaştırma enerji sektörü üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletebilir veya etkisiz hale getirebilir. Bu makalede, iklim adaptasyonuna ve azaltılmasına sinerjistik bir yaklaşım olarak alternatif bir yakıt altyapısı getirdik ve ulaştırma enerjisinin altyapısı vurgulandığında veya saldırı altındayken seyahat davranışının yakıtın kullanılabilirliğine olan bağımlılığını simüle etmek için nicel bir yöntem geliştirdik. Bizim yaklaşımımız hem seyahat edenlerin hem de ulaşım enerji sisteminin özelliklerinin etkileşime girmesine olanak sağlıyor. Çok aşamalı bir matematik programına sahip olan önerilen model, bir dizi iklim koşulunda New York'un ulaştırma enerji sektörünün dayanıklılığını incelemek için kullanılmıştır. Değişen iklimin enerji sektörü üzerindeki etkisinin zaman içinde büyük ve kötüye gittiğini gördük. Modelleme sonuçları aynı zamanda hem ulaşım hem de yakıt altyapılarında savunmasız unsurların mekansal dağılımını, sistemin felaket sırasındaki genel dayanıklılığını ve savunmasız enerji altyapısının günlük taşeron etkilerini ortaya koymaktadır. Modelleme sonuçları iklim uyarlaması ve koşullarına karşı başarılı bir bütünleşik planlama tepkisi için çok önemlidir.

Kanarachos ve ark. (2019), kentsel alanlarda yüksek oranda hava kirliliği, karayolu taşımacılığının az da olsa neden olmadığı, emisyonların en aza indirilmesi durumunda sürekli ve doğru izleme tekniklerinin uygulanmasını gerektirir. Bu makale için ana motivasyon, kalabalık algılamaya dayanan ince uzaysal izlemeye olanak sağlamaktır, böylece bir aracın anlık yakıt tüketimi akıllı telefon ölçümleri kullanılarak tahmin edilir. Bu amaçla, bir akıllı telefonun GPS konumunu, hızını, yüksekliğini, hızlanmasını ve görünür uydu sayısını işleyen Tekrarlayan Sinir Ağlarını (RNN'ler) kullanan dolaylı izlemeye dayalı bir vekil yöntem önerilmiştir. Çok çeşitli sürüş koşullarında akıllı telefon ve yakıt tüketimi verilerini toplamak için kapsamlı saha denemeleri yapıldı. İki farklı RNN tipi araştırıldı ve uygun bir mimariyi tanımlamak için parametrik bir analiz yapıldı. RNN'yi ayarlamak için çeşitli eğitim yöntemleri performans ve hesaplama yüküne göre değerlendirildi. Elde edilen tahmin edici,

literatürde bulunan diğerleriyle karşılaştırıldı ve sonuçlar, üstün performansını onayladı. Önerilen yöntemin potansiyel etkisi, mevcut akıllı telefon ölçümlerinden yararlanarak kullanımdaki araç yakıt tüketimi ve emisyonların büyük ölçekte doğru bir şekilde izlenmesini kolaylaştıracağı için dikkat çekicidir.

Fernandez ve ark. (2018), günümüzde hem iklim değişikliği tehdidi hem de mevcut finansal kriz nedeniyle ulaşım sektörünün etkinliği ve sürdürülebilirliği konusunda belirgin bir endişe var. Bu endişe, diğer ulaşım araçlarına kıyasla doğal bir verimlilik sundukları için son yıllarda demiryollarının büyümesini açıklamaktadır. Bununla birlikte, rollerini daha da genişletmek için, rekabet edebilirliklerini arttırmak için enerji tüketimini optimize etmek gerekir. Demiryollarının enerji verimliliğini arttırmak, farklı değişkenlerin ve alternatiflerin çalışmasını sağlayacak hem güvenilir veri hem de modelleme araçlarını gerektirir. Bu ihtiyaç göz önünde bulundurularak, bu makale elektrikli trenlerin enerji tüketimini hesaplayan sinir ağlarına dayanan tüketim modellerinin geliştirilmesini sunmaktadır. Bu ağlar Valencia Metro Şebekesi'nin 1. satırında ölçülen kapsamlı bir tüketim verisine dayanarak eğitilmiştir. Bir kez eğitildikten sonra sinir ağları, tren hızı, hızlanma veya iz eğrisi gibi giriş verileriyle beslendiğinde belirli bir rota boyunca araç tüketiminin güvenilir bir tahminini sağlar. Bu şebekeler bir Demiryolları ile ilgili maliyetleri ve çevresel etkileri azaltmak amacıyla enerji harcamaları açısından demiryolu hatlarının daha derin bir şekilde incelenmesine olanak sağlayan faydalı modelleme aracıdır.

Ruiz ve ark. (2019), son teknoloji çalışmamızda, CHC'ye uyumlu arama algoritmasını paralel hale getirerek binalarda enerji tüketimini tahmin etmek için sinir ağına dayalı modelleri geliştiriyoruz. Prensipleri elde etmek için evrimsel algoritmanın sıralı uygulamasını yeni paralel versiyonla karşılaştırdık ve yazılım aracımızın bu yeni versiyonunun sıralı versiyonun uygulama süresini yarıya indirdiğini gördük. Çeşitli sinir ağları sınıflarına dayanan yeni öngörücüler geliştirilmiştir ve elde edilen sonuçlar, önerilen yaklaşımların geçerliliğini, önceki sıralı uygulamalara göre ortalama yürütme süresinin %75'inde bir iyileşme ile desteklemektedir.

Chen ve Lei (2017), Taşımacılık sektörü, karbon emisyonlarının ana itici güçlerinden biridir. Taşımacılık sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi, düşük karbonlu bir kent inşa etmek için önemlidir. Mevcut araştırmaların çoğu, faktörlerin CO₂ emisyonları üzerindeki toplam etkisine odaklanırken, dolaylı etki aynı zamanda CO₂

emisyollarının itici gücüdür. Ek olarak, değişkenler arasındaki nedensel ilişkinin tanımlanması, karşılıklı oyunculuk mekanizmasının incelenmesi için faydalıdır. Bu nedenle, bu makale Pekin'deki ulaştırma CO₂ emisyonları üzerindeki itici faktörlerin doğrudan, dolaylı ve toplam etkilerini tahmin etmek ve değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini araştırmak için yol analizi modelini kullanmaktadır. Sonuçlar, enerji yoğunluğunun ve ulaşım yoğunluğunun azaltılmasının, ulaştırma ile ilgili CO₂ emisyonlarının artışını kontrol etmedeki kilit faktörler olduğunu göstermektedir. Nüfus, CO₂ emisyonları üzerinde en fazla olumlu etkiye sahiptir çünkü artan nüfus, enerji tüketiminde ve motorlu taşıt sayısında büyümeye yol açmaktadır. Ancak, nüfus karbon emisyonlarını azaltmak için enerji yoğunluğunu ve taşıma yoğunluğunu dolaylı olarak etkileyebilir. Dahası, motorlu taşıtlar özel araç nüfustaki artış ve düşük enerji verimliliğinden dolayı CO₂ emisyonunu arttırıyor. Ve ekonomik büyüme düzenindeki değişim, enerji yoğunluğunu ve nakliye yoğunluğunu dolaylı olarak azaltarak CO₂ emisyonlarının artış hızını bir şekilde engellemektedir. Taşımacılık karbon emisyonlarının büyümesini daha da bastırmak için aşağıdaki adımlar atılmalıdır. Nüfusun kalitesini uygun şekilde arttırmak, motorlu taşıtların ölçeğini kontrol etmek, temiz enerji geliştirmek ve teşvik etmek ve trafiği azaltmak enerji yoğunluğu ve taşıma yoğunluğu.

Zheng ve ark. (2014), bu makalede, yapay sinir ağı, yağ pompalarını çalıştırmak için kullanılan çok rnl bir boru hattının günlük elektrik tüketimini tahmin etmek için tanıtıldı. Elektrik enerjisi tüketimini tahmin etmek karmaşık çünkü enerji tüketimini etkileyen çok fazla parametre var. Buradaki enerji tüketiminin detaylı analizi ile bu parametrelerden iki farklı girdi vektörü kümesi seçilmiştir. Çalışmada, iki tane çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağı (MLP ANN) modeli geliştirilmiştir. Genelleme yeteneğini arttırmak için, her bir modelin gizli katmanları ve nöronları, aktivasyon fonksiyonları ve eğitim algoritması sayıları, deneme-yanılma işlemi adım adım optimize edilir. Önerilen iki MLP ANN modelinin performansı, Çinli çok rnl boru hattının gerçek verileri üzerinde değerlendirildi ve iki doğrusal regresyon ve iki destek vektör makinesi (SVM) ile karşılaştırıldı.. Sonuçlar, iki MLP ANN modelinin öngörmede ve diğer modellerde olduğundan daha iyi tahmin performansı için çok yüksek doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir. Önerilen giriş vektörleri ve MLP ANN modelleri sadece parti programlaması ve pompalama işleminin etkin değerlendirmesinde değil, aynı zamanda enerji tüketimi hedef ayarında da faydalıdır.

Irdemoosa ve Dindarloo (2015), madencilik damperli kamyonların yakıt tüketimi, yüzey madenlerinde toplam enerji kullanımının yaklaşık %30'unu oluşturur. Ayrıca, büyük damperli

kamyon filosu, sera gazı (GHG) üretiminin ana kaynağıdır. Çevrim başına yakıt tüketiminin modellenmesi ve tahmini, hem enerji maliyetlerini hem de ortaya çıkan sera gazı üretimini değerlendirmede değerli bir araçtır. Ancak, yakıt tahmini konusunda sadece birkaç çalışma yayınlanmıştır. Bu yazıda, yapay sinir ağları (YSA) tekniği kullanılarak çalışma döngüsü başına yakıt tüketimi öngörülmüştür. Açıklayıcı değişkenler şunlardı: ödeme yükü, yükleme süresi, yüklü iken boşta, yüklü seyahat süresi, boş seyahat süresi ve boşken boşta. Çıkış değişkeni, bir devirde tüketilen yakıtın miktarıydı. Ortalama %10'luk mutlak yüzde hatası (MAPE), yakıt tüketiminin tahmininde YSA'nın uygulanabilirliğini göstermiştir. Sonuçlar maden kamyonlarının boş zamanlarının yakıt tüketimindeki önemli etkisini göstermiştir. Gereksiz enerji tüketiminin ve sera gazı üretiminin büyük bir kısmı, bu çalışmada, yalnızca önlenemeyen boş zamanlardan kaynaklanıyordu. Bu, hem önleyici hem de düzeltici eylemler şeklinde uygun eylemlerin çözüm yollarının uygulanmasını gerektirir.

Deendarlianto ve ark. (2017), gelecekteki ulaştırma enerji karışımının tasarımı Endonezya'da önemli bir konu haline geldi. Benzinli ve dizel gibi yağ bazlı yakıtlar, sınırlı kullanılabilirlik, yüksek sübvansiyon ve çevre sorunları nedeniyle gelecekte uygulanabilir seçenek olarak görünmektedir. Bu yazıda, Endonezya'daki ulaştırma sektörü için enerji karışımı modeli sunulmaktadır. Bu model, çeşitli uygulanabilir teknoloji seçeneklerini göz önünde bulundurur ve üç rekabet amacını, yani enerji tüketimini, yakıt sübvansiyonunu ve CO₂ emisyonunu içerir. Her zamanki gibi iş (BAU), doğal gaz sıkıştır (CNG) teknolojisinin tanıtılması, araç emeklilik programı, uygulamaların uygulanması için senaryolar geliştirildi. Gelecekteki davranışsal faktörleri dikkate alan hibrid araçların enerji karışımı. Sonuç, enerji tüketimini azaltma ve nihayetinde yakıt sübvansiyonunun azaltılmasında en etkili stratejinin eski araçların emeklilik programı olduğunu göstermektedir. CNG aracının toplu taşıma araçlarına getirilmesi, yıllık sübvansiyon maliyetlerini, yakıt tüketimini ve CO₂ emisyonlarını azaltmada çok az öneme sahip görünüyor.

Rajak ve ark. (2016), sürdürülebilirlik, ulaşım politikası ve dünyayı planlamak için büyük bir endişe haline geldi. Bu makale, kentsel mantık kullanarak kentsel ulaşım sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım sunmaktadır. Bu makale ulaştırma sürdürülebilirliği performans değerlendirmesi için bir model sunmaktadır. Literatüre dayalı olarak özel taşımacılık sürdürülebilirlik göstergeleri belirlenmiştir. Model, Ekonomik Sürdürülebilirlik, Sosyal Sürdürülebilirlik, Çevre Sürdürülebilirliği ve Ulaştırma Sistemi Etkinliği gibi ulaştırma sürdürülebilirliğinin tüm boyutlarını ele almaktadır. Ulaştırma

sürdürülebilirlik endeksi (5,05, 6,62, 8,12) olarak hesaplanmış ve daha düşük ulaştırma sürdürülebilirliği özellikleri bulunmuştur. Ulaştırma sürdürülebilirliği endeksi, taşımacılığın sürdürülebilir hale getirilmesi yönünde bir girişim veya bölge ne kadar olduğu sorusunu vurgulamaktadır. Zayıf taşımacılıkta sürdürülebilirlik nitelikleri, bir işletme bölgesinin, taşımacılığın sürdürülebilirliğini etkin bir şekilde nasıl artırabileceğini ortaya koyuyor. Şehirlerarası taşımacılık sürdürülebilirlik performansını iyileştirmek için uygun eylemler başlatılmıştır. Sonuçlar, modelin taşımacılıkta sürdürülebilirliği değerlendirmede etkili olduğunu ve pratik alaka düzeyine sahip olduğunu göstermektedir. Bir örnek, geliştirilen yaklaşımı göstermek için de kullanılır. Bulanık yaklaşım kullanılarak elde edilen sonuçlar, konvansiyonel crisp yaklaşımı ile doğrulanmıştır. 60'tan 20'sinin taşımacılıkta sürdürülebilirlik niteliğinin zayıf olduğu tespit edildi ve zayıf niteliklerin iyileştirilmesi için uygunluklar çıkarıldı.

Hajko (2014), diğer sektörlerin aksine, taşımacılığın enerji tüketimi çoğu AB ülkesinde artmaktadır. Makale enerjiyi araştırıyor 1994-2009 döneminde ulaştırma sektörünün Avrupa Birliği ülkelerindeki yoğunluğu. Tahminler AB-27, AB-15 ve AB-12 ülkeleri için hem bir yıllık hem de beş yıllık dönemler için gerçekleştirildi. Koşullu β yakınsaklığının tahmini yarı ömrü tüm gruplarda 4 yıla yakındır. Bununla birlikte, AB-15 grubundaki koşullu ve koşulsuz tahminler arasındaki ima edilen yakınsama hızı arasında büyük bir fark vardır; bu, farklı yakınsamaların AB-15 ülkelerini belirlediğini gösterir.

Khan ve ark. (2018), taşımacılık sektörü, aşırı enerji kullanımı nedeniyle oldukça hassastır, ancak ülkenin kişi başına düşen gelirini destekleyen gümrük vergisi açısından yeterli gelir sağlar; bununla birlikte, etkisi büyük ölçüde dünya genelinde enerji güvenliği sorunudur. Bu çalışma, hava taşımacılığının, demiryollarının etkisini incelemektedir. 40 düşük heterojen ülke panelinde enerji talebi, gümrük vergisi ve ekonomik büyümeye ilişkin nakliye ve konteyner liman trafiği, 16 düşük gelirli ve düşük orta gelirli (LI ve LMI) ülke ve 24 üst orta ve yüksek gelirli (UM&HI) ülkeden oluşmaktadır 1990–2015 dönemi. Çalışmada kesitsel bağımlılığı ve heterojenliği sağlayan panel ekonometrik teknikleri kullanılmıştır. Sonuçlar, hava yolu demiryolları taşımacılığının, toplanmış paneldeki enerji talebi (ED) ile pozitif ve anlamlı bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir; oysa taşınan demir yolu yolcuları LI ve LMI ülkelerinde ED' yi önemli ölçüde etkilemekte ve demiryolu taşımacılığı yapılan mallar (RT) UM&HI'de ED' yi önemli ölçüde arttırmaktadır. Hava taşımacılığı (AF) ve demiryolları yolcuları taşınan (RPC), toplu panelde gümrük vergisini (CUD) arttırırken, RPC de CUD' yi

olumlu yönde etkilemektedir. LI ve LMI ülkelerinde ve AF, UM&HI ülkelerinde CUD' yi önemli ölçüde arttırmaktadır. Konteyner liman trafiği (CPT), ülke genelinde kişi başına düşen geliri (GSYİH) olumlu yönde etkiledi. Nedensellik tahminleri, iki yönlü ilişkiyi, tek yönlü, ters nedenselliği ve çalışılan değişkenler arasında farklı taşıma modlarına sahip nedensel ilişkilerin olmadığını doğruladı. Dürtü yanıt fonksiyonunun (IRF) tahminleri, taşımacılığın (RPC hariç) ve büyüme faktörlerinin, toplanmış panelde ED'yi pozitif yönde etkileyeceğini, diferansiyel etkiler ise etkileyeceğini göstermektedir. Ulaşım ve büyüme faktörlerinin önümüzdeki 30 yıl boyunca CUD'u etkileyecektir. Varyans ayrıştırma analizi (VDA), GDPPC'nin ED'yi büyük ölçüde etkileyeceğini ve en azından CUD'yi etkileyeceğini, CPT'nin de bir sonraki 30 yıllık süre boyunca CUD'yi büyük ölçüde etkileyeceğini ve en az AF'den etkileneceğini göstermektedir. Genel sonuçlar, ülkeler arasında uzun vadeli sürdürülebilir büyüme için arzu edilen ulaştırma enerji altyapısı ihtiyacını tetikledi.

Gucwa ve Schafer (2013), bu makale, halka açık verileri kullanarak, gemilerin, dizel yakıtlı demiryollarının, kamyonların ve uçakların enerji yoğunluğunu analiz eder. Analiz, teknoloji değil operasyondaki farklılıkların, modlar içindeki ve modlar arasındaki enerji yoğunluğundaki varyasyonun çoğunu açıkladığını göstermektedir. Operasyonel özellikler arasında en önemlisi, araç başına taşınan kargo ağırlığı miktarı ve dolayısıyla ilgili taşıma sisteminin ölçeğidir. Her bir modun, ortalama kargo yoğunluğu diyagramına göre ortalama enerji yoğunluğunda bir karakteristik zarfa sahip olduğu ve enerji yoğunluğunun yük boyutuna göre esneklik tahminleri yapıldığı tespit edilmiştir.

Tomar ve ark. (2018), trafik sıkışıklığı, dünya genelinde şehirlerin çoğunda en büyük sorunlardan biridir ve kirlilik, zaman kaybı, yollarda uzun trafik sıraları gibi diğer sorunlara yol açmakta ve kazalara neden olabilir. Yol altyapısının iyileştirilmesi sorunu çözmek için her zaman uygun bir çözüm değildir. Gerçek hayat senaryosunda, hedefe doğru kısa mesafe rotası insanların yoğunluğunu çeker ve zaman zaman trafik sıkışıklığı koşullarını ağırlaştırabilir. Bu nedenle, rota seçimine karar vermek için akıllı karar vermek için gerçek zamanlı trafik bilgisi gereklidir. Ayrıca, hedefe olan mesafeyi ve bu rotadaki gerçek zamanlı trafik durumunu dikkate alan bir sistem, tıkanıklık sorununa çözüm getirecektir. Mesafe, hava durumu, yolun konumu, haftanın günü ve saati gibi bazı parametrelerin sorunu formüle ettiği ve bu sorunlara çözüm bulduğu düşünülür. Bu yazıda, mantıklı bir mantık ile lojistik regresyonun bir kombinasyonu ortaya çıkmıştır. Tercih edilen yola karar verilebilir. Her bir olası yolun olasılığını gerçek zaman dikkate alarak hesaplamak için kullanılır. Trafik bilgisi, mesafe ve

yol durumu ve daha sonra belirsiz bir senaryoda kararlar almak için kullanılır. Önerilen yöntem mesafe, hava durumu, yol yeri, haftanın günü ve saat gibi parametrelerin sayısını dikkate alır.

Ceylan ve ark. (2008), bu çalışma, uyum arama (HS) yaklaşımı kullanarak ulaştırma enerji talebini tahmin etmek için yeni bir yöntem önermektedir. HARMONY SEARCH TRANSPORT ENERJİ TALEP TAHMİNİ (HASTEDE) modelleri Girişim yapan nüfus, gayrisafi yurtiçi hasıla ve araç kilometrelerini girdi. HASTEDE modelleri doğrusal, üstel ve ikinci dereceden matematiksel ifadeler halindedir ve Türk Ulaştırma sektörü enerji tüketimine uygulanır. Hassasiyet analizi (SA) ile HS parametrelerinin optimum ya da optimum değerlerine ulaşılır. Tüm modellerin performansı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) projeksiyonları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, HS algoritmasının enerji modellemesi için kullanılabileceğini gösterdi, ancak HS parametrelerinin en iyi değerlerini elde etmek için SA'nın gerekli olduğunu gösterdi. HASTEDE'nin ikinci dereceden formu Ulaştırma sektörü enerji tüketimini yaklaşık %26 oranında aşan ve doğrusal ve üssel formları ETKB projeksiyonlarına kıyasla %21 oranında küçümseyecektir. Bu, modelleme prosedürü ve modeller için seçilen parametreler nedeniyle olabilir, ancak ulaştırma sektörü enerji tüketiminin alt ve üst değerlerinin belirlenmesi, enerji politikalarının oluşturulması için bir çerçeve ve esneklik sağlayacaktır.

Djekic ve ark. (2018), sürdürülebilirlik, gıda taşımacılığında endişe haline geldi. Bu makale, bulanık mantık kullanılarak taşımacılıkta sürdürülebilirlik performansının bir analizini sunmaktadır. “Yerel gıdaların” daha sürdürülebilir olduğunu iddia etmek için kanıt bulunmadığının farkına varmakla birlikte, ulaşımdan önceki zorluk, iki karşıt süt dağıtım sisteminin (yerel ve kros) nasıl değerlendirileceği idi. Bu yazıda sunulan önerilen model, bir taşımacılığın sürdürülebilirlik endeksinde toplam 13 göstereyle kaynağın tükenmesi, iklim etkisi, ekonomi ve toplum gibi dört kriterden oluşmaktadır. Model, Sırbistan'da yıllık işlenen toplam sütün %32'sini temsil eden dört süt tesisi tarafından sunulan verilerden alınan iki süt ürünü için doğrulandı. Bu yaklaşımın yenilik yerel ve büyük süt şirketleri için geçerli olan ekonomik ve sosyal faktörlerin belirlenmesinde yatıyor. Bulgular, gelişmiş bir dağıtım sistemine sahip büyük süt fabrikalarının, sosyal ve ekonomik göstergelerle ortaklaşa taşınmanın sürdürülebilirliği açısından daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Sonuç olarak, gıda sistemlerinde ulaştırma etkileri ile ilgili “yerelcilik” kavramının ardına gizlenmiş fikirlerin yeniden gözden geçirilmesi gerekebilir. Sonuçlar, bu modelin taşımacılığın

sürdürülebilirliğini değerlendirebildiğini ve gıda / süt endüstrisinde pratik önemi olduğunu göstermektedir. Bu yaklaşımın gücü, pratik uygulanabilirliği ve araştırmacıların bu modeli diğer gıda sektörlerine yayma kabiliyetidir.

Torrie ve ark. (2016), 1995-2010 yılları arasında Kanada ekonomisinin toplam enerji yoğunluğu (E / GSYİH, PJ / Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla 2002), %23 veya -2,64 MJ / \$ azaldı. Nedenini anlamak için, Logaritmik Ortalama Divisia Endeksi (LMD-I) metodu, gözlenen E / GSYİH düşüşünü destekleyen çok sayıda devletin istatistiksel verilerini ayırtmak için kullanıldı. Analiz; düşüşün %48'inin (1,27 MJ / \$), ekonomideki sektörler arası yapısal bir değişim ile ilişkili olduğunu göstermektedir (yani, düşük enerji kullanan ticari ve kurumsal sektörün toplam GSYH'sine katkısı artmıştır). Yüksek enerji kullanan imalat ve ağır sanayi sektörleri ile), %24 (0,62 MJ / \$) Kanada GSYİH'sinin nüfustan daha hızlı büyümesinin etkisine bağlandı, düşüşün %22'si (0,58 MJ / \$), işletme enerji yoğunluğundaki genel bir düşüşle ilişkilendirilmiştir. İş sektörlerinin daha derin bir analizi, petrol ve gaz sektöründeki artan enerji yoğunluğundan 0,4 MJ / \$ 'ın olumlu etki gösterdiğini, diğer sektörlerdeki enerji yoğunluğu azalmasından dolayı 0,98 MJ / \$ düşüşle dengelendi. Düşüşün %6,3'ü (0,17 MJ / \$), hanehalklarının enerji yoğunluğundaki, çoğunlukla kişisel ulaşım enerji kullanımından ziyade konut enerji kullanımından kaynaklanan bir iyileşmeyle ilişkilendirilmiştir. Bu sonuçlar, politika yapıcılarına Kanada ekonomisinin enerji sistemlerini sürdürülebilirliğe dönüştürmeye yönelik çabalara katkıda bulunan veya bunlara karşı çalışan bu yönleriyle ilgili fikir vermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Yük Ve Yolcu Taşımacılığına Göre Enerji Tüketimi Ayrımı Yapabilmek İçin Katsayıların Belirlenmesi

Ulaştırma sistemlerin enerji verimliliğini kontrol etmenin en güzel yollarından birisi enerji yoğunluğu değerlerinin tespit edilmesidir. Yıllara göre enerji yoğunluğu değerlerindeki değişimin tespit edilmesi, enerji verimliliğinin hangi yöne gittiğini göstermektedir. Enerji yoğunluğun yıllara göre artması ile enerji verimsizliği meydana gelirken, enerji yoğunluğu değerlerinin azalması ile enerji verimliliği meydana gelmektedir.

Enerji yoğunluğu değerleri, enerji tüketim değerlerinin aktivite değerlerine bölünmesi ile elde edilmektedir. Aktivite değerleri yük taşımacılığında ton-km olurken, yolcu taşımacılığında yolcu-km değerleri olmaktadır. Buna bağlı olarak enerji yoğunluğu değerlerine ulaşmak için enerji tüketim verilerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılmış olması gerekmektedir. Yani enerji tüketim verilerinin sadece ulaştırma türlerine göre ayrılması yetmemektedir, her bir taşımacılık türünde yük ve yolcu taşımacılığı için enerji tüketim değerlerine de ulaşılması gerekmektedir.

Türkiye'miz de ise ulaştırma sisteminin enerji tüketim verileri sadece türel bazda ayrılmaktadır. Taşımacılık türlerindeki enerji tüketim verileri yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılmamaktadır. Bu çalışmada, Ülkemizde enerji tüketim verilerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için bir yöntem geliştirilmektedir. Bu amaçla Kanada'nın verilerinden faydalanılmaktadır. Kanada'nın enerji tüketim verilerine, tür bazında yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılmış olarak ulaşılabilmektedir.

Kanada'nın verileri kullanılarak, enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılabilmesi için katsayılar hesaplanmaktadır. Bu katsayılar tür bazında bir yolcu için bir ton'un aldığı orandan oluşan katsayılardır. Oluşturulan bu katsayılar ile Türkiye'nin tür bazındaki enerji tüketim değerleri yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılabilir.

Türkiye'nin ulaştırma sistemindeki enerji yoğunluğu değerlerine ulaşmak için Kanada'nın enerji verilerinden faydalanılmaktadır. Kanada'nın ulaştırma sistemindeki enerji tüketim değerleri türel bazda incelenmektedir. Kanada'nın yük ve yolcu taşımacılığına ait ton-km ve

yolcu-km değerleri irdelenmektedir. Kanada ulaştırma sisteminin taşımacılık turlerine göre enerji yoğunluğu değerleri hesaplanmakta ve yıllara göre değişimi değerlendirilmektedir. Kanada ulaştırma sisteminin enerji tüketim değerleri ve aktivite miktarları kullanılarak, enerji tüketimlerini yk ve yolcu taşımacılığı için ayırabilecek katsayılar hesaplanmaktadır.

3.1.1. Kanada ulaştırma sisteminde enerji tüketim verilerinin incelenmesi

Kanada' da ulaştırma sektöründe tkutilen toplam enerji miktarı ve turlerine göre tkutilen enerji miktarları yıl bazlı değerleri izelge 3.1' de verilmektedir. Ulaştırma sektöründe tkutilen toplam enerji miktarı 1990-2016 yılları arasında 16058565,01 toe (tons of oil equivalent) artış göstermektedir. Artış miktarı 2016 yılının %26,95' ne eşdeğerdedir. Ulaştırma sektöründe tkutilen toplam enerji miktarının büyük çoğunluğu karayollarında tkutilmektedir.

1990-2016 yılları arası dönemde karayollarında tkutilen enerji miktarı, toplam tkutilen enerji miktarındaki payı %78,96' dan %82,54' te yükselmektedir. Karayollarında tkutilen enerji miktarı, 1990 yılında 34363714,53 toe iken 2016 yılında 49174548,58 toe kadardır. Artış miktarı 2016 yılında tkutilen enerji miktarının %30,12' sine eşdeğerdir.

Demiryollarında tkutilen enerji miktarı, 1990-2016 yılları arası dönemde 142829,85 toe kadar azalma göstermektedir. Demiryollarında 1990 yılında tkutilen enerji miktarı, toplam tkutilen enerji miktarındaki payı %4,91 iken 2016 yılında %3,35' e düşmektedir.

Denizyollarında 1990-2016 arası dönemde tkutilen enerji miktarında 882774.43 toe kadar bir azalma görülmektedir. 1990 yılında tkutilen enerji miktarı toplam enerji miktarının %5,85' ni, 2016 yılında tkutilen enerji miktarı ise %2,79' nu oluşturmaktadır.

Havayollarında 1990-2016 yılları arasında tkutilen toplam enerji miktarı 2273335,24 toe kadar artış göstermektedir. 1990 yılında tkutilen enerji miktarı toplam enerji miktarının %10,29' u iken 2016 yılında %11,33 kadardır.

Çizelge 3.1. Ulaştırmada türlere göre enerji tüketimi verileri

Yıllar	Ulaştırmada Türlere Göre Enerji Tüketimi (TOE)					Ulaştırmada Türlere Göre Enerji Tüketimi (%)				
	Toplam	Kara Yolları	Demir Yolları	Deniz Yolları	Hava Yolları	Toplam	Kara Yolla	Demir Yolları	Deniz Yolları	Hava Yolları
1990	43521543,90	34363714,53	2136715,39	2544186,49	4476927,49	100	78,96	4,91	5,85	10,29
1991	41771042,32	33151093,91	1979315,95	2640680,23	3999952,23	100	79,36	4,74	6,32	9,58
1992	42744817,04	33928776,15	2069838,54	2619422,95	4126779,40	100	79,38	4,84	6,13	9,65
1993	43269322,63	34944826,60	2062434,32	2311550,59	3950511,13	100	80,76	4,77	5,34	9,13
1994	45514235,22	36730199,68	2133849,24	2482086,56	4168099,74	100	80,70	4,69	5,45	9,16
1995	46514999,52	37659549,06	1932741,00	2430018,15	4492691,32	100	80,96	4,16	5,22	9,66
1996	47449603,52	38083500,53	1890226,43	2386787,04	5089089,52	100	80,26	3,98	5,03	10,73
1997	49120091,72	39616891,18	1916977,17	2390847,43	5195375,94	100	80,65	3,90	4,87	10,58
1998	50482229,87	40513757,52	1847234,16	2713767,08	5407471,10	100	80,25	3,66	5,38	10,71
1999	51634661,32	41487293,40	1955431,36	2539170,73	5652765,84	100	80,35	3,79	4,92	10,95
2000	52114025,03	41777252,32	2017770,13	2585029,14	5733973,44	100	80,17	3,87	4,96	11,00
2001	51627257,09	41616270,18	1999140,15	2786376,23	5225470,53	100	80,61	3,87	5,40	10,12
2002	52205980,70	42452230,82	1820722,27	2675790,58	5257237,03	100	81,32	3,49	5,13	10,07
2003	53789051,30	44053214,87	1838158,02	2692748,64	5204929,78	100	81,90	3,42	5,01	9,68
2004	55818524,89	45141157,92	1890226,43	2986767,94	5800372,60	100	80,87	3,39	5,35	10,39
2005	56773908,47	45536686,73	2014187,45	3059138,24	6163896,05	100	80,21	3,55	5,39	10,86
2006	56285946,31	45352775,39	2108531,58	2699197,48	6125441,86	100	80,58	3,75	4,80	10,88
2007	58662224,13	47195949,17	2258526,80	3001815,23	6205932,93	100	80,45	3,85	5,12	10,58
2008	58331661,41	47183529,19	2393474,73	2918696,86	5835960,64	100	80,89	4,10	5,00	10,00
2009	57343555,94	47703496,70	1548199,10	2817665,04	5274195,09	100	83,19	2,70	4,91	9,20
2010	59814416,74	49426292,16	1998423,62	2921324,16	5468376,80	100	82,63	3,34	4,88	9,14
2011	59828986,34	49641492,31	2287904,84	2353826,31	5545762,87	100	82,97	3,82	3,93	9,27
2012	60362090,38	49482659,79	2306773,67	2255182,96	6317473,97	100	81,98	3,82	3,74	10,47
2013	61561335,63	50637957,39	2222461,07	2125250,79	6575666,38	100	82,26	3,61	3,45	10,68
2014	60484857,17	49849765,93	2278828,70	1913394,48	6442868,06	100	82,42	3,77	3,16	10,65
2015	60089089,52	49592290,05	2169914,97	1750979,27	6575905,23	100	82,53	3,61	2,91	10,94
2016	59580108,91	49174548,58	1993885,55	1661412,06	6750262,73	100	82,54	3,35	2,79	11,33

Kanada ulaştırma sektöründe tüketilen enerji miktarı yük taşımacılığı ve yolcu taşımacılığı için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Yük taşımacılığında yıllara göre tüketilen enerji miktarları Çizelge 3.2’ de verilmektedir.

Yük taşımacılığında 1990 yılında tüketilen toplam enerji miktarı, ulaştırma sektöründe tüketilen toplam enerji miktarının %36,8’i kadardır. 2016 yılında ise bu oran %43,71’ e yükselmektedir. Yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarının büyük bir çoğunluğu karayollarında tüketilmektedir.

Karayollarında 1990 yılında tüketilen enerji miktarı, toplam tüketilen enerji miktarının %70,36’sını oluştururken 2016 yılında %85,60 olarak hesaplanmaktadır. Karayollarında tüketilen enerji miktarında %49,45 oranında artış olduğu görülmektedir.

Demiryollarında 1990-2016 yılları arasında tüketilen enerji miktarı, toplam enerji miktarının sırası ile %12,78 ve %7,47'sini oluşturmaktadır. Demiryollarında tüketilen enerji miktarında %4,97 oranında azalma olduğu görülmektedir.

Denizyollarında 1990-2016 arası dönemde tüketilen enerji miktarı, toplam enerji miktarının sırası ile %15,89 ve %6,38'ni oluşturmaktadır. Denizyollarında tüketilen toplam enerji miktarı, 2016 yılına oranla %46,87 oranında azalma olduğu görülmektedir.

Havayollarında 1990-2016 yılları arasında tüketilen enerji miktarı ise, toplam enerji miktarının sırası ile %0,97 ve %0,55'ni oluşturmaktadır. Tüketilen enerji miktarında %8,59 oranında düşüş olduğu görülmektedir

Çizelge 3.2. Yük taşımacılığında enerji tüketimi verileri

Yıllar	Yük Taşımacılığında Enerji Tüketimi (Toe)					Yük Taşımacılığında Enerji Tüketimi (%)				
	Toplam	Karayolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları	Toplam	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları
1990	16015572,75	11268510,56	2047148,18	2544186,49	155727,52	100	70,36	12,78	15,89	0,97
1991	15324113,88	10632225,09	1904079,49	2640680,23	147129,07	100	69,38	12,43	17,23	0,96
1992	15853157,54	11096541,51	1997707,08	2619422,95	139486,00	100	70,00	12,60	16,52	0,88
1993	16290723,23	11844368,01	1984809,40	2311550,59	149995,22	100	72,71	12,18	14,19	0,92
1994	17963361,04	13253558,80	2067450,08	2482086,56	160265,60	100	73,78	11,51	13,82	0,89
1995	18456100,12	13975112,26	1876851,06	2430018,15	174118,66	100	75,72	10,17	13,17	0,94
1996	18971529,57	14565300,47	1822871,88	2386787,04	196570,17	100	76,77	9,61	12,58	1,04
1997	19995223,08	15550300,95	1857026,85	2390847,43	197047,86	100	77,77	9,29	11,96	0,99
1998	20720359,22	16031336,58	1787761,54	2713767,08	187494,03	100	77,37	8,63	13,10	0,90
1999	21319384,73	16691267,79	1888793,35	2539170,73	200152,86	100	78,29	8,86	11,91	0,94
2000	21709897,77	16984570,56	1946832,90	2585029,14	193465,18	100	78,23	8,97	11,91	0,89
2001	21839591,10	16961163,66	1928441,77	2786376,23	163609,44	100	77,66	8,83	12,76	0,75
2002	21419222,32	16813556,89	1755039,65	2675790,58	174835,20	100	78,50	8,19	12,49	0,82
2003	22913681,09	18282698,00	1775819,24	2692748,64	162415,21	100	79,79	7,75	11,75	0,71
2004	24318572,66	19329320,72	1829559,57	2986767,94	172924,43	100	79,48	7,52	12,28	0,71
2005	24762348,33	19564583,93	1950415,59	3059138,24	188210,57	100	79,01	7,88	12,35	0,76
2006	24888220,12	19972771,57	2044043,18	2699197,48	172207,89	100	80,25	8,21	10,85	0,69
2007	26145266,07	20811120,66	2191411,10	3001815,23	140919,08	100	79,60	8,38	11,48	0,54
2008	26577577,15	21223129,84	2317760,58	2918696,86	117989,87	100	79,85	8,72	10,98	0,44
2009	25955861,28	21538167,57	1493742,24	2817665,04	106286,42	100	82,98	5,75	10,86	0,41
2010	27865911,91	22878809,59	1939428,68	2921324,16	126349,48	100	82,10	6,96	10,48	0,45
2011	28001576,38	23296789,91	2220789,15	2353826,31	130171,01	100	83,20	7,93	8,41	0,46
2012	28023550,21	23372265,21	2249928,35	2255182,96	146173,69	100	83,40	8,03	8,05	0,52
2013	28456816,66	24008311,84	2172303,43	2125250,79	150950,61	100	84,37	7,63	7,47	0,53
2014	28336916,02	24048915,64	2231298,37	1913394,48	143307,54	100	84,87	7,87	6,75	0,51
2015	27210518,77	23203878,86	2122145,79	1750979,27	133514,86	100	85,28	7,80	6,43	0,49
2016	26039696,19	22290532,15	1945399,83	1661412,06	142352,15	100	85,60	7,47	6,38	0,55

Yolcu taşımacılığında yıllara göre tüketilen enerji miktarları Çizelge 3.3' te verilmektedir. Yolcu taşımacılığında 1990 yılında tüketilen toplam enerji miktarı, ulaştırma sektöründe tüketilen toplam enerji miktarının %63,2'si oluşturmaktadır. 2016 yılında ise bu oran %56,29'a düşmektedir. Yolcu taşımacılığında tüketilen enerji miktarının büyük bir çoğunluğu karayollarında tüketilmektedir.

Karayollarında 1990 yılında tüketilen enerji miktarı, toplam tüketilen enerji miktarının %83,96'sını oluştururken 2016 yılında %80,15' e düşmektedir. Karayollarında tüketilen enerji miktarında %14,09 oranında artış olduğu görülmektedir.

Demiryollarında 1990-2016 yılları arasında tüketilen enerji miktarı, toplam enerji miktarının sırası ile %0,33 ve %0,14'sini oluşturmaktadır. Demiryollarında 1990-2016 yılları arasında tüketilen enerji miktarında %54,13 kadar azalma olduğu görülmektedir. Denizyollarında yolcu taşımacılığında tüketilen enerji miktarı yüzdesi çok az olduğundan ihmal edilmektedir.

Havayollarında 1990-2016 yılları arasında tüketilen enerji miktarı ise, toplam enerji miktarının sırası ile %15,71 ve %19,70'ni oluşturmaktadır. Tüketilen enerji miktarında %34.61 oranında artış göstermektedir

Çizelge 3.3.Yolcu taşımacılığında enerji tüketimi verileri

Yıllar	YOLCU TAŞIMACILIĞINDA ENERJİ TÜKETİMİ (TOE)					YOLCU TAŞIMACILIĞINDA ENERJİ				
	Toplam	Karayolları	Demiryolları	Deniz yolları	Havayolları	Toplam	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları
1990	27505971,15	23095203,97	89567,21	0,00	4321199,96	100,00	83,96	0,33	0,00	15,71
1991	26446928,44	22518868,83	75236,46	0,00	3852823,16	100,00	85,15	0,28	0,00	14,57
1992	26891659,50	22832234,64	72131,46	0,00	3987293,40	100,00	84,90	0,27	0,00	14,83
1993	26978599,41	23100458,58	77624,92	0,00	3800515,91	100,00	85,63	0,29	0,00	14,09
1994	27550874,18	23476640,87	66399,16	0,00	4007834,15	100,00	85,21	0,24	0,00	14,55
1995	28058899,40	23684436,80	55889,94	0,00	4318572,66	100,00	84,41	0,20	0,00	15,39
1996	28478073,95	23518200,06	67354,54	0,00	4892519,35	100,00	82,58	0,24	0,00	17,18
1997	29124868,63	24066590,24	59950,32	0,00	4998328,08	100,00	82,63	0,21	0,00	17,16
1998	29761870,64	24482420,94	59472,63	0,00	5219977,07	100,00	82,26	0,20	0,00	17,54
1999	30315276,58	24796025,60	66638,01	0,00	5452612,97	100,00	81,79	0,22	0,00	17,99
2000	30404127,26	24792681,76	70937,23	0,00	5540508,26	100,00	81,54	0,23	0,00	18,22
2001	29787666,00	24655106,53	70698,39	0,00	5061861,09	100,00	82,77	0,24	0,00	16,99
2002	30786758,38	25638673,93	65682,62	0,00	5082401,83	100,00	83,28	0,21	0,00	16,51
2003	30875370,21	25770516,86	62338,78	0,00	5042514,57	100,00	83,47	0,20	0,00	16,33
2004	31499952,23	25811837,20	60666,86	0,00	5627448,17	100,00	81,94	0,19	0,00	17,86
2005	32011560,14	25972102,80	63771,85	0,00	5975685,49	100,00	81,13	0,20	0,00	18,67
2006	31397726,19	25380003,82	64488,39	0,00	5953233,97	100,00	80,83	0,21	0,00	18,96

Çizelge 3.3. (Devam) Yolcu taşımacılığında enerji tüketimi verileri

Yıllar	YOLCU TAŞIMACILIĞINDA ENERJİ TÜKETİMİ (TOE)					YOLCU TAŞIMACILIĞINDA ENERJİ				
	Toplam	Karayolları	Demiryolları	Deniz yolları	Havayolları	Toplam	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları
2007	32516958,06	26384828,51	67115,70	0,00	6065013,85	100,00	81,14	0,21	0,00	18,65
2008	31754084,26	25960399,35	75714,15	0,00	5717970,77	100,00	81,75	0,24	0,00	18,01
2009	31387694,66	26165329,13	54456,86	0,00	5167908,67	100,00	83,36	0,17	0,00	16,46
2010	31948504,82	26547482,56	58994,94	0,00	5342027,32	100,00	83,09	0,18	0,00	16,72
2011	31827409,96	26344702,40	67115,70	0,00	5415591,86	100,00	82,77	0,21	0,00	17,02
2012	32338540,17	26110394,57	56845,32	0,00	6171300,28	100,00	80,74	0,18	0,00	19,08
2013	33104518,96	26629645,55	50157,64	0,00	6424715,77	100,00	80,44	0,15	0,00	19,41
2014	32147941,15	25800850,29	47530,33	0,00	6299560,52	100,00	80,26	0,15	0,00	19,60
2015	32878570,75	26388411,20	47769,18	0,00	6442390,37	100,00	80,26	0,15	0,00	19,59
2016	33540412,73	26884016,43	48485,72	0,00	6607910,58	100,00	80,15	0,14	0,00	19,70

3.1.2. Kanada ulaştırma sisteminde aktivite miktarlarının incelenmesi

Yük taşımacılığında aktivite değerleri Çizelge3.4'te gösterilmektedir. Yük taşımacılığında 1990 yılındaki aktivite (ton-km) miktarı $575085 \cdot 10^6$ tkm, 2016 yılındaki aktivite miktarı $975654 \cdot 10^6$ tkm kadardır. Yük taşımacılığında aktivite miktarının büyük bir çoğunluğu demiryolları tarafından oluşmaktadır.

1990-2016 yılları arası dönemde karayollarındaki aktivite miktarı, toplam aktivite miktarının sırası ile %23,49 ve %38,24 oranı kadardır. Karayollarındaki aktivite miktarı, 1990 yılında $135114 \cdot 10^6$ tkm iken 2016 yılında $373110 \cdot 10^6$ tkm kadardır. Artış miktarı $237996 \cdot 10^6$ kadardır.

Demiryollarındaki aktivite miktarı, 1990-2016 yılları arası dönemde sırası ile $248348 \cdot 10^6$ ve $395889 \cdot 10^6$ tkm kadardır. Demiryollarında 1990 yılındaki aktivite miktarı, toplam aktivite miktarındaki payı %43,18 iken 2016 yılında %40,58 e düşmektedir.

Denizyollarında 1990-2016 arası dönemdeki aktivite miktarında $14216 \cdot 10^6$ tkm kadar bir artış olduğu görülmektedir. 1990 yılındaki aktivite miktarı, toplam aktivite miktarının %33,02' sini, 2016 yılında tüketilen enerji miktarı ise %20,92' ni oluşturmaktadır.

Havayollarında 1990-2016 yılları arasındaki aktivite miktarı ise, toplam aktivite miktarının sırası ile %0,30 ve %0,30'ni oluşturmaktadır. Aktivite miktarında %34,61 oranında artış göstermektedir.

Çizelge 3.4. Yük taşımacılığında aktivite verileri

Yıllar	YÜK TAŞIMACILIĞINDA AKTİVİTE (TKM) (*10 ⁶)					YÜK TAŞIMACILIĞINDA AKTİVİTE (%)				
	Toplam	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları	Toplam	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları
1990	575085	135114	248348	189869	1754	100	23,49	43,18	33,02	0,30
1991	563240	125599	260579	175489	1573	100	22,30	46,26	31,16	0,28
1992	544902	131406	250667	161331	1498	100	24,12	46,00	29,61	0,27
1993	567151	145682	256134	163689	1646	100	25,69	45,16	28,86	0,29
1994	629686	167689	287827	172371	1799	100	26,63	45,71	27,37	0,29
1995	651685	180273	280477	188890	2045	100	27,66	43,04	28,98	0,31
1996	664761	188288	282018	192277	2178	100	28,32	42,42	28,92	0,33
1997	709868	205861	305635	196001	2371	100	29,00	43,06	27,61	0,33
1998	716273	214751	297916	201314	2292	100	29,98	41,59	28,11	0,32
1999	737820	227445	300140	207870	2365	100	30,83	40,68	28,17	0,32
2000	775465	240128	322511	210499	2327	100	30,97	41,59	27,14	0,30
2001	760576	233998	323211	201195	2172	100	30,77	42,50	26,45	0,29
2002	786128	234707	317807	231463	2151	100	29,86	40,43	29,44	0,27
2003	821279	257868	318263	243293	1855	100	31,40	38,75	29,62	0,23
2004	856415	274967	338898	240537	2013	100	32,11	39,57	28,09	0,24
2005	895744	282255	352140	259113	2236	100	31,51	39,31	28,93	0,25
2006	896197	281853	352477	259640	2227	100	31,45	39,33	28,97	0,25
2007	897440	284974	358832	251637	1997	100	31,75	39,98	28,04	0,22
2008	870099	285350	340092	242848	1809	100	32,80	39,09	27,91	0,21
2009	783756	270646	299829	211653	1628	100	34,53	38,26	27,00	0,21
2010	851074	292825	341325	214839	2085	100	34,41	40,11	25,24	0,24
2011	852681	302703	352091	195675	2212	100	35,50	41,29	22,95	0,26
2012	886453	313716	371074	199380	2283	100	35,39	41,86	22,49	0,26
2013	917441	327956	386132	201080	2273	100	35,75	42,09	21,92	0,25
2014	963454	345681	415462	199935	2376	100	35,88	43,12	20,75	0,25
2015	971093	354549	411623	202637	2284	100	36,51	42,39	20,87	0,24
2016	975654	373110	395889	204085	2570	100	38,24	40,58	20,92	0,26

Yolcu taşımacılığında aktivite değerleri Çizelge 3.5' te gösterilmektedir. Yolcu taşımacılığında 1990 yılındaki aktivite (ton-km) miktarı $491844 \cdot 10^6$ tkm, 2016 yılındaki aktivite miktarı $793401 \cdot 10^6$ tkm kadardır. Yük taşımacılığında aktivite miktarının büyük bir çoğunluğu karayolları tarafından oluşmaktadır.

1990-2016 yılları arası dönemde karayollarındaki aktivite miktarı, toplam aktivite miktarının sırası ile %86,15 ve %75,52 oranı kadardır. Karayollarındaki aktivite miktarı, 1990 yılında $423738 \cdot 10^6$ tkm iken 2016 yılında $599150 \cdot 10^6$ tkm kadardır. Artış miktarı $175412 \cdot 10^6$ kadardır.

Demiryollarındaki aktivite miktarı, 1990-2016 yılları arası dönemde sırası ile $1330 \cdot 10^6$ ve $1408 \cdot 10^6$ tkm kadardır. Demiryollarında 1990 yılındaki aktivite miktarı, toplam aktivite miktarındaki payı %0,27 iken 2016 yılında %0,18' e düşmektedir. Denizyollarında yolcu taşımacılığındaki aktivite miktarı yüzdesi çok az olduğundan ihmal edilmektedir. Havayollarında 1990-2016 yılları arasındaki aktivite miktarı ise, toplam aktivite miktarının

sırası ile %13,58 ve %24,31’ni oluşturmaktadır. Aktivite miktarında %65,37 oranında artış göstermektedir.

Çizelge 3.5. Yolcu taşımacılığında aktivite verileri

Yıllar	YOLCU TAŞIMACILIĞINDA AKTİVİTE (YKM) (*10 ⁶)					YOLCU TAŞIMACILIĞINDA AKTİVİTE (%)				
	Toplam	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları	Toplam	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları
1990	491844	423738	1330	0	66776	100	86,15	0,27	0,00	13,58
1991	481035	421665	1363	0	58007	100	87,66	0,28	0,00	12,06
1992	501876	438366	1327	0	62183	100	87,35	0,26	0,00	12,39
1993	509660	447222	1340	0	61098	100	87,75	0,26	0,00	11,99
1994	523684	456687	1363	0	65634	100	87,21	0,26	0,00	12,53
1995	545583	470676	1415	0	73492	100	86,27	0,26	0,00	13,47
1996	549481	465892	1469	0	82120	100	84,79	0,27	0,00	14,95
1997	575704	482349	1496	0	91859	100	83,78	0,26	0,00	15,96
1998	585916	487826	1448	0	96642	100	83,26	0,25	0,00	16,49
1999	598590	497462	1510	0	99618	100	83,11	0,25	0,00	16,64
2000	610341	503910	1549	0	104882	100	82,56	0,25	0,00	17,18
2001	609098	505010	1553	0	102535	100	82,91	0,25	0,00	16,83
2002	628587	531896	1597	0	95094	100	84,62	0,25	0,00	15,13
2003	632678	540918	1434	0	90326	100	85,50	0,23	0,00	14,28
2004	643767	540381	1421	0	101965	100	83,88	0,22	0,00	15,90
2005	661784	550331	1478	0	109975	100	83,16	0,22	0,00	16,62
2006	668259	548080	1450	0	118729	100	82,02	0,22	0,00	17,77
2007	690861	563074	1453	0	126334	100	81,50	0,21	0,00	18,29
2008	691087	559913	1574	0	129600	100	81,02	0,23	0,00	18,75
2009	697667	573571	1413	0	122683	100	82,21	0,20	0,00	17,58
2010	724949	587259	1404	0	136286	100	81,01	0,19	0,00	18,80
2011	737549	589038	1404	0	147107	100	79,86	0,19	0,00	19,95
2012	742777	585080	1374	0	156323	100	78,77	0,18	0,00	21,05
2013	752920	595679	1365	0	155876	100	79,12	0,18	0,00	20,70
2014	742701	574266	1327	0	167108	100	77,32	0,18	0,00	22,50
2015	765401	587949	1349	0	176103	100	76,82	0,18	0,00	23,01
2016	793401	599150	1408	0	192843	100	75,52	0,18	0,00	24,31

3.1.3. Kanada ulaştırma sisteminde enerji yoğunluğunun hesaplanması

Enerji yoğunluğu değerleri, enerji tüketim değerlerinin aktivite değerlerine bölünmesi ile elde edilmektedir. Aktivite değerleri yük taşımacılığında ton-km olurken, yolcu taşımacılığında yolcu-km değerleri olmaktadır. Buna bağlı olarak enerji yoğunluğu değerlerine ulaşmak için enerji tüketim verilerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılmış olması gerekmektedir.

Yük taşımacılığına ait yıllara göre enerji yoğunluğu değerleri Çizelge 3.6’da verilmektedir. Yük taşımacılığında 1990 yılına ait toplam enerji yoğunluğu değeri 1,17 Mj/tkm (Mega-joule/ton-km) iken, 2016 yılında bu değer 1,12 Mj/tkm’ ye düşmektedir.

Karayollarında 1990 yılına ait enerji yoğunluğu 3,49 Mj/tkm iken, 2016 yılında 2,5 Mj/tkm olarak hesaplanmaktadır. Karayollarında enerji tüketim miktarı ve aktivite değerleri artış

göstermesine rağmen enerji yoğunluğu düşüş göstermektedir. Bunun sebebi enerji tüketim miktarının artış oranı düşük, aktivite değerinin artış oranının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Enerji yoğunluğu değerinin düşmesi istenilen bir olaydır.

Demiryollarında 1990 yılında enerji yoğunluğu 0,35 Mj/tkm iken, 2016 yılında bu oran 0,21 Mj/tkm değerine düşmektedir. Bunun sebebi 1990-2016 yılları arasında enerji tüketim miktarının düşmesi ve aktivite değerinin ise yükselmesinden kaynaklanmaktadır.

Denizyollarında 1990-2016 arası döneme ait enerji yoğunluğu değerleri sırası ile 0,56 Mj/tkm ve 0,34 Mj/tkm' dir. Enerji tüketim miktarı 2016 yılına kadar giderek azalması ve aktivite değerinin ise artış göstermesi enerji yoğunluğu değerinin düşmesine neden olmaktadır.

Havayollarında 1990-2016 yılları arasında enerji yoğunluğu değerleri ise sıra ile 3,72 Mj/tkm ve 2,32 Mj/tkm kadardır. Havayollarında da demiryollarında ve denizyollarında olduğu gibi enerji tüketim miktarı düşerken aktivite değeri artış göstermesinden kaynaklı enerji yoğunluğu değeri düşüş göstermektedir.

Çizelge 3.6. Yük taşımacılığında enerji yoğunluğu verileri

Yıllar	Mj/Tkm				
	Toplam	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
1990	1,17	3,49	0,35	0,56	3,72
1991	1,14	3,54	0,31	0,63	3,92
1992	1,22	3,54	0,33	0,68	3,90
1993	1,20	3,40	0,32	0,59	3,82
1994	1,19	3,31	0,30	0,60	3,73
1995	1,19	3,25	0,28	0,54	3,56
1996	1,19	3,24	0,27	0,52	3,78
1997	1,18	3,16	0,25	0,51	3,48
1998	1,21	3,13	0,25	0,56	3,42
1999	1,21	3,07	0,26	0,51	3,54
2000	1,17	2,96	0,25	0,51	3,48
2001	1,20	3,03	0,25	0,58	3,15
2002	1,14	3,00	0,23	0,48	3,40
2003	1,17	2,97	0,23	0,46	3,67
2004	1,19	2,94	0,23	0,52	3,60
2005	1,16	2,90	0,23	0,49	3,52
2006	1,16	2,97	0,24	0,44	3,24
2007	1,22	3,06	0,26	0,50	2,95
2008	1,28	3,11	0,29	0,50	2,73
2009	1,39	3,33	0,21	0,56	2,73
2010	1,37	3,27	0,24	0,57	2,54

Çizelge 3.6. (Devam) Yük taşımacılığında enerji yoğunluğu verileri

Mj/Tkm					
Yıllar	Toplam	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
2011	1,37	3,22	0,26	0,50	2,46
2012	1,32	3,12	0,25	0,47	2,68
2013	1,30	3,06	0,24	0,44	2,78
2014	1,23	2,91	0,22	0,40	2,53
2015	1,17	2,74	0,22	0,36	2,45
2016	1,12	2,50	0,21	0,34	2,32

Yolcu taşımacılığında yıllara göre enerji yoğunluğu değerleri Çizelge 3.7' de verilmektedir. Yolcu taşımacılığında 1990 yılına ait toplam enerji yoğunluğu değeri 2,34 Mj/tkm iken, 2016 yılında bu değer 1,77 Mj/tkm' ye düşmektedir.

Karayollarında 1990 yılına ait enerji yoğunluğu 2,28 Mj/tkm iken, 2016 yılında 1,88 Mj/tkm olarak hesaplanmaktadır. Karayollarında enerji tüketim miktarı ve aktivite değerleri artış göstermesine rağmen enerji yoğunluğu düşüş göstermektedir. Bunun sebebi enerji tüketim miktarının artış oranı düşük, aktivite değerinin artış oranının fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Demiryollarında 1990 yılında enerji yoğunluğu 2,82 Mj/tkm iken, 2016 yılında bu oran 1,44 Mj/tkm değerine düşmektedir. Bunun sebebi 1990-2016 yılları arasında enerji tüketim miktarının düşmesi ve aktivite değerinin ise yükselmesinden kaynaklanmaktadır. Denizyollarında 1990-2016 arası döneme ait enerji tüketim değerleri ihmal edildiği için enerji yoğunluğu değerleri hesaplanmamaktadır.

Havayollarında 1990-2016 yılları arasında enerji yoğunluğu değerleri ise sıra ile 2,71 Mj/tkm ve 1,43 Mj/tkm kadardır. Havayollarında da enerji tüketim miktarı düşerken aktivite değeri artış göstermesinden kaynaklı enerji yoğunluğu değeri düşüş göstermektedir.

Çizelge 3.7. Yolcu taşımacılığında enerji yoğunluğu verileri

Mj/Ykm					
Yıllar	Toplam	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları
1990	2,34	2,28	2,82	0,00	2,71
1991	2,30	2,24	2,31	0,00	2,78
1992	2,24	2,18	2,28	0,00	2,68
1993	2,22	2,16	2,43	0,00	2,60
1994	2,20	2,15	2,04	0,00	2,56
1995	2,15	2,11	1,65	0,00	2,46
1996	2,17	2,11	1,92	0,00	2,49

Çizelge 3.7. (Devam) Yolcu taşımacılığında enerji yoğunluğu verileri

Mj/Ykm					
Yıllar	Toplam	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları
1997	2,12	2,09	1,68	0,00	2,28
1998	2,13	2,10	1,72	0,00	2,26
1999	2,12	2,09	1,85	0,00	2,29
2000	2,09	2,06	1,92	0,00	2,21
2001	2,05	2,04	1,91	0,00	2,07
2002	2,05	2,02	1,72	0,00	2,24
2003	2,04	1,99	1,82	0,00	2,34
2004	2,06	2,01	1,79	0,00	2,31
2005	2,03	1,98	1,81	0,00	2,27
2006	1,97	1,94	1,86	0,00	2,10
2007	1,97	1,96	1,93	0,00	2,01
2008	1,92	1,94	2,01	0,00	1,85
2009	1,88	1,91	1,61	0,00	1,76
2010	1,85	1,89	1,76	0,00	1,64
2011	1,81	1,87	2,00	0,00	1,54
2012	1,82	1,87	1,73	0,00	1,65
2013	1,84	1,87	1,54	0,00	1,73
2014	1,81	1,88	1,50	0,00	1,58
2015	1,80	1,88	1,48	0,00	1,53
2016	1,77	1,88	1,44	0,00	1,43

3.1.4. Yük ve yolcu taşımacılığı için katsayıların belirlenmesi

1990-2016 yılları arasındaki verilerden yararlanılarak enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için gereken katsayıların hesaplanması yapılmaktadır. Burada yapılan işlemlerde karayolu yolcu katsayıları 1 alınarak buna bağlı olarak yük taşımacılığındaki katsayılar hesaplanmaktadır. Hesaplanan katsayılar Çizelge 3.8' de verilmektedir.

Yük taşımacılığının karayolları türü için hesaplanan katsayılar da kullanılan değişkenler; Karayolları Yolcu Katsayısı (KYK), Yolcu Taşımacılığında Karayolları Aktivite Değeri (YTKAD), Karayolları Yük Taşımacılığı için Yüzde Oranı (KYTYO) ve Yük Taşımacılığında Karayolları Aktivite Miktarı (YTKTA)' dir. Bu değişkenler kullanılarak oluşturulan formül Eş 3.1' de verilmektedir. Hesaplanan değişken karayolları yük taşımacılığı katsayısı (KYTK)' dir.

$$KYTK=(KYK*YTKAD-KYK*KYTYO*YTKAD)/(KYTYO*YTKTA) \quad (3.1)$$

Yük taşımacılığının demiryolları türü için hesaplanan katsayılar da kullanılan değişkenler; Demiryolları Yolcu Katsayısı (DYK), Yolcu Taşımacılığında Demiryolları Aktivite Değeri (YTDAD), Demiryolları Yük Taşımacılığı için Yüzde Oranı (DYTYO) ve Yük

Taşımacılığında Demiryolları Aktivite Miktarı (YTDTA)' dir. Bu değişkenler kullanılarak oluşturulan formül Eş 3.2' de verilmektedir. Hesaplanan değişken Demiryolları Yük Taşımacılığı Katsayısı (DYTK)' dir.

$$DYTK=(DYK*YTDAD-DYK*DYTYO*YTDAD)/(DYTYO*YTDTA) \quad (3.2)$$

Yük taşımacılığının denizyolları türünde yolcu taşımacılığı enerji tüketimi değerleri çok küçük olduğu için ihmal edilmektedir. Bu durumdan kaynaklı denizyolları yük taşımacılığı katsayısı hesaplanamamaktadır.

Yük taşımacılığının havayolları türü için hesaplanan katsayılar kullanılan değişkenler; Havayolları Yolcu Katsayısı (HYK), Yolcu Taşımacılığında Havayolları Aktivite Değeri (YTHAD), Havayolları Yük Taşımacılığı için Yüzde Oranı (HYTYO) ve Yük Taşımacılığında Havayolları Aktivite Miktarı (YHTA)' dir. Bu değişkenler kullanılarak oluşturulan formül Eş 3.3' te verilmektedir. Hesaplanan değişken Havayolları Yük Taşımacılığı Katsayısı (HYTK)' dir.

$$HYTK=(HYK*YTHAD-HYK*HYTYO*YTHAD)/(HYTYO*YHTA) \quad (3.3)$$

Çizelge 3.8. Enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için gereken katsayılar

Yıllar	Karayolları		Demiryolları		Denizyolları		Havayolları	
	Yük	Yolcu	Yük	Yolcu	Yük	Yolcu	Yük	Yolcu
1990	1,53	1,00	0,12	1,00	--	--	1,37	1,00
1991	1,59	1,00	0,13	1,00	--	--	1,41	1,00
1992	1,62	1,00	0,15	1,00	--	--	1,45	1,00
1993	1,57	1,00	0,13	1,00	--	--	1,46	1,00
1994	1,54	1,00	0,15	1,00	--	--	1,46	1,00
1995	1,54	1,00	0,17	1,00	--	--	1,45	1,00
1996	1,53	1,00	0,14	1,00	--	--	1,51	1,00
1997	1,51	1,00	0,15	1,00	--	--	1,53	1,00
1998	1,49	1,00	0,15	1,00	--	--	1,51	1,00
1999	1,47	1,00	0,14	1,00	--	--	1,55	1,00
2000	1,44	1,00	0,13	1,00	--	--	1,57	1,00
2001	1,48	1,00	0,13	1,00	--	--	1,53	1,00
2002	1,49	1,00	0,13	1,00	--	--	1,52	1,00
2003	1,49	1,00	0,13	1,00	--	--	1,57	1,00

Çizelge 3.8. (Devam) Enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için gereken katsayılar

Yıllar	Karayolları		Demiryolları		Denizyolları		Havayolları	
	Yük	Yolcu	Yük	Yolcu	Yük	Yolcu	Yük	Yolcu
2004	1,46	1,00	0,13	1,00	--	--	1,56	1,00
2005	1,47	1,00	0,13	1,00	--	--	1,55	1,00
2006	1,53	1,00	0,13	1,00	--	--	1,54	1,00
2007	1,56	1,00	0,13	1,00	--	--	1,47	1,00
2008	1,60	1,00	0,14	1,00	--	--	1,48	1,00
2009	1,74	1,00	0,13	1,00	--	--	1,55	1,00
2010	1,73	1,00	0,14	1,00	--	--	1,55	1,00
2011	1,72	1,00	0,13	1,00	--	--	1,60	1,00
2012	1,67	1,00	0,15	1,00	--	--	1,62	1,00
2013	1,64	1,00	0,15	1,00	--	--	1,61	1,00
2014	1,55	1,00	0,15	1,00	--	--	1,60	1,00
2015	1,46	1,00	0,15	1,00	--	--	1,60	1,00
2016	1,33	1,00	0,14	1,00	--	--	1,62	1,00

1990-2016 yılları arasındaki veriler kullanılarak enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için gereken katsayıların yüzde oranları hesaplanması yapılmaktadır. Hesaplanan katsayıların yüzde oranlar değerleri Çizelge 3.9' da verilmektedir.

Yük taşımacılığının karayolları türü için hesaplanan katsayıların yüzde oranları; karayollarında tüketilen toplam enerji miktarının, ulaştırma sektöründe tüketilen toplam enerji miktarına oranla bulunmaktadır. Yolcu taşımacılığının karayolları türü için hesaplanan katsayıların yüzde oranları ise; karayollarında tüketilen toplam enerji miktarının, ulaştırma sektöründe tüketilen toplam enerji miktarına oranla bulunmaktadır. Aynı işlemler demiryolları, denizyolları ve havayolları için de yapılarak katsayıların yüzde oranları hesaplanmaktadır.

Çizelge 3.9. Enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için gereken katsayılarının yüzde oranları

Yıllar	YÜK TAŞIMACILIĞI İÇİN KATSAYILAR				YOLCU TAŞIMACILIĞI İÇİN KATSAYILAR			
	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları	Kara yolları	Demir yolları	Deniz yolları	Hava yolları
1990	0,33	0,96	1,00	0,03	0,67	0,04	0,00	0,97
1991	0,32	0,96	1,00	0,04	0,68	0,04	0,00	0,96
1992	0,33	0,97	1,00	0,03	0,67	0,03	0,00	0,97
1993	0,34	0,96	1,00	0,04	0,66	0,04	0,00	0,96
1994	0,36	0,97	1,00	0,04	0,64	0,03	0,00	0,96
1995	0,37	0,97	1,00	0,04	0,63	0,03	0,00	0,96
1996	0,38	0,96	1,00	0,04	0,62	0,04	0,00	0,96
1997	0,39	0,97	1,00	0,04	0,61	0,03	0,00	0,96
1998	0,40	0,97	1,00	0,03	0,60	0,03	0,00	0,97
1999	0,40	0,97	1,00	0,04	0,60	0,03	0,00	0,96
2000	0,41	0,96	1,00	0,03	0,59	0,04	0,00	0,97
2001	0,41	0,96	1,00	0,03	0,59	0,04	0,00	0,97

Çizelge 3.9. (Devam) Enerji tüketim değerlerinin yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılması için gereken katsayılarının yüzde oranları

Yıllar	YÜK TAŞIMACILIĞI İÇİN KATSAYILAR				YOLCU TAŞIMACILIĞI İÇİN KATSAYILAR			
	Kara	Demir	Deniz	Hava	Kara	Demir	Deniz	Hava yolları
2002	0,40	0,96	1,00	0,03	0,60	0,04	0,00	0,97
2003	0,42	0,97	1,00	0,03	0,58	0,03	0,00	0,97
2004	0,43	0,97	1,00	0,03	0,57	0,03	0,00	0,97
2005	0,43	0,97	1,00	0,03	0,57	0,03	0,00	0,97
2006	0,44	0,97	1,00	0,03	0,56	0,03	0,00	0,97
2007	0,44	0,97	1,00	0,02	0,56	0,03	0,00	0,98
2008	0,45	0,97	1,00	0,02	0,55	0,03	0,00	0,98
2009	0,45	0,96	1,00	0,02	0,55	0,04	0,00	0,98
2010	0,46	0,97	1,00	0,02	0,54	0,03	0,00	0,98
2011	0,47	0,97	1,00	0,02	0,53	0,03	0,00	0,98
2012	0,47	0,98	1,00	0,02	0,53	0,02	0,00	0,98
2013	0,47	0,98	1,00	0,02	0,53	0,02	0,00	0,98
2014	0,48	0,98	1,00	0,02	0,52	0,02	0,00	0,98
2015	0,47	0,98	1,00	0,02	0,53	0,02	0,00	0,98
2016	0,45	0,98	1,00	0,02	0,55	0,02	0,00	0,98

3.2. Türkiye Ulaştırma Sisteminde Enerji Tüketim Verileri

3.2.1. Karayollarında enerji tüketim değerleri

Karayollarında enerji tüketimi tahmini için kullanılacak veriler Çizelge 3.11' de verilmektedir. Eldeki verilerin tahmin edilecek enerji tüketim değeri ile arasındaki çapraz korelasyon ilişkisine bakılarak veri seti oluşturulmaktadır. Yapılan korelasyon ilişkisine bağlı olarak ve bazı değişkenlerin yıllara göre veri eksikliğinden dolayı kullanılan değişkenler; karayolu uzunlukları, ton-km, yolcu-km, moturlu taşıt sayısı, nüfus ve GSYMİH' dir. Elde edilen çapraz korelasyon değerleri Çizelge 3.10' da verilmektedir.

Çizelge 3.10. Karayollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan verilerin çapraz korelasyon değerleri

DEĞİŞKENLER	KORELASYON
Karayolu Uzunlukları	-0,5529
Taşıt-km	0,9848
Ton-km	0,9108
Yolcu-km	0,9707
Taşıt Sayısı	0,9610
Nüfus	0,9312
Gsymh	0,8778

Çizelge 3.11. Karayollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan veriler

Yıllar	Karayolu	Taşıt-Km	Ton-Km	Yolcu-Km	Motorlu	Nüfus	Gsymh	Enerji
1988	330513,00	-	65459,00	128202,00	3140265,00	52125597,00	1685,00	7332000
1989	356282,00	-	68239,00	133833,00	3388259,00	53065801,00	1933,00	7351000
1990	367956,00	-	65710,00	134991,00	3750678,00	53994605,00	2654,57	8015000
1991	368165,00	-	61969,00	131029,00	4101975,00	54911233,00	2602,84	7537000
1992	387079,00	-	67704,00	142173,00	4584717,00	55815175,00	2682,42	7734000
1993	388035,00	-	97843,00	146029,00	5250622,00	56713073,00	2980,82	9451000
1994	381012,00	-	95020,00	140743,00	5606712,00	57613441,00	2173,13	8890000
1995	381297,00	-	112515,00	155202,00	5922859,00	58522320,00	2726,62	9651000
1996	381637,00	-	135781,00	167871,00	6305707,00	59442502,00	2888,12	10260000
1997	381759,00	-	139789,00	180967,00	6863462,00	60372413,00	3020,72	9760000
1998	380293,00	-	152210,00	186159,00	7371541,00	61308204,00	3176,25	9155000
1999	384382,00	-	150974,00	175236,00	7758511,00	62243779,00	2847,35	9918000
2000	417406,00	-	161552,00	185681,00	8320449,00	63174483,00	2941,00	10508000
2001	426249,00	52631,00	151421,00	168211,00	8521956,00	64100297,00	2146,00	10383000
2002	427411,00	51664,00	150912,00	163327,00	8655170,00	65022300,00	2622,00	10533000
2003	428415,00	52349,00	152163,00	164311,00	8903843,00	65938265,00	3412,00	10949000
2004	349215,00	57767,00	156853,00	174312,00	10236357,00	66845635,00	4187,00	11514000
2005	349238,00	61129,00	166831,00	182152,00	11145826,00	67743052,00	5961,00	11785000
2006	349304,00	64577,00	177399,00	187593,00	12227393,00	68826337,00	7304,00	12604000
2007	350708,00	69609,00	181330,00	209115,00	13022945,00	69496513,00	7906,00	14368000
2008	351958,00	69771,00	181935,00	206098,00	13765395,00	70363511,00	10931,00	13392000
2009	362660,00	72432,00	176455,00	212464,00	14316700,00	71241080,00	8980,00	13296000
2010	367263,00	80124,00	190365,00	226913,00	15095603,00	72137546,00	10560,00	14416000
2011	370276,00	85495,00	203072,00	242265,00	16089528,00	73058638,00	11205,00	16151000
2012	385748,00	93989,00	216123,00	258874,00	17033413,00	75627384,00	11588,00	17249000
2013	388783,00	99431,00	224048,00	268178,00	17939447,00	76667864,00	12480,00	18657000
2014	236794,00	102988,00	234492,00	276073,00	18828721,00	77695904,00	12112,00	19588000
2015	238899,00	113274,00	244329,00	290734,00	19994472,00	78741053,00	11019,00	22833000
2016	242590,00	119671,00	253139,00	300852,00	21090424,00	79814871,00	10883,00	24866000

3.2.2. Demiryollarında enerji tüketim değerleri

Demiryollarında enerji tüketimi tahmini için kullanılacak veriler Çizelge 3.13' te verilmektedir. Eldeki verilerin tahmin edilecek enerji tüketim değeri ile arasındaki çapraz korelasyon ilişkisine bakılarak veri seti oluşturulmaktadır. Yapılan çapraz korelasyon ilişkisine bağlı olarak kullanılan değişkenler; hat uzunluğu, ton-km, yük miktarı, nüfus ve GSYMH' dir. Elde edilen çapraz korelasyon değerleri Çizelge 3.12' de verilmektedir.

Çizelge 3.12. Demiryollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan verilerin çapraz korelasyon değerleri

DEĞİŞKENLER	KORELASYON
Hat Uzunluğu	-0,6368
Yolcu Sayısı	0,2271
Yolcu-Km	-0,0337
Ton-Km	-0,6062
Yük Miktarı	-0,6446
Vagon Sayısı	-0,2386
Lokomotif Sayısı	0,2326
Nüfus	-0,5678
Gsymh	-0,7245

Çizelge 3.13. Demiryollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan veriler

Yıllar	Hat Uzunluğu	Yolcu Sayısı	Yolcu-Km (Bin)	Ton-Km (Bin)	Yük Miktarı	Vagon Sayısı	Nüfus	Gsymh	Lokomotif Sayısı	Enerji Tüketimi
1988	10361	135705.7	6707629	8149000	14831094	21261	52125597	1685	691	237000
1989	10382	146359	6844000	7706000	13597000	21756	53065801	1933	707	225000
1990	10389	139089	6410000	8030000	13848000	21502	53994605	2655	711	238000
1991	10393	133243	6048000	8093000	15247000	20888	54911233	2603	704	246000
1992	10413	131252	6259000	8383000	16233000	20933	55815175	2682	705	239000
1993	10413	146318	7147000	8517000	16174000	20607	56713073	2981	706	263000
1994	10386	119533	6335000	8338000	15087000	20232	57613441	2173	701	267000
1995	10466	104635	5797000	8632000	15674000	19632	58522320	2727	685	276000
1996	10508	98315	5229000	9018000	16201000	18524	59442502	2888	664	280000
1997	10508	107053	5840000	9716000	17746000	18197	60372413	3021	663	286000
1998	10508	109774	6160000	8466000	16149000	18035	61308204	3176	654	272000
1999	10933	98931	6146000	8446000	16244000	18253	62243779	2847	645	268000
2000	10922	85343	5832000	9895000	18980000	17896	63174483	2941	652	270000
2001	10940	76322	5568000	7561000	14618000	17544	64100297	2146	646	241000
2002	10974	73088	5204000	7224000	14616000	17254	65022300	2622	629	249000
2003	10984	76993	5878000	8669000	15941000	17035	65938265	3412	618	260000
2004	10968	76756	5163000	9417000	17989000	16997	66845635	4187	598	246000
2005	10973	76306	5036000	9152000	19195000	17098	67743052	5961	600	285000
2006	10984	77414	5277000	9676000	20185000	17313	68826337	7304	602	289000
2007	10991	81260	5553000	9921000	21404000	18051	69496513	7906	597	217000
2008	11005	79187	5097000	10739000	23491000	18074	70363511	10931	613	174000
2009	11802	81034	5610813	10326000	21813000	18597	71241080	8980	621	171000
2010	12828	86063	5967068	11462000	24355000	18738	72137546	10560	620	184000
2011	12888	88309	6546981	11677000	25421000	19162	73058638	11205	599	194000
2012	12896	73634	5512019	11670000	25666000	19111	75627384	11588	610	194000
2013	12985	50618	4962377	11177000	26597000	19540	76667864	12480	602	204000
2014	13986	83490	5947731	11992000	28747000	19883	77695904	12112	632	227000
2015	13745	101010	6674997	10474000	25878000	19990	78741053	11019	666	209000
2016	13745	94936	6196000	11661000	25886000	20442	79814871	10883	687	185000

3.2.3. Denizyollarında enerji tüketim değerleri

Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için kullanılacak veriler Çizelge 3.15’ te verilmektedir. Eldeki verilerin tahmin edilecek enerji tüketim değeri ile arasındaki çapraz korelasyon ilişkisine bakılarak veri seti oluşturulmaktadır. Yapılan korelasyon ilişkisine bağlı olarak ve bazı değişkenlerin yıllara göre veri eksikliğinden dolayı kullanılan değişkenler; yolcu-km, nüfus ve GSYM’ dir. Elde edilen çapraz korelasyon değerleri Çizelge 3.14’ te verilmektedir.

Çizelge 3.14. Denizyollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan verilerin çapraz korelasyon değerleri

DEĞİŞKENLER	KORELASYON
Ton-km	0,4685
Yolcu-km	0,7253
Nüfus	0,5404
GSYMH	0,6377

Çizelge 3.15. Denizyollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan veriler

Yıllar	Ton-Km (Milyon)	Yolcu-Km (Milyon)	Nufus	Gsymh	Enerji Tüketimi
1988	9454	186	52125597	1685,00	161000,00
1989	7152	171	53065801	1933,00	175000,00
1990	7234	127	53994605	2654,57	158000,00
1991	2780	92	54911233	2602,84	169000,00
1992	1756	58	55815175	2682,42	198000,00
1993	901	53	56713073	2980,82	206000,00
1994	587	47	57613441	2173,13	194000,00
1995	276	61	58522320	2726,62	226000,00
1996	-	58	59442502	2888,12	217000,00
1997	-	49	60372413	3020,72	217000,00
1998	-	54	61308204	3176,25	226000,00
1999	8200	34	62243779	2847,35	206000,00
2000	14631	56	63174483	2941,00	195000,00
2001	15001	57	64100297	2146,00	252000,00
2002	10627	39	65022300	2622,00	258000,00
2003	10001	41	65938265	3412,00	280000,00
2004	7277	1150	66845635	4187,00	389000,00
2005	6439	1240	67743052	5961,00	411000,00
2006	7084	1395	68826337	7304,00	464000,00
2007	9573	1561	69496513	7906,00	507000,00
2008	11114	1570	70363511	10931,00	491000,00
2009	11397	1643	71241080	8980,00	525000,00
2010	12570	1570	72137546	10560,00	541000,00
2011	15959	1570	73058638	11205,00	718000,00
2012	16223	1459	75627384	11588,00	528000,00
2013	17312	1667	76667864	12480,00	370000,00
2014	15572	1806	77695904	12112,00	432000,00
2015	17204	1836	78741053	11019,00	189000,00
2016	8547	1112	79814871	10883,00	48000,00

3.2.4. Havayollarında enerji tüketim değerleri

Havayollarında enerji tüketimi tahmini için kullanılacak veriler Çizelge 3.17’ de verilmektedir. Eldeki verilerin tahmin edilecek enerji tüketim değeri ile arasındaki korelasyon ilişkisine bakılarak veri seti oluşturulmaktadır. Yapılan korelasyon ilişkisine bağlı olarak ve bazı değişkenlerin yıllara göre veri eksikliğinden dolayı kullanılan değişkenler; yolcu sayısı, yük miktarı, nüfus ve GSYMH’ dir. Elde edilen çapraz korelasyon değerleri Çizelge 3.16’ da verilmektedir.

Çizelge 3.16. Denizyollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan verilerin çapraz korelasyon değerleri

DEĞİŞKENLER	KORELASYON
Yolcu Sayısı	0,5806
Yük Miktarı	0,6427
Uçak Sayısı	0,1768
Sefer Sayısı	-0,4215
Ton-km	0,8463
Yolcu -Km	0,4559
Nüfus	0,7388
Gsymh	0,6473

Çizelge 3.17. Havayollarında enerji tüketim tahmininde kullanılan veriler

Yıllar	Yolcu Sayısı	Yük Miktarı (Ton)	Uçak Sayısı	Sefer Sayısı	Ton-Km (Milyon)	Yolcu-Km (Milyon)	Nüfus	Gsymh	Enerji Tüketimi
1988	10840179	226813	-	-	88	-	52125597,00	1685,00	397000
1989	11843563	270983	-	-	95	-	53065801,00	1933,00	426000
1990	13629965	301403	-	-	107	-	53994605,00	2654,57	311000
1991	11019464	245123	-	-	76	-	54911233,00	2602,84	352000
1992	16495118	363992	-	-	102	-	55815175,00	2682,42	374000
1993	20674531	461836	-	-	152	-	56713073,00	2980,82	499000
1994	22334286	491750	-	-	198	-	57613441,00	2173,13	526000
1995	27767379	576920	-	-	231	-	58522320,00	2726,62	924000
1996	30780662	652565	-	-	240	-	59442502,00	2888,12	1018000
1997	34396334	791780	-	-	263	-	60372413,00	3020,72	1075000
1998	34199679	725910	-	-	274	-	61308204,00	3176,25	1106000
1999	30011658	686014	-	-	286	-	62243779,00	2847,35	958000
2000	34972534	796627	-	-	310	3555	63174483,00	2941,00	1034000
2001	33620448	763156	-	-	285	2859	64100297,00	2146,00	1124000
2002	33755452	880133	138	-	275	2706	65022300,00	2622,00	363000
2003	34424340	931191	138	-	276	2752	65938265,00	3412,00	906000
2004	45034589	1123108	142	376041	321	3223	66845635,00	4187,00	1626000
2005	55545473	1249555	202	448721	392	3992	67743052,00	5961,00	1368000
2006	61684203	1346989	245	551672	-	-	68826337,00	7304,00	1509000
2007	70352867	1546025	250	630669	-	-	69496513,00	7906,00	2014000
2008	79438289	1644014	262	741765	-	-	70363511,00	10931,00	1748000
2009	85508508	1726345	299	788469	-	-	71241080,00	8980,00	1721000
2010	102800392	2021076	332	919411	-	-	72137546,00	10560,00	958000
2011	117620469	2249474	349	1042369	-	-	73058638,00	11205,00	1127000
2012	130351620	2249133	370	1093047	-	19731	75627384,00	11588,00	1258000
2013	149430421	2595316	385	1223795	-	23357	76667864,00	12480,00	1253000
2014	165720234	2893000	422	1345954	-	26204	77695904,00	12112,00	1367000
2015	181074531	3072831	489	1456673	-	29790	78741053,00	11019,00	1405000
2016	173743537	3076914	540	1452995	-	31730	79814871,00	10883,00	1430000

3.3. Çok Değişkenli Lineer Regresyon İle Tahmin Edilmesi

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunaniki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili tahminler yapabilmek amacıyla kullanılan bir metottür. Regresyon Analizinde, değişkenler arasındaki ilişkiyi fonksiyonel olarak açıklamak ve bu ilişkiyi bir modelle tanımlayabilmek amaçlanmaktadır. Eş 3.4'te çok değişkenli lineer regresyonun genel denklemi yer almaktadır.

$$y(x) = \beta_0 + \sum_{i=0}^N \beta_i x_i + \sum_{i<j}^N \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=0}^N \beta_{ii} x_i^2 + \varepsilon \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte, x_i ($i = 1, \dots, N$) bağımsız değişkenleri, y bağımlı değişkeni, β regresyon katsayılarını ve ε hatayı temsil etmektedir.

Çok değişkenli lineer regresyon yöntemleri ve logaritmik regresyon yöntemi MATLAB programında eldeki veriler kullanılarak analizler yapılmaktadır. Bu analizler sonucunda modellerin katsayıları hesaplanmakta ve bu yöntemlerin denklemleri oluşturulmaktadır. Çok değişkenli lineer regresyon modelinin 4 bağımsız değişken için oluşturulan denklemi Eş 3.5' te verilmektedir.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 \quad (3.5)$$

İnteraction regresyon model için kullanılan formül Eş 3.6' da verilmektedir.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_1 X_2 + \beta_6 X_1 X_3 + \beta_7 X_1 X_4 + \beta_8 X_2 X_3 + \beta_9 X_2 X_4 + \beta_{10} X_3 X_4 \quad (3.6)$$

Eş 3.7' de çok değişkenli quadratic regresyonun denklemi yer almaktadır.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_1 X_2 + \beta_6 X_1 X_3 + \beta_7 X_1 X_4 + \beta_8 X_2 X_3 + \beta_9 X_2 X_4 + \beta_{10} X_3 X_4 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{12} X_2^2 + \beta_{13} X_3^2 + \beta_{14} X_4^2 \quad (3.7)$$

Eş 3.8' de çok değişkenli purequadratic regresyonun denklemi yer almaktadır.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_1^2 + \beta_6 X_2^2 + \beta_7 X_3^2 + \beta_8 X_4^2 \quad (3.8)$$

3.4. Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi

Matematiksel hesaplamaların insan beyninin hücresel çalışmaları esası ile sayısallaştırma yöntemlerinin başlangıcı olarak Warren McCulloch ve Walter Pitts'in 1943 yılındaki oluşturdukları yapay sinir ağ modeli gösterilmektedir. Wiener tarafından 1948 yılında kaleme alınan Cybernetics'te ise sinirsel çalışmalar üzerinde durulmaktadır. Öğrenme hakkındaki esas teori 1949 yılında Hebb ile birlikte kendi kitabı olan "Organization of Behavior" da üzerinde incelemelerde bulunduğu görülmektedir. (Yavuz ve Deveci, 2012; Elmas, 2003). 1960 tan sonra yaklaşık 20 yıl YSA ile alakalı çalışmalar duraksamalar ile devam etmektedir. Bilgisayar gibi elektroniğin bazı alanlarındaki yeni buluşlar ile bu duraksamalar atlatılarak

YSA'nın geliştirilmesi 1980'den itibaren artarak devam etmektedir. YSA'ya yaptırılanlarının arasında optimizasyon, analiz, öğrenme, sınıflandırma ve benzeri çalışmaların yanı sıra önemli bir çalışma türü de tahmindir. YSA'nın araştırıldığı veya kullanıldığı çalışmalarda beyin hücrelerinin çalışma sistemine benzetilmiş tipik bir YSA modeli, modele verilerin girdi olarak algılanması, tanıtılan girdilerin önem derecelerine göre modelce belirlenen ağırlıklar ile çarpımlarının toplama fonksiyonunda toplanılmasından sonra uygun bir aktivasyon fonksiyonu ile girdi performanslarının etkili olduğu çıktıların üretilmesi işlemlerini yürüten olarak adlandırılabilir.

3.5. Logaritmik Regresyon İle tahmin Edilmesi

İstatistiksel tahminlerde kullanılmak üzere birçok regresyon tekniği geliştirilmiştir. Logaritmik regresyonda bunlardan biridir. Logaritma eğrisine uygun dağılım sağlayan veri topluluklarında logaritmik regresyon oldukça etkili olmaktadır. Başta kaza tahminleri olmak üzere birçok ulaştırma tahmininde logaritmik regresyon başarılı modellerler geliştirmektedir. Eş 3.9'da logaritmik regresyonun denklemi yer almaktadır.

$$Y_i = (\beta_0 * X_1^{\beta_1} * X_2^{\beta_2} * X_3^{\beta_3} * X_4^{\beta_4}) \quad (3.9)$$

4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Türkiye Ulaştırma Sisteminde Enerji Tüketim Verilerinin İncelenmesi

Ulaştırma sektöründe tüketilen toplam enerji miktarı 1988-2017 yılları arasında 63452000 toe artış göstermektedir. Artış miktarı 2017 yılının %56,97' sine eşdeğerdir.1988-2017 yılları arası dönemde ulaştırma sektöründe tüketilen enerji miktarı, toplam tüketilen enerji miktarındaki payı %16,96' dan %25,18' e yükselmektedir. Ulaştırma sektöründe tüketilen enerji miktarı, 1988 yılında 8127000 toe iken 2017 yılında 28036000 toe kadardır. Artış miktarı 2017 yılında tüketilen enerji miktarının %71,01' ine eşdeğerdir. Türkiye ulaştırma sisteminde enerji tüketim değerleri Çizelge 4.1' de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Türkiye ulaştırma sisteminde enerji tüketim değerleri

Yıllar	Toplam Enerji Tüketimi (Toe)	Ulaştırmada Enerji Tüketimi (Toe)	Ulaştırma Enerji Tüketimi (%)
1988	47910000	8127000	16,96
1989	50705000	8177000	16,13
1990	52987000	8722000	16,46
1991	54278000	8304000	15,30
1992	56684000	8545000	15,07
1993	60265000	10419000	17,29
1994	59127000	9877000	16,70
1995	63679000	11077000	17,40
1996	69862000	11775000	16,85
1997	73779000	11338000	15,37
1998	74709000	10759000	14,40
1999	74275000	11350000	15,28
2000	80500000	12007000	14,92
2001	75402000	12000000	15,91
2002	78831000	11403000	14,47
2003	83826000	12395000	14,79
2004	87818000	13775000	15,69
2005	91576000	13849000	15,12
2006	75745000	14866000	19,63
2007	80736000	17106000	21,19
2008	78098000	15805000	20,24
2009	78564000	15713000	20,00
2010	79203000	16099000	20,33
2011	84825000	18190000	21,44
2012	88626000	19229000	21,70
2013	87676000	20484000	23,36
2014	89346000	21614000	24,19
2015	99007000	24636000	24,88
2016	104332000	26529000	25,43
2017	111362000	28036000	25,18

4.1.1. Ulaştırma sisteminde türlere göre enerji tüketim değerlerinin dağılımı

Ulaştırma sektöründe tüketilen toplam enerji miktarı 1988-2017 yılları arasında 19909000 toe artış göstermektedir. Artış miktarı 2017 yılının %71,01' ine eşdeğerdir.

1988-2017 yılları arası dönemde karayollarında tüketilen enerji miktarı, toplam tüketilen enerji miktarındaki payı %90,22' den %93.32' ye yükselmektedir. Karayollarında tüketilen enerji miktarı, 1988 yılında 8127000 toe iken 2017 yılında 28036000 toe kadardır. Artış miktarı 2017 yılında tüketilen enerji miktarının %67,17' sine eşdeğerdir.

Demiryollarında tüketilen enerji miktarı, 1988-2017 yılları arası dönemde 30000 toe kadar azalma göstermektedir. Demiryollarında 1988 yılında tüketilen enerji miktarı, toplam tüketilen enerji miktarındaki payı %2,92 iken 2017 yılında %0,73' e düşmektedir.

Denizyollarında 1988-2017 arası dönemde tüketilen enerji miktarında 232000 toe kadar bir artış göstermektedir. 1988 yılında tüketilen enerji miktarı toplam enerji miktarının %1,98' ni, 2017 yılında tüketilen enerji miktarı ise %1,41' ini oluşturmaktadır.

Havayollarında 1988-2017 yılları arasında tüketilen toplam enerji miktarı 875000 toe kadar artış göstermektedir. 1988 yılında tüketilen enerji miktarı toplam enerji miktarının %4,88' i iken 2017 yılında %4,53' e düşmektedir. Türlerle göre enerji tüketim değerleri Çizelge 4.2' de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Ulaştırma sisteminde türlere göre enerji tüketim değerleri

Yıllar	Toplam	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
1988	8127000	7332000	237000	161000	397000
1989	8177000	7351000	225000	175000	426000
1990	8722000	8015000	238000	158000	311000
1991	8304000	7537000	246000	169000	352000
1992	8545000	7734000	239000	198000	374000
1993	10419000	9451000	263000	206000	499000
1994	9877000	8890000	267000	194000	526000
1995	11077000	9651000	276000	226000	924000
1996	11775000	10260000	280000	217000	1018000
1997	11338000	9760000	286000	217000	1075000
1998	10759000	9155000	272000	226000	1106000
1999	11350000	9918000	268000	206000	958000
2000	12007000	10508000	270000	195000	1034000
2001	12000000	10383000	241000	252000	1124000

Çizelge 4.2. (Devam) Ulaştırma sisteminde türlere göre enerji tüketim değerleri

Yıllar	Toplam	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
2002	11403000	10533000	249000	258000	363000
2003	12395000	10949000	260000	280000	906000
2004	13775000	11514000	246000	389000	1626000
2005	13849000	11785000	285000	411000	1368000
2006	14866000	12604000	289000	464000	1509000
2007	17106000	14368000	217000	507000	2014000
2008	15805000	13392000	174000	491000	1748000
2009	15713000	13296000	171000	525000	1721000
2010	16099000	14416000	184000	541000	958000
2011	18190000	16151000	194000	718000	1127000
2012	19229000	17249000	194000	528000	1258000
2013	20484000	18657000	204000	370000	1253000
2014	21614000	19588000	227000	432000	1367000
2015	24636000	22833000	209000	189000	1405000
2016	26529000	24866000	185000	48000	1430000
2017	28036000	26164000	207000	393000	1272000

4.1.2. Türlerle göre yük ve yolcu taşımacılındaki enerji tüketim değerlerinin ayırım yüzde oranları

Karayollarının yük taşımacılığı enerji tüketim değerlerinin ayırım yüzde oranları incelendiğinde karayollarında 1988 yılında 0,44' ten 2017 yılında 0,55 olmuştur. Demiryollarının 1988 yılında 0,13 iken 0,29'a çıkmaktadır. Denizyollarının 1988 yılındaki enerji tüketim değeri 0,99 iken 2017 yılında enerji tüketim ayırım yüzdesi 0,77 olmaktadır. Havayollarındaki enerji tüketim değerlerinin ayırım yüzdesi 1988 yılında 0,11 değerine sahipken 2017 yılında 1,00'dir. Havayolları enerji tüketim değerlerinde 2006-2010 yılları arasında aktivite değerleri eksik olduğundan yüzde ayırım oranları bulunamamıştır.

Karayollarının yolcu taşımacılığı enerji tüketim değerlerinin ayırım yüzde oranları incelendiğinde ise karayollarında 1988 yılında 0,56' dan 2017 yılında 0,47şeklinde değişim görülmektedir. Demiryollarının 1988 yılında 0,87 iken 2017 yılında 0,71'edüşmektedir. Denizyollarının 1988 yılındaki enerji tüketim değeri 0,01 iken 2017 yılında enerji tüketim ayırım yüzdesi 0,23 olmaktadır. Havayollarındaki enerji tüketim değerlerinin ayırım yüzdesi 1988 yılında 0,89 değerine sahipken 2017 yılında 0,00'dır. Havayolları enerji tüketim değerlerinde 2006-2010 yılları arasında aktivite değerleri eksik olduğundan yüzde ayırım oranlarına yük taşımacılığında olduğu gibi bulunamamıştır. Türlerle göre yük ve yolcu taşımacılındaki enerji tüketim değerlerinin ayırım yüzde oranları Çizelge 4.3' te verilmektedir.

Çizelge 4.3. Türlerle göre yük ve yolcu taşımacılığındaki enerji tüketim değerlerinin ayırım yüzde oranları

Yıllar	Yük Taşımacılığı İçin Katsayılar				Yolcu Taşımacılığı İçin Katsayılar			
	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
1988	0,44	0,13	0,99	0,11	0,56	0,87	0,01	0,89
1989	0,44	0,12	0,99	0,11	0,56	0,88	0,01	0,89
1990	0,43	0,13	0,99	0,11	0,57	0,87	0,01	0,89
1991	0,43	0,15	0,98	0,11	0,57	0,85	0,02	0,89
1992	0,44	0,16	0,98	0,12	0,56	0,84	0,02	0,88
1993	0,51	0,14	0,97	0,11	0,49	0,86	0,03	0,89
1994	0,51	0,16	0,96	0,11	0,49	0,84	0,04	0,89
1995	0,53	0,20	0,90	0,11	0,47	0,80	0,10	0,89
1996	0,55	0,20	1,00	0,12	0,45	0,80	0,00	0,88
1997	0,54	0,20	1,00	0,12	0,46	0,80	0,00	0,88
1998	0,55	0,17	1,00	0,11	0,45	0,83	0,00	0,89
1999	0,56	0,16	1,00	0,12	0,44	0,84	0,00	0,88
2000	0,56	0,18	1,00	0,12	0,44	0,82	0,00	0,88
2001	0,57	0,15	1,00	0,13	0,43	0,85	0,00	0,87
2002	0,58	0,16	1,00	0,13	0,42	0,84	0,00	0,87
2003	0,58	0,16	1,00	0,14	0,42	0,84	0,00	0,86
2004	0,57	0,19	0,93	0,13	0,43	0,81	0,07	0,87
2005	0,57	0,19	0,91	0,13	0,43	0,81	0,09	0,87
2006	0,59	0,19	0,91	-	0,41	0,81	0,09	-
2007	0,57	0,19	0,92	-	0,43	0,81	0,08	-
2008	0,59	0,23	0,93	-	0,41	0,77	0,07	-
2009	0,59	0,20	0,93	-	0,41	0,80	0,07	-
2010	0,59	0,22	0,94	-	0,41	0,78	0,06	-
2011	0,59	0,21	0,95	1,00	0,41	0,79	0,05	0,00
2012	0,58	0,27	0,96	0,62	0,42	0,73	0,04	0,38
2013	0,58	0,31	0,95	0,62	0,42	0,69	0,05	0,38
2014	0,57	0,29	0,95	0,62	0,43	0,71	0,05	0,38
2015	0,55	0,24	0,95	0,62	0,45	0,76	0,05	0,38
2016	0,53	0,28	0,79	0,62	0,47	0,72	0,21	0,38
2017	0,53	0,29	0,77	1,00	0,47	0,71	0,23	0,00

4.1.3. Türlerle göre yük taşımacılığında enerji tüketim değerleri

Enerji tüketim değerleri ve aktivite miktarları yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Çizelge 4.4' te yük taşımacılığı enerji tüketim değerleri karayolları, demiryolları, denizyolları ve havayollarına göre 1988-2017 yılları arasındaki bulunan değerler yer almaktadır.

Karayollarının 1988 yılındaki enerji tüketim değeri 3203138 toe iken 2017 deki 13772754 toe olmaktadır. Demiryollarının 1988 yılındaki enerji tüketim değeri 30679 toe iken 2017 deki değeri 59024 toe olmaktadır. Denizyollarının 1988 yılındaki enerji tüketim değeri 159432 toe iken 2017 yılında enerji tüketim değeri 370648 toe olmaktadır. Denizyollarında 2016 yılında enerji tüketimi 45068 toe değeri ile ciddi bir düşüş olmaktadır. Havayollarındaki enerji tüketim değerleri 1988 yılında 43115 toe değerine sahipken 2005 yılında 180619 toe'dir. Havayolları enerji tüketim değerlerinde 2006-2017 yılları arasında ulaşılammaktadır.

Çizelge 4.4. Türlerle göre yük taşımacılığında enerji tüketim değerleri

Yük Taşımacılığında Enerji Tüketimi (Toe)				
Yıllar	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
1988	3203138	30679	159432	43115
1989	3211416	27253	172933	45913
1990	3421480	31646	156625	33699
1991	3229313	37018	166249	39571
1992	3369632	39229	194783	43073
1993	4851140	36139	200114	57168
1994	4527888	43394	186532	59425
1995	5091878	55600	203511	103065
1996	5648227	54761	216214	118719
1997	5231047	57616	216340	126682
1998	5024051	45478	225247	125469
1999	5545830	43913	205574	111742
2000	5839427	49341	194628	124781
2001	5939170	36416	251522	148394
2002	6094669	39119	257527	48593
2003	6344983	41383	279427	123139
2004	6546841	45573	360514	218236
2005	6759854	53910	374901	180619
2006	7453441	55764	422409	-
2007	8257614	41464	468780	-
2008	7849103	40000	458608	-
2009	7866463	34023	489702	-
2010	8531849	40505	509200	-
2011	9538269	40268	684338	--
2012	10043090	52597	505279	-
2013	10778459	63607	353004	-
2014	11127518	65929	408536	-
2015	12572979	50168	179426	-
2016	13138368	51401	45068	-
2017	13772754	59024	370648	-

4.1.4. Türlerle göre yolcu taşımacılığında enerji tüketim değerleri

Çizelge 4.5' te yolcu taşımacılığı enerji tüketim değerleri karayolları, demiryolları, denizyolları ve havayollarına göre 1988-2017 yılları arasındaki bulunan değerler yer almaktadır. Karayollarının 1988 yılındaki enerji tüketim değeri 4128862 toe iken 2017 deki 12391246 toe'dır. Demiryollarının 1988 yılındaki enerji tüketim değeri 206321 toe iken 2017 deki değeri 147976 toe olmaktadır. Demiryollarında ciddi düşüşler görülmektedir. Denizyollarının 1988 yılındaki enerji tüketim değeri 1568 toe iken 2017 yılında enerji tüketim değeri 22356 toe olmaktadır. Denizyollarında enerji tüketim değerlerinde düşüşe doğru ciddi bir dalgalanma olmaktadır. Havayollarındaki enerji tüketim değerleri 1988 yılında 353885 toe değerine sahipken 2005 yılında 1187381 toe 2012 yılında 1258000 toe değeri ile 2016 yılında 1430000 toe'dir. Havayolları enerji tüketim değerlerinin bazılarını ulaşılamamaktadır.

Çizelge 4.5. Türlerine göre yolcu taşımacılığında enerji tüketim değerleri

Yolcu Taşımacılığında Enerji Tüketimi (Toe)					
Yıllar	Toplam	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
1988	4690637	4128862	206321	1568	353885
1989	4719485	4139584	197747	2067	380087
1990	5078550	4593520	206354	1375	277301
1991	4831848	4307687	208982	2751	312429
1992	4898283	4364368	199771	3217	330927
1993	5274439	4599860	226861	5886	441832
1994	5059760	4362112	223606	7468	466575
1995	5622946	4559122	220400	22489	820935
1996	5737079	4611773	225239	786	899281
1997	5706316	4528953	228384	660	948318
1998	5338755	4130949	226522	753	980531
1999	5442941	4372170	224087	426	846258
2000	5798823	4668573	220659	372	909219
2001	5624498	4443830	204584	478	975606
2002	4963091	4438331	209881	473	314407
2003	5606068	4604017	218617	573	782861
2004	6603836	4967159	200427	28486	1407764
2005	6479715	5025146	231090	36099	1187381
2006	5425386	5150559	233236	41591	-
2007	6324142	6110386	175536	38220	-
2008	5709289	5542897	134000	32392	-
2009	5601812	5429537	136977	35298	-
2010	6059446	5884151	143495	31800	-
2011	6800125	6612731	153732	33662	-
2012	8628034	7205910	141403	22721	1258000
2013	9288930	7878541	140393	16996	1253000
2014	10012018	8460482	161071	23464	1367000
2015	11833428	10260021	158832	9574	1405000
2016	13294162	11727632	133599	2932	1430000
2017	12561574	12391246	147976	22352	-

4.1.5. Türlerine göre yük taşımacılığında aktivite değerleri

Çizelge 4.6' da yük taşımacılığı aktivite değerleri karayolları, demiryolları, denizyolları ve havayollarına göre 1988-2017 yılları arasındaki bulunan değerler yer almaktadır. Karayollarının 1988 yılındaki aktivite değeri 62480000000 tkm iken 2017 deki 262739000000 tkm olmaktadır. Demiryollarının 1988 yılındaki aktivite değeri 8149000000 tkm iken 2017 deki değeri 12763000000 tkm olmaktadır. Denizyollarının 1988 yılındaki aktivite değeri 9454000000 tkm iken 2017 yılında enerji tüketim değeri 9219600000 tkm olmaktadır. Denizyollarında 2015 yılından sonra enerji aktivite değeri ile ciddi bir düşüş olmaktadır. Havayollarındaki aktivite değerleri 1988 yılında 88000000 tkm değerine sahipken 2006 yılında 392000000 tkm'dir. Havayolları enerji tüketim değerlerinde 2007-2017 yılları arasında ulaşamamaktadır.

Çizelge 4.6. Türlerine göre yük taşımacılığında aktivite değerleri

Yük Taşımacılığında Aktivite (Tkm)				
Yıllar	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
1988	62480000000	8149000000	9454000000	88000000
1989	66416000000	7707000000	7152000000	95000000
1990	65710000000	8031000000	7234000000	107000000
1991	61969000000	8093000000	2780000000	76000000
1992	67704000000	8383000000	1756000000	102000000
1993	97843000000	8511000000	901000000	152000000
1994	95020000000	8338000000	587000000	198000000
1995	112515000000	8632000000	276000000	231000000
1996	123748000000	9018000000	7982400000	240000000
1997	124340000000	9717000000	8025300000	263000000
1998	152210000000	8466000000	8075400000	274000000
1999	150974000000	8446000000	8200000000	286000000
2000	161552000000	9895000000	14631000000	310000000
2001	151421000000	7562000000	15001000000	285000000
2002	150912000000	7224000000	10627000000	275000000
2003	152163000000	8669000000	10001000000	276000000
2004	156853000000	9417000000	7277000000	321000000
2005	166831000000	9152000000	6439000000	392000000
2006	177399000000	9676000000	7084000000	-
2007	181330000000	9921000000	9573000000	-
2008	181935000000	10739000000	11114000000	-
2009	176455000000	10326000000	11397000000	-
2010	190365000000	11462000000	12570000000	-
2011	203072000000	11677000000	15959000000	-
2012	216123000000	11670000000	16223000000	-
2013	224048000000	11177000000	17312000000	-
2014	234492000000	11992000000	15722000000	-
2015	244329000000	10474000000	17204000000	-
2016	253139000000	11661000000	8547000000	-
2017	262739000000	12763000000	9219600000	-

4.1.6. Türlerine göre yolcu taşımacılığında aktivite değerleri

Çizelge 4.7' de yolcu taşımacılığı aktivite değerleri karayolları, demiryolları, denizyolları ve havayollarına göre 1988-2017 yılları arasındaki bulunan değerler yer almaktadır. Karayollarının 1988 yılındaki aktivite değeri 123236000000 tkm iken 2017'deki 314734000000 tkm olmaktadır. Demiryollarının 1988 yılındaki aktivite değeri 6708000000 tkm iken 2017'deki değeri 4566000000 tkm olmaktadır. Denizyollarının 1988 yılındaki aktivite değeri 186000000 tkm iken 2017 yılında enerji tüketim değeri 1112000000 tkm olmaktadır. Havayollarındaki aktivite değerleri 1988 yılında 991000000 tkm değerine sahipken 2005 yılında 3992000000 tkm 2012 yılında 19731000000 tkm değerinde 2016 yılında ise 31730000000 tkm'dir. Havayolları aktivite değerlerine 2006-2011 yılları

arasındaki değerlere ve 2017 yılındaki değere ulaşmamaktadır.

Çizelge 4.7. Türlerine göre yolcu taşımacılığında aktivite değerleri

Yolcu Taşımacılığında Aktivite (Ykm)				
Yıllar	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
1988	123236000000	6708000000	186000000	991000000
1989	131001000000	6845000000	171000000	1079000000
1990	134991000000	6410000000	127000000	1208000000
1991	131029000000	6048000000	92000000	845000000
1992	142172000000	6259000000	58000000	1138000000
1993	146029000000	7147000000	53000000	1721000000
1994	140743000000	6335000000	47000000	2268000000
1995	155202000000	5797000000	61000000	2666000000
1996	154836000000	5229000000	58000000	2754000000
1997	162979000000	5840000000	49000000	3007000000
1998	186159000000	6161000000	54000000	3243000000
1999	175236000000	6146000000	34000000	3349000000
2000	185681000000	5833000000	56000000	3555000000
2001	168211000000	5568000000	57000000	2859000000
2002	163327000000	5204000000	39000000	2706000000
2003	164311000000	5878000000	41000000	2752000000
2004	174312000000	5237000000	115000000	3223000000
2005	182152000000	5036000000	124000000	3992000000
2006	187593000000	5277000000	139500000	-
2007	209115000000	5553000000	156100000	-
2008	206098000000	5097000000	157000000	-
2009	212464000000	5374000000	164300000	-
2010	226913000000	5491000000	157000000	-
2011	242265000000	5882000000	157000000	-
2012	258874000000	4598000000	145900000	19731000000
2013	268178000000	3777000000	166700000	23357000000
2014	276073000000	4393000000	180600000	26204000000
2015	290734000000	4828000000	183600000	29790000000
2016	300852000000	4325000000	111200000	31730000000
2017	314734000000	4566000000	111200000	-

4.2. Türlerine Göre Enerji Yoğunluğu Değerleri

4.2.1. Karayollarında enerji yoğunluğu değerleri

Çizelge 4.8' de ulaştırma sektöründeki karayolları enerji tüketim değerleri verilmektedir. Ulaştırma sektöründe tüketilen toplam enerji miktarı 1988-2017 yılları arasında 19909000 toe artış göstermektedir. Artış miktarı 2017 yılının %71,01' ine eşdeğerdir. 1988-2017 yılları arası dönemde karayollarında tüketilen enerji miktarı, toplam tüketilen enerji miktarındaki payı %90,22' den %93,32' ye yükselmektedir. Karayollarında tüketilen enerji miktarı, 1988 yılında 7332000 toe iken 2017 yılında 26164000 toe kadardır. Artış miktarı 2017 yılında tüketilen enerji miktarının %71,98' sine eşdeğerdir. Karayollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu ayırım yüzde oranları kullanılarak elde edilen değerler Çizelge 4.9' da verilmektedir.

Çizelge 4.8. Karayollarındaki enerji tüketimi değerleri

Yıllar	Türkiye'de Enerji Tüketimi	Ulaştırma'da Enerji Tüketimi	Karayollarında Enerji Tüketimi
1988	47910000	8127000	7332000
1989	50705000	8177000	7351000
1990	52987000	8722000	8015000
1991	54278000	8304000	7537000
1992	56684000	8545000	7734000
1993	60265000	10419000	9451000
1994	59127000	9877000	8890000
1995	63679000	11077000	9651000
1996	69862000	11775000	10260000
1997	73779000	11338000	9760000
1998	74709000	10759000	9155000
1999	74275000	11350000	9918000
2000	80500000	12007000	10508000
2001	75402000	12000000	10383000
2002	78831000	11403000	10533000
2003	83826000	12395000	10949000
2004	87818000	13775000	11514000
2005	91576000	13849000	11785000
2006	75745000	14866000	12604000
2007	80736000	17106000	14368000
2008	78098000	15805000	13392000
2009	78564000	15713000	13296000
2010	79203000	16099000	14416000
2011	84825000	18190000	16151000
2012	88626000	19229000	17249000
2013	87676000	20484000	18657000
2014	89346000	21614000	19588000
2015	99007000	24636000	22833000
2016	104332000	26529000	24866000
2017	111362000	28036000	26164000

Çizelge 4.9. Karayollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması

Karayollarındaki Enerji Tüketimi		
Yıllar	Yük	Yolcu
1988	3203138	4128862
1989	3211416	4139584
1990	3421480	4593520
1991	3229313	4307687
1992	3369632	4364368
1993	4851140	4599860
1994	4527888	4362112
1995	5091878	4559122
1996	5648227	4611773
1997	5231047	4528953
1998	5024051	4130949
1999	5545830	4372170
2000	5839427	4668573
2001	5939170	4443830
2002	6094669	4438331
2003	6344983	4604017
2004	6546841	4967159

Çizelge 4.9. (Devam) Karayollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması

Karayollarındaki Enerji Tüketimi		
Yıllar	Yük	Yolcu
2005	6759854	5025146
2006	7453441	5150559
2007	8257614	6110386
2008	7849103	5542897
2009	7866463	5429537
2010	8531849	5884151
2011	9538269	6612731
2012	10043090	7205910
2013	10778459	7878541
2014	11127518	8460482
2015	12572979	10260021
2016	13138368	11727632
2017	13772754	12391246

Karayollarındaki enerji yoğunluğu değerlerini Çizelge 4.10'daki değerler yük taşımacılığı için incelendiğinde 1988 2,15 MJ 2000 yılına kadar düşüşte olup 1,51 MJ kadar düşmüştür. Fakat 2001 yılından itibaren artarak 2017 yılında 2,19 MJ değerine ulaşmıştır. Tarihe bakıldığında bu tarih ekonomik krizin olduğu yıldan sonaki zamanda bir artış görülmektedir. Genel tabloya baktığımızda ise düzensiz bir enerji yoğunluğu değişimi görülmektedir.

Yolcu taşımacılığı için baktığımızda 1988 yılında 1,40 MJ iken 2017 yılında 1,65 MJ yükselmektedir. Yolcu taşımacılığı için incelediğimizde ise yine aynı sonucu görmekteyiz. Ekonomik krize kadar bir düşüş olduğunu ve bu tarihten sonra yükselmeye başladığını görmekteyiz.

Çizelge 4.10. Karayollarındaki enerji yoğunluğu değerleri

Karayollarında Enerji Yoğunluğu			
Yıllar	MJ/Tkm	MJ/Ykm	MJ/(T+Ykm)
1988	2,15	1,40	1,65
1989	2,02	1,32	1,56
1990	2,18	1,42	1,67
1991	2,18	1,38	1,64
1992	2,08	1,29	1,54
1993	2,08	1,32	1,62
1994	2,00	1,30	1,58
1995	1,89	1,23	1,51
1996	1,91	1,25	1,54
1997	1,76	1,16	1,42
1998	1,38	0,93	1,13
1999	1,54	1,04	1,27
2000	1,51	1,05	1,27
2001	1,64	1,11	1,36
2002	1,69	1,14	1,40
2003	1,75	1,17	1,45

Çizelge 4.10. (Devam) Karayollarındaki enerji yoğunluğu değerleri

Karayollarında Enerji Yoğunluğu			
Yıllar	MJ/Tkm	MJ/Ykm	MJ/(T+Ykm)
2004	1,75	1,19	1,46
2005	1,70	1,16	1,41
2006	1,76	1,15	1,45
2007	1,91	1,22	1,54
2008	1,81	1,13	1,44
2009	1,87	1,07	1,43
2010	1,88	1,09	1,45
2011	1,97	1,14	1,52
2012	1,95	1,17	1,52
2013	2,01	1,23	1,59
2014	1,99	1,28	1,61
2015	2,15	1,48	1,79
2016	2,17	1,63	1,88
2017	2,19	1,65	1,90

4.2.2. Demiryollarında enerji yoğunluğu değerleri

Çizelge 4.11’ de verilen değerler göz önüne alındığında demiryollarında tüketilen enerji miktarı, 1988-2017 yılları arası dönemde 30000 toe kadar azalma göstermektedir. Demiryollarında 1988 yılında tüketilen enerji miktarı, toplam tüketilen enerji miktarındaki payı %2,92 iken 2017 yılında %0,73’ e düşmektedir. Demiryollarında enerji tüketiminin yük ve yolcu ayırım yüzde oranları kullanılarak elde edilen değerler Çizelge 4.12’ de verilmektedir.

Çizelge 4.11. Demiryollarındaki enerji tüketimi değerleri

Yıllar	Türkiye’de Enerji Tüketimi (Toe)	Ulaştırma Enerji Tüketimi (Toe)	Demiryollarında Enerji Tüketimi (Toe)
1988	47910000	8127000	237000
1989	50705000	8177000	225000
1990	52987000	8722000	238000
1991	54278000	8304000	246000
1992	56684000	8545000	239000
1993	60265000	10419000	263000
1994	59127000	9877000	267000
1995	63679000	11077000	276000
1996	69862000	11775000	280000
1997	73779000	11338000	286000
1998	74709000	10759000	272000
1999	74275000	11350000	268000
2000	80500000	12007000	270000
2001	75402000	12000000	241000
2002	78831000	11403000	249000
2003	83826000	12395000	260000
2004	87818000	13775000	246000
2005	91576000	13849000	285000
2006	75745000	14866000	289000

Çizelge 4.11. (Devam) Demiryollarındaki enerji tüketimi değerleri

Yıllar	Türkiye'de Enerji Tüketimi (Toe)	Ulaştırma Enerji Tüketimi (Toe)	Demiryollarında Enerji Tüketimi (Toe)
2007	80736000	17106000	217000
2008	78098000	15805000	174000
2009	78564000	15713000	171000
2010	79203000	16099000	184000
2011	84825000	18190000	194000
2012	88626000	19229000	194000
2013	87676000	20484000	204000
2014	89346000	21614000	227000
2015	99007000	24636000	209000
2016	104332000	26529000	185000
2017	111362000	28036000	207000

Çizelge 4.12. Demiryollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması

Yıllar	Demiryollarında Enerji Tüketimi (TOE)	
	YÜK	YOLCU
1988	30679	206321
1989	27253	197747
1990	31646	206354
1991	37018	208982
1992	39229	199771
1993	36139	226861
1994	43394	223606
1995	55600	220400
1996	54761	225239
1997	57616	228384
1998	45478	226522
1999	43913	224087
2000	49341	220659
2001	36416	204584
2002	39119	209881
2003	41383	218617
2004	45573	200427
2005	53910	231090
2006	55764	233236
2007	41464	175536
2008	40000	134000
2009	34023	136977
2010	40505	143495
2011	40268	153732
2012	52597	141403
2013	63607	140393
2014	65929	161071
2015	50168	158832
2016	51401	133599
2017	59024	147976

Demiryollarındaki enerji yoğunluğu değerlerini Çizelge 4.13'te incelediğimizde yük taşımacılığı için incelediğimizde 1988 yılında 0,16 MJ 2017 yılında 0,19 MJ'dür. Yolcu taşımacılığı için baktığımızda 1988 yılında 1,29 MJ, 2017 yılında 1,36 MJ yükselmektedir.

Demiryollarındaki enerji tüketimi incelediğimizde düzensiz bir enerji tüketimi görülmektedir. Enerji yoğunluğundaki artış dikkate alınıp değerlendirildiğimizde demiryollarında yük taşımacılığında da yolcu taşımacılığında da bir artış görülmektedir. Burdan demiryollarına gerekli yatırımların yapılmadığı sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 4.13. Demiryollarındaki enerji yoğunluğu değerleri

Demiryollarında Enerji Yoğunluğu			
Yıllar	MJ/Tkm	MJ/Ykm	MJ/(T+Ykm)
1988	0,16	1,29	0,67
1989	0,15	1,21	0,65
1990	0,16	1,35	0,69
1991	0,19	1,45	0,73
1992	0,20	1,34	0,68
1993	0,18	1,33	0,70
1994	0,22	1,48	0,76
1995	0,27	1,59	0,80
1996	0,25	1,80	0,82
1997	0,25	1,64	0,77
1998	0,22	1,54	0,78
1999	0,22	1,53	0,77
2000	0,21	1,58	0,72
2001	0,20	1,54	0,77
2002	0,23	1,69	0,84
2003	0,20	1,56	0,75
2004	0,20	1,60	0,70
2005	0,25	1,92	0,84
2006	0,24	1,85	0,81
2007	0,17	1,32	0,59
2008	0,16	1,10	0,46
2009	0,14	1,07	0,46
2010	0,15	1,09	0,45
2011	0,14	1,09	0,46
2012	0,19	1,29	0,50
2013	0,24	1,56	0,57
2014	0,23	1,54	0,58
2015	0,20	1,38	0,57
2016	0,18	1,29	0,48
2017	0,19	1,36	0,50

4.2.3. Denizyollarında enerji yoğunluğu değerleri

Çizelge 4.14' te verilen değerler göz önüne alındığında denizyollarında 1988 yılına ait enerji tüketimi 161000 toe iken, 2017 yılında 393000 toe olmuştur. Denizyollarında enerji tüketiminin yük ve yolcu ayırım yüzde oranları kullanılarak elde edilen değerler Çizelge 4.15' te verilmektedir.

Çizelge 4.14. Denizyollarındaki enerji tüketimi değerleri

	Türkiye'de Enerji Tük	Ulaştırma Enerji Tük	Denizyollarında Enerji Tük
Yıllar	TOE	TOE	TOE
1988	47910000	8127000	161000
1989	50705000	8177000	175000
1990	52987000	8722000	158000
1991	54278000	8304000	169000
1992	56684000	8545000	198000
1993	60265000	10419000	206000
1994	59127000	9877000	194000
1995	63679000	11077000	226000
1996	69862000	11775000	217000
1997	73779000	11338000	217000
1998	74709000	10759000	226000
1999	74275000	11350000	206000
2000	80500000	12007000	195000
2001	75402000	12000000	252000
2002	78831000	11403000	258000
2003	83826000	12395000	280000
2004	87818000	13775000	389000
2005	91576000	13849000	411000
2006	75745000	14866000	464000
2007	80736000	17106000	507000
2008	78098000	15805000	491000
2009	78564000	15713000	525000
2010	79203000	16099000	541000
2011	84825000	18190000	718000
2012	88626000	19229000	528000
2013	87676000	20484000	370000
2014	89346000	21614000	432000
2015	99007000	24636000	189000
2016	104332000	26529000	48000
2017	111362000	28036000	393000

Çizelge 4.15. Denizyollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması

Denizyollarında Enerji Tüketimi (TOE)		
Yıllar	Yük	Yolcu
1988	159432	1568
1989	172933	2067
1990	156625	1375
1991	166249	2751
1992	194783	3217
1993	200114	5886
1994	186532	7468
1995	203511	22489
1996	216214	786
1997	216340	660
1998	225247	753
1999	205574	426
2000	194628	372
2001	251522	478
2002	257527	473
2003	279427	573
2004	360514	28486
2005	374901	36099
2006	422409	41591

Çizelge 4.15. (Devam) Denizyollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması

Denizyollarında Enerji Tüketimi (TOE)		
Yıllar	Yük	Yolcu
2007	468780	38220
2008	458608	32392
2009	489702	35298
2010	509200	31800
2011	684338	33662
2012	505279	22721
2013	353004	16996
2014	408536	23464
2015	179426	9574
2016	37794	10206
2017	301536	91464

Denizyollarındaki enerji yoğunluğu değerlerini Çizelge 4.16.'da verilen değerler yük taşımacılığı için incelendiğinde 1988 yılında 0,71 MJ 2017 yılında 6,89 MJ'dür. Yolcu taşımacılığı için baktığımızda 1988 yılında 0,35 MJ iken 2017 yılında 3,44 MJ yükselmektedir. Denizyollarındaki enerji tüketim verileri düzensiz tutulduğundan sağlıklı bir sonuç elde edilememektedir.

Çizelge 4.16. Denizyollarındaki enerji yoğunluğu değerleri

Denizyollarında Enerji Yoğunluğu			
Yıllar	MJ/Tkm	MJ/Ykm	MJ/(T+Ykm)
1988	0,71	0,35	0,70
1989	1,01	0,51	1,00
1990	0,91	0,45	0,90
1991	2,50	1,25	2,46
1992	4,64	2,32	4,57
1993	9,30	4,65	9,04
1994	13,30	6,65	12,81
1995	30,87	15,44	28,08
1996	1,13	0,57	1,13
1997	1,13	0,56	1,13
1998	1,17	0,58	1,16
1999	1,05	0,52	1,05
2000	0,56	0,28	0,56
2001	0,70	0,35	0,70
2002	1,01	0,51	1,01
2003	1,17	0,58	1,17
2004	2,07	1,04	1,93
2005	2,44	1,22	2,24
2006	2,50	1,25	2,29
2007	2,05	1,03	1,91
2008	1,73	0,86	1,62
2009	1,80	0,90	1,69
2010	1,70	0,85	1,60
2011	1,80	0,90	1,71
2012	1,30	0,65	1,25
2013	0,85	0,43	0,82

Çizelge 4.16. (Devam) Denizyollarındaki enerji yoğunluğu değerleri

Denizyollarında Enerji Yoğunluğu			
Yıllar	MJ/Tkm	MJ/Ykm	MJ/(T+Ykm)
2014	1,09	0,54	1,03
2015	0,44	0,22	0,42
2016	0,77	0,38	0,63
2017	6,89	3,44	5,59

4.2.4. Havayollarında enerji yoğunluğu değerleri

Çizelge 4.17' de verilen değerler göz önüne alındığında havayollarında 1988 yılına ait enerji tüketimi 397000 toe iken, 2017 yılında 1272000 toe olmuştur. Havayollarında enerji tüketiminin yük ve yolcu ayırım yüzde oranları kullanılarak elde edilen değerler Çizelge 4.18' de verilmektedir. Havayollarında enerji tüketiminde veriler düğün tutulmadığı gibi 2006-2011 yılları arasındaki değerler bulunamamıştır.

Çizelge 4.17. Havayollarındaki enerji tüketimi değerleri

Yıllar	Türkiye'de Enerji Tüketimi (TOE)	Ulaştırma Enerji Tüketimi (TOE)	Havayollarında Enerji Tüketimi (TOE)
1988	47910000	8127000	397000
1989	50705000	8177000	426000
1990	52987000	8722000	311000
1991	54278000	8304000	352000
1992	56684000	8545000	374000
1993	60265000	10419000	499000
1994	59127000	9877000	526000
1995	63679000	11077000	924000
1996	69862000	11775000	1018000
1997	73779000	11338000	1075000
1998	74709000	10759000	1106000
1999	74275000	11350000	958000
2000	80500000	12007000	1034000
2001	75402000	12000000	1124000
2002	78831000	11403000	363000
2003	83826000	12395000	906000
2004	87818000	13775000	1626000
2005	91576000	13849000	1368000
2006	75745000	14866000	1509000
2007	80736000	17106000	2014000
2008	78098000	15805000	1748000
2009	78564000	15713000	1721000
2010	79203000	16099000	958000
2011	84825000	18190000	1127000
2012	88626000	19229000	1258000
2013	87676000	20484000	1253000
2014	89346000	21614000	1367000
2015	99007000	24636000	1405000
2016	104332000	26529000	1430000
2017	111362000	28036000	1272000

Çizelge 4.18. Havayollarındaki enerji tüketiminin yük ve yolcu olarak ayrılması

HAVAYOLLARINDA ENERJİ TÜKETİMİ (TOE)		
Yıllar	YÜK	YOLCU
1988	43115	353885
1989	45913	380087
1990	33699	277301
1991	39571	312429
1992	43073	330927
1993	57168	441832
1994	59425	466575
1995	103065	820935
1996	118719	899281
1997	126682	948318
1998	125469	980531
1999	111742	846258
2000	124781	909219
2001	148394	975606
2002	48593	314407
2003	123139	782861
2004	218236	1407764
2005	180619	1187381
2006	-	-
2007	-	-
2008	-	-
2009	-	-
2010	-	-
2011	-	-
2012	778185	479815
2013	773152	479848
2014	841223	525777
2015	864181	540819
2016	883464	546536
2017	1271584	416

Havayollarındaki enerji yoğunluğu değerlerini Çizelge 4.19’da incelediğimizde yük taşımacılığı için incelediğimizde 1988 yılında 20,51 MJ 2017 yılında 1,57 MJ’dür. Yolcu taşımacılığı için baktığımızda 1988 yılında 14,95 MJ iken 2017 yılında 0,97 MJ yükselmektedir.

2006-2011 yılları arasında aktivite değerleri bulunmadığından bu aralıktaki yük taşımacılığında ve yolcu taşımacılığında enerji yoğunluğu değerine ulaşamamıştır. Türler arasındaki verilere bakıldığında en sağlıksız veriler havayollarında bulunmaktadır.

Çizelge 4.19. Havayollarındaki enerji yoğunluğu değerleri

Yıllar	HAVAYOLLARINDA ENERJİ YOĞUNLUĞU		
	MJ/TKM	MJ/YKM	MJ/(T+YKM)
1988	20,51	14,95	15,40
1989	20,23	14,75	15,19
1990	13,19	9,61	9,90
1991	21,80	15,48	16,00
1992	17,68	12,18	12,63
1993	15,75	10,75	11,15
1994	12,57	8,61	8,93
1995	18,68	12,89	13,35
1996	20,71	13,67	14,24
1997	20,17	13,20	13,76
1998	19,17	12,66	13,17
1999	16,36	10,58	11,03
2000	16,85	10,71	11,20
2001	21,80	14,29	14,97
2002	7,40	4,86	5,10
2003	18,68	11,91	12,53
2004	28,46	18,29	19,21
2005	19,29	12,45	13,06
2006	-	-	-
2007	-	-	-
2008	-	-	-
2009	-	-	-
2010	-	-	-
2011	-	-	-
2012	1,65	1,02	1,33
2013	1,39	0,86	1,12
2014	1,34	0,84	1,09
2015	1,21	0,76	0,99
2016	1,17	0,72	0,94
2017	1,57	0,97	1,56

4.3. Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketim Değerlerinin Çok Değişkenli Lineer Regresyon İle Tahmin Edilmesi

4.3.1. Karayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

Çok değişkenli lineer regresyon modelinin denkleminde; enerji tüketimi (ET), karayolu uzunlukları (KU), ton-km (TK), yolcu-km (YK), motorlu taşıt sayısı (MTA), nüfus (N) ve gayri safi yurt içi milli hâsıla (GSYMH) regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.5' te yerine yazılarak Eş 4.1 oluşturulmaktadır.

$$ET=2.1316*10^7+(-4.6349)*KU+(-20.9145)*TK+42.9685*YK+1.6118*MTA+(-0.3901)*N+(-599.6697)*GSYMH \quad (4.1)$$

Çok değişkenli interaction regresyon modelinin denkleminde; ET, KU, TK, YK, MTA, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan

analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.6' da yerine yazılarak Eş 4.2 oluşturulmaktadır.

$$\begin{aligned}
 ET = & 3.7632 * 10^8 + (-547.8395) * KU + 2.1107 * 10^3 * TK + (-3.3812 * 10^3) * YK + 11.8308 * MTA \\
 & + (-6.8711) * N + 1.7298 * 10^4 * GSYM H + 9.3066 * 10^{-4} * KU * TK + 7.3136 * 10^{-4} * KU * YK + \\
 & (-3.5132 * 10^{-5}) * KU * MTA + 8.9443 * 10^{-6} * KU * N + 0.0076 * KU * GSYM H + (-0.0026) * TK * YK + \\
 & (-7.0767 * 10^{-5}) * TK * MTA + 0.0329 * TK * N + (-4.3675 * 10^{-5}) * TK * GSYM H + (-8.0501 * 10^{-5}) * YK * MTA + \\
 & 6.5054 * 10^{-5} * YK * N + 0.0173 * YK * GSYM H + 6.8738 * 10^{-8} * MTA * N + 1.0515 * 10^{-4} * MTA * GSYM H + \\
 & (-4.4490 * 10^{-4}) * N * GSYM H
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

Çok değişkenli quadratic regresyon modelinin denkleminde; ET, KU, TK, YK, MTA, N ve GSYM H regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.7' de yerine yazılarak Eş 4.3 oluşturulmaktadır.

$$\begin{aligned}
 ET = & 1.8231 * 10^9 + (-691.9629) * KU + (-1.0466 * 10^4) * TK + (-4.4179 * 10^3) * YK + (-18.6758) * MTA + \\
 & 95.0708 * N + 4.1063 * 10^4 * GSYM H + (-0.0014) * KU * TK + 8.2061 * 10^{-4} * KU * YK + 1.8892 * 10^{-5} * KU * MTA + \\
 & (-1.0220 * 10^{-5}) * KU * N + 0.0249 * KU * GSYM H + 0.0068 * TK * YK + (-4.1104 * 10^{-4}) * TK * MTA + \\
 & 2.2012 * 10^{-4} * TK * N + 0.2021 * TK * GSYM H + (-1.2534 * 10^{-4}) * YK * MTA + 1.1592 * 10^{-4} * YK * N + \\
 & (-0.0142) * YK * GSYM H + 6.3624 * 10^{-7} * MTA * N + (-8.0345 * 10^{-4}) * MTA * GSYM H + (-0.0011) * N * GSYM H + \\
 & 0.0015 * KU^2 + (-0.0049) * TK^2 + (-0.0084) * YK^2 + 2.8618 * 10^{-6} * MTA^2 + (-1.1126 * 10^{-6}) * N^2 + 0.2772 * GSYM H^2
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

Çok değişkenli purequadratic regresyon modelinin denkleminde; ET, KU, TK, YK, MTA, N ve GSYM H regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Elde edilen katsayılar Eş 3.8' de yerine yazılarak Eş 4.4 oluşturulmaktadır.

$$\begin{aligned}
 ET = & 1.0216 * 10^6 + (-19.0269) * KU + 103.2286 * TK + (-351.3899) * YK + 0.1086 * MTA + 1.1621 * N + \\
 & 1.0415 * 10^3 * GSYM H + 3.2623 * 10^{-5} * KU^2 + (-2.4337 * 10^{-4}) * TK^2 + 9.0733 * 10^{-4} * YK^2 + \\
 & 1.9613 * 10^{-8} * MTA^2 + (-1.0734 * 10^{-8}) * N^2 + (-0.0598) * GSYM H^2
 \end{aligned} \tag{4.4}$$

Analiz sonucunda modeller karşılaştırılırken HKO, R ve YHO kriterleri kullanılmaktadır. Çok değişkenli lineer regresyon yöntemlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.20' de gösterilmektedir.

Çizelge 4.20. Karayollarında enerji tüketimi tahmini için çok değişkenli lineer regresyon modellerin karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	452119695710,012	4,8136	0,9888
İnteraction Regresyon	22194104740,3475	0,9600	0,9995
Quadratic Regresyon	5806018987,9117	0,5068	0,9999
Purequadratic Regresyon	114864348772,776	2,2758	0,9972

4.3.2. Demiryollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

Çok değişkenli lineer regresyon modelinin denkleminde; enerji tüketimi (ET), hat uzunluğu (HU), ton-km (TK), yük miktarı (YM), nüfus (N) ve gayri safi yurt içi milli hasıla (GSYMH) regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.5' te yerine yazılarak Eş 4.5 oluşturulmaktadır.

$$ET=2.0660*10^5+(-16.6493)*HU+(-0.0076)*TK+0.0152*YM+0.0024*N+(-20.9229)*GSYMH \quad (4.5)$$

Çok değişkenli interaction regresyon modelinin denkleminde; ET, HU, TK, YM, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.6' da yerine yazılarak Eş 4.6 oluşturulmaktadır.

$$ET=(-2.1771*10^5)+(-307.9873)*HU+0.0672*TK+(-0.0941)*YM+(-0.0989)*N+(-100.8821)*GSYMH +5.7325*10^{-5}*HU*TK+(-9.8383*10^{-7})*HU*YM+(-4.4816*10^{-6})*HU*N+0.0033*HU*GSYMH+ (-3.6024*10^{-9})*TK*YM+(-1.0062*10^{-8})*TK*N+1.6828*10^{-6}*TK*GSYMH+2.3531*10^{-9}*YM*N+ (-2.0795*10^{-6})*YM*GSYMH+1.2008*10^{-6}*N*GSYMH \quad (4.6)$$

Çok değişkenli quadratic regresyon modelinin denkleminde; ET, HU, TK, YM, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.7' de yerine yazılarak Eş 4.7 oluşturulmaktadır.

$$ET=1.4465*10^6+(-310.3737)*HU+0.0321*TK+(-0.3338)*YM+0.0988*N+197.0244*GSYMH +4.4281*10^{-5}*HU*TK+2.7852*10^{-5}*HU*YM+(-7.2467*10^{-6})*HU*N+(-0.0130)*HU*GSYMH +4.0581*10^{-8}*TK*YM+(-1.1320*10^{-8})*TK*N+(-3.0190*10^{-5})*TK*GSYMH+3.7380*10^{-9}*YM*N +1.3443*10^{-5}*YM*GSYMH+(-4.7015*10^{-7})*N*GSYMH+(-0.0063)*HU^2+(-2.1404*10^{-8})*TK^2+ (-1.7950*10^{-8})*YM^2+1.9249*10^{-10}*N^2+4.2409*10^{-4}*GSYMH^2 \quad (4.7)$$

Çok değişkenli purequadratic regresyon modelinin denkleminde; ET, HU, TK, YM, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Elde edilen katsayılar Eş 3.8' de yerine yazılarak Eş 4.8 oluşturulmaktadır.

$$ET=2.8595*10^5+(-250.4153)*HU+0.1204*TK+(0.0286)*YM+0.0352*N+(-2.6636)*GSYMH+0.0102*KU^2+(-6.4600*10^{-9})*TK^2+9.3112*10^{-10}*YK^2+(-2.6380*10^{-10}*N^2+(-8.2906*10^{-4})*GSYMH^2 \quad (4.8)$$

Analiz sonucunda modeller karşılaştırılırken HKO, R ve YHO kriterleri kullanılmaktadır. Çok değişkenli lineer regresyon yöntemlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.21' de gösterilmektedir.

Çizelge 4.21. Demiryollarında enerji tüketimi tahmini için çok değişkenli lineer regresyon modellerin karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	410660386,5972	7,0089	0,8209
İnteraction Regresyon	164612862,7600	3,8324	0,9324
Quadratic Regresyon	144747489,4374	3,6284	0,9408
Purequadratic Regresyon	290900416,3568	5,5330	0,8769

4.3.3. Denizyollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

Çok değişkenli lineer regresyon modelinin denkleminde; enerji tüketimi (ET), yolcu-km (YK), nüfus (N) ve gayri safi yurt içi milli hâsıla (GSYMH) regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.5' te yerine yazılarak Eş 4.9 oluşturulmaktadır.

$$ET=4.7087*10^5+212.5167*YK+(-0.0046)*N+(-2.7393)*GSYMH \quad (4.9)$$

Çok değişkenli interaction regresyon modelinin denkleminde; ET, YK, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.6' da yerine yazılarak Eş 4.10 oluşturulmaktadır.

$$ET=(-8.0542*10^5)+1.6382*10^3*YK+0.0167*N+154.9534*GSYMH+(-2.6621*10^{-5})*YK*N+0.0539*YK*GSYMH+(-2.5401*10^{-6})*N*GSYMH \quad (4.10)$$

Çok değişkenli quadratic regresyon modelinin denkleminde; ET, YK, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.7' de yerine yazılarak Eş 4.11 oluşturulmaktadır.

$$ET=(-7.5450*10^6)+912.2032*YK+0.2593*N+(-177.2604)*GSYMH+(-1.0875*10^{-5})*YK*N+0.0786*YK*GSYMH+2.8231*10^{-6}*N*GSYMH+(-0.2788)*YK^2+(-2.1491*10^{-9})*N^2+(-0.0046)*GSYMH^2 \quad (4.11)$$

Çok değişkenli purequadratic regresyon modelinin denkleminde; ET, YK, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Elde edilen katsayılar Eş 3.8' de yerine yazılarak Eş 4.12 oluşturulmaktadır.

$$ET=(-6.9033*10^6)+274.2150*YK+0.2340*N+(-31.1241)*GSYMH+(-0.0600)*YK^2+(-1.9049*10^{-9}*N^2+0.0047*GSYMH^2 \quad (4.12)$$

Analiz sonucunda modeller karşılaştırılırken HKO, R ve YHO kriterleri kullanılmaktadır. Çok değişkenli lineer regresyon yöntemlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.22' de gösterilmektedir.

Çizelge 4.22. Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için çok değişkenli lineer regresyon modellerin karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	11105351999,0495	42,2439	0,7390
İnteraction Regresyon	3650889045,1076	14,7408	0,9224
Quadratic Regresyon	3008603968,6101	13,9199	0,9365
Purequadratic Regresyon	3155946864,2017	14,3607	0,9333

4.3.4. Havayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

Çok değişkenli lineer regresyon modelinin denkleminde; enerji tüketimi (ET), yolcu sayısı (YS), yük miktarı (YM), nüfus (N) ve gayri safi yurt içi milli hâsıla (GSYMH) regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.5' te yerine yazılarak Eş 4.13 oluşturulmaktadır.

$$ET=(-2.4895*10^6)+(-0.0200)*YS+0.9046*YM+0.0530*N+35.6924*GSYMH \quad (4.13)$$

Çok değişkenli interaction regresyon modelinin denkleminde; ET, YS, YM, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.6' da yerine yazılarak Eş 4.14 oluşturulmaktadır.

$$ET=2.8119*10^6+0.4444*YS+(-6.2640)*YM+(-0.0464)*N+(-3.9274*10^{-3})*GSYMH+4.0448*10^{-8}*YS*YM+(-7.1022*10^{-9})*YS*N+(-1.0762*10^{-6})*YS*GSYMH+9.8822*10^{-8}*YM*N+(-5.9863*10^{-4})*YM*GSYMH+7.1132*10^{-5}*N*GSYMH \quad (4.14)$$

Çok değişkenli quadratic regresyon modelinin denkleminde; ET, YS, YM, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.7' de yerine yazılarak Eş 4.15 oluşturulmaktadır.

$$ET=(-2.8736*10^7)+0.1079*YS+(-3.9290)*YM+1.1054*N+(-3.4960*10^{-3})*GSYMH+(-1.5903*10^{-7})*YS*YM+(-8.2631*10^{-10})*YS*N+(-1.4672*10^{-5})*YS*GSYMH+3.6579*10^{-8}*YM*N+6.0216*10^{-4}*YM*GSYMH+5.9539*10^{-5}*N*GSYMH+1.8215*10^{-9}*YS^2+3.2238*10^{-6}*YM^2+(-1.0285*10^{-8})*N^2+(-0.0282)*GSYMH^2 \quad (4.15)$$

Çok değişkenli purequadratic regresyon modelinin denkleminde; ET, YS, YM, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Elde edilen katsayılar Eş 3.8' de yerine yazılarak Eş 4.16 oluşturulmaktadır.

$$ET=(-3.0102*10^5)+0.0081*YS+0.9078*YM+(-0.0070)*N+295.8449*GSYMH+2.0262*10^{-11}*YS^2+(-3.7269*10^{-7})*YM^2+6.4736*10^{-11}*N^2+(-0.0228)*GSYMH^2 \quad (4.16)$$

Analiz sonucunda modeller karşılaştırılırken HKO, R ve YHO kriterleri kullanılmaktadır. Çok değişkenli lineer regresyon yöntemlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.23' de gösterilmektedir.

Çizelge 4.23. Havayollarında enerji tüketimi tahmini için çok değişkenli lineer regresyon modellerin karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	74534302521,2567	27,5794	0,8135
İnteraction Regresyon	42759359014,9716	18,5613	0,8977
Quadratic Regresyon	40470266414,8239	18,6885	0,9035
Purequadratic Regresyon	55278551895,3869	24,9523	0,8655

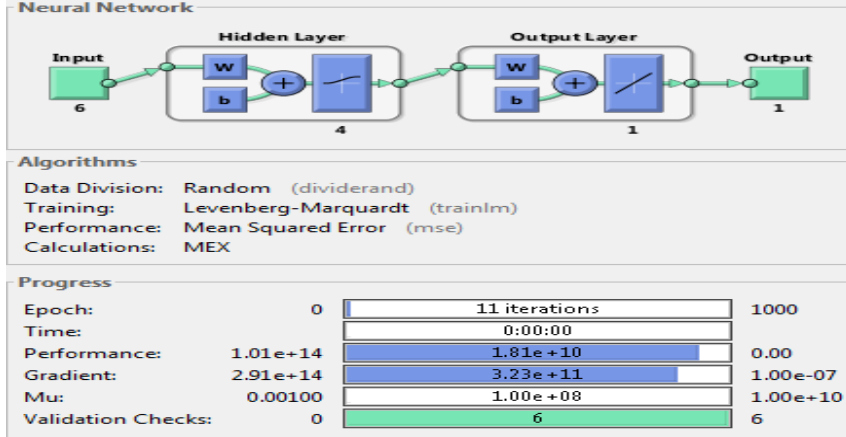
4.4. Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketim Değerlerinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi

4.4.1. Karayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

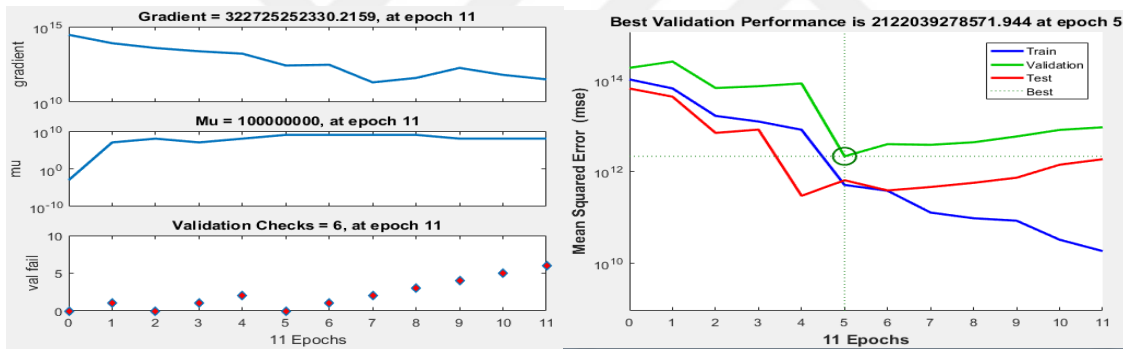
Karayollarında enerji tüketimi tahmini için, 1988-2016 yılları arasındaki veri seti kullanılarak yapılan analizler sonucunda tek gizli katmana sahip ve bu katmanda 4 adet nöronu bulunan model en iyi sonucu vermektedir. Bu modelde girdi için logaritmik sigmoid ve çıktı için purelin transfer fonksiyonu kullanılmaktadır. Analizler sonucunda bu modelin eğitim algoritması Levenberg-Marquardt (LM) olarak belirlenmektedir. YSA sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.24' te verilmektedir. YSA' ya ait model görünümü, performans ve eğitim grafikleri ve regresyon katsayısı grafiği Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3' te verilmektedir.

Çizelge 4.24. Karayollarında enerji tüketimi için ysa modelinin tahmin değerleri

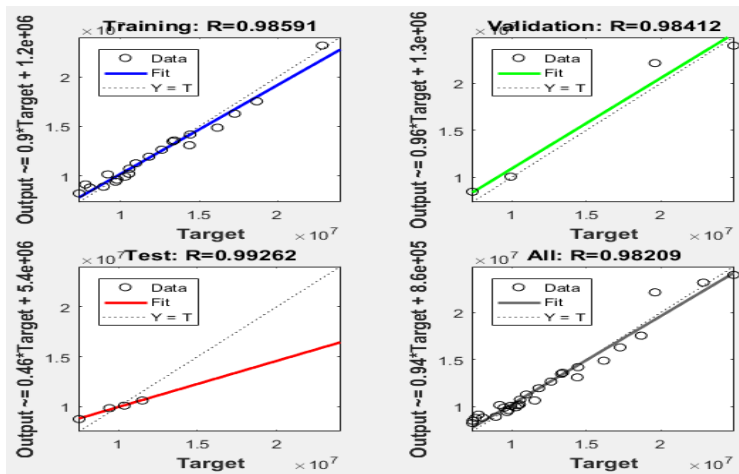
Modeller	HKO	YHO (%)	R
Yapay Sınır Ağları	531346781872,4300	5,5871	0,9870



Şekil 4.1. Karayollarında enerji tüketimi tahmini için ysa model görünümü



Şekil 4.2. Karayollarında enerji tüketimi tahmini için ysa modelinin performans ve eğitim görünümü



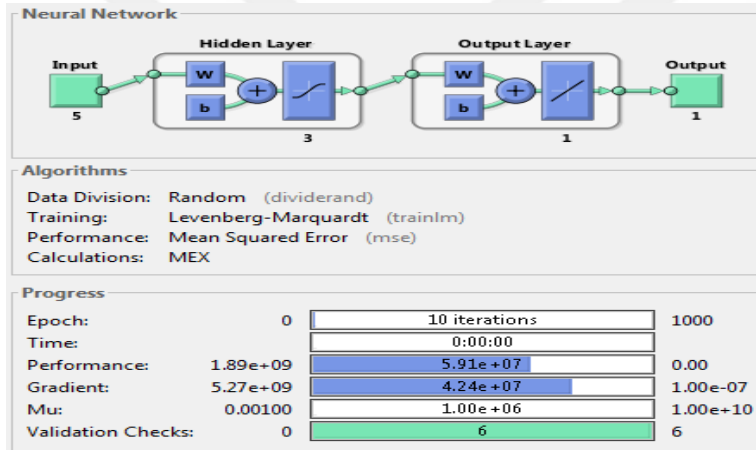
Şekil 4.3. Karayollarında enerji tüketimi tahmini için ysa modelinin regresyon katsayısı grafiği

4.4.2. Demiryollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

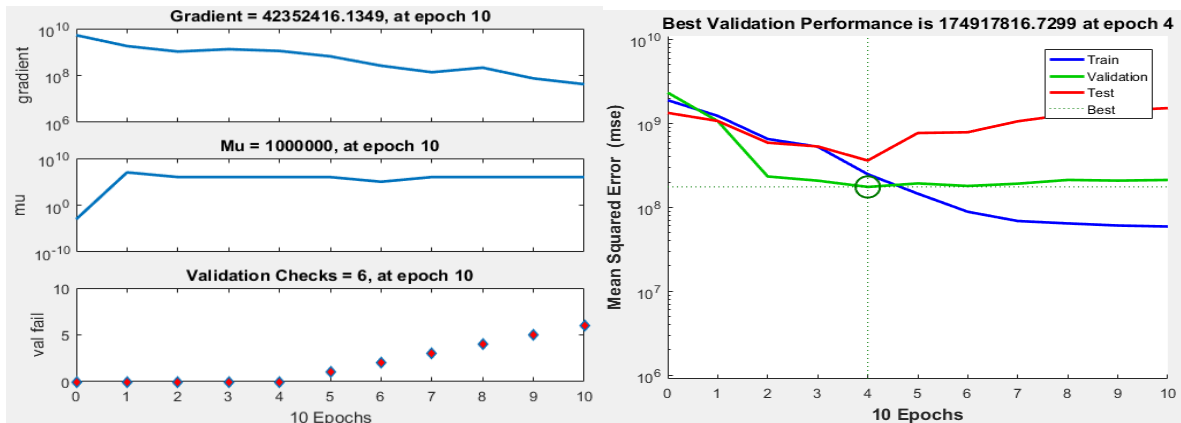
Demiryollarında enerji tüketimi tahmini için, 1988-2016 yılları arasındaki veri seti kullanılarak yapılan analizler sonucunda tek gizli katmana sahip ve bu katmanda 6 adet nöronu bulunan model en iyi sonucu vermektedir. Bu modelde girdi için logaritmik sigmoid ve çıktı için purelin transfer fonksiyonu kullanılmaktadır. Analizler sonucunda bu modelin eğitim algoritması Levenberg-Marquardt (LM) olarak belirlenmiştir. YSA analizleri sonucu Çizelge 4.25 'te verilmektedir. YSA' ya ait model görünümü, performans ve eğitim grafikleri ve regresyon katsayısı grafiği Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmektedir.

Çizelge 4.25. Demiryollarında enerji tüketimi için ysa modelinin tahmin değerleri

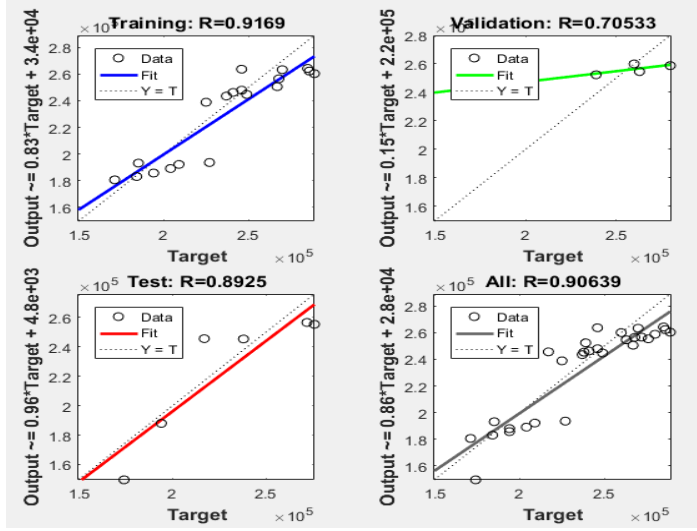
Modeller	HKO	YHO (%)	R
Yapay Sinir Ağları	63870745,2578	2,2466	0,9064



Şekil 4.4. Demiryollarında enerji tüketimi tahmini için ysa model görünümü



Şekil 4.5. Demiryollarında enerji tüketimi tahmini için ysa modelinin performans ve eğitim görünümü



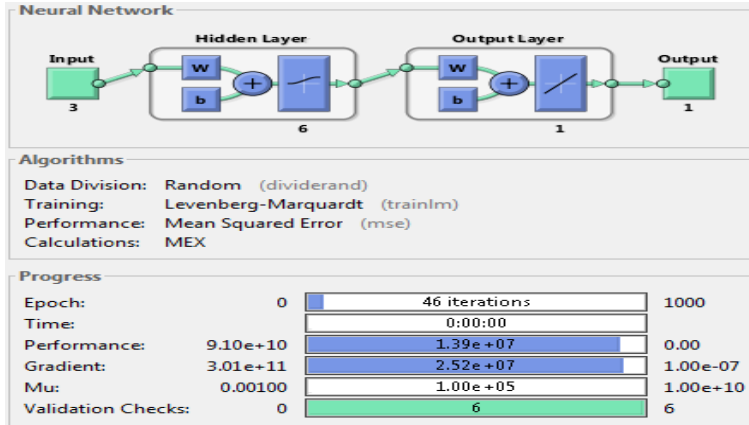
Şekil 4.6. Demiryollarında enerji tüketimi tahmini için ysa modelinin regresyon katsayısı grafiği

4.4.3. Denizyollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

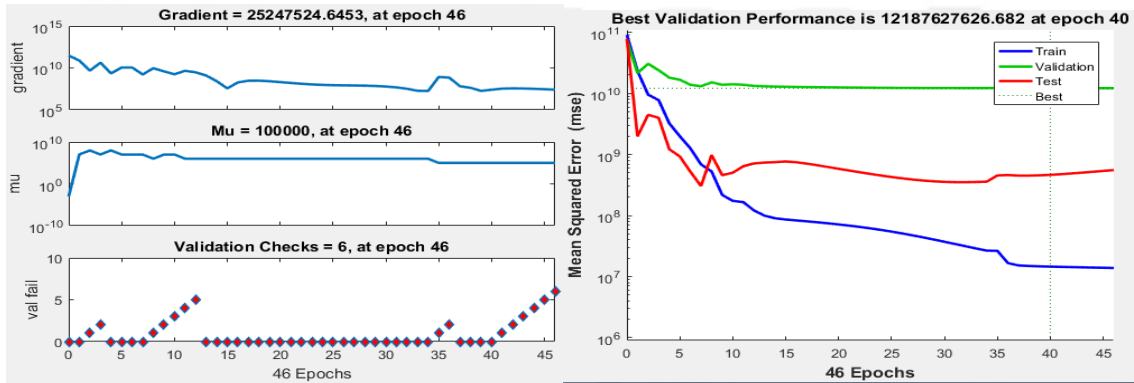
Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için, 1988-2016 yılları arasındaki veri seti kullanılarak yapılan analizler sonucunda tek gizli katmana sahip ve bu katmanda 6 adet nöronu bulunan model en iyi sonucu vermektedir. Bu modelde girdi için logaritmik sigmoid ve çıktı için purelin transfer fonksiyonu kullanılmaktadır. Analizler sonucunda bu modelin eğitim algoritması Levenberg-Marquardt (LM) olarak belirlenmektedir. Çizelge 4.26 'de YSA analiz sonuçları verilmiştir. YSA' ya ait model görünümü, performans ve eğitim grafikleri ve regresyon katsayısı grafiği Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9' da verilmektedir.

Çizelge 4.26. Denizyollarında enerji tüketimi için ysa modelinin tahmin değerleri

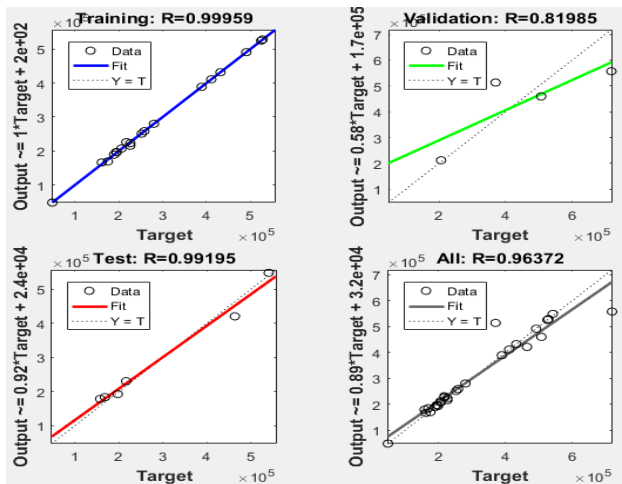
Modeller	HKO	YHO (%)	R
Yapay Sinir Ağları	1786726958,4754	4,6616	0.9637



Şekil 4.7. Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için ysa model görünümü



Şekil 4.8. Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için ysa modelinin performans ve eğitim görünümü



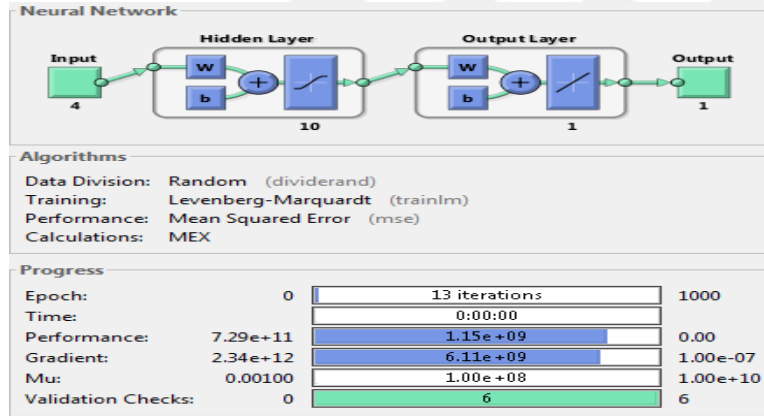
Şekil 4.9. Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için ysa modelinin regresyon katsayısı grafiği

4.4.4. Havayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

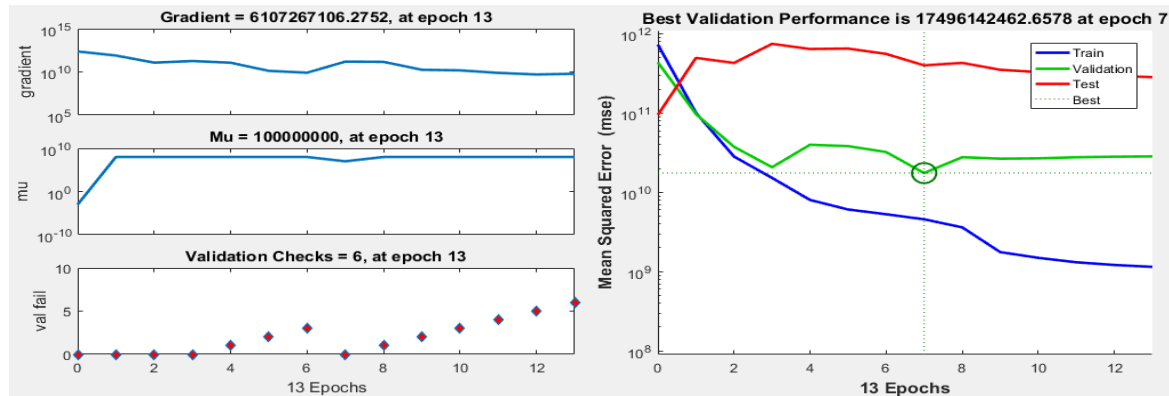
Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için, 1988-2016 yılları arasındaki veri seti kullanılarak yapılan analizler sonucunda tek gizli katmana sahip ve bu katmanda 10 adet nöronu bulunan model en iyi sonucu vermektedir. Bu modelde girdi içintanjant sigmoid ve çıktı için purelin transfer fonksiyonu kullanılmaktadır. Analizler sonucunda bu modelin eğitim algoritması Levenberg-Marquardt (LM) olarak belirlenmektedir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen değeri Çizelge 4.27 'de verilmektedir. YSA' ya ait model görünümü, performans ve eğitim grafikleri ve regresyon katsayısı grafiği Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12' de verilmektedir.

Çizelge 4.27. Havayollarında enerji tüketimi için ysa modelinin tahmin değerleri

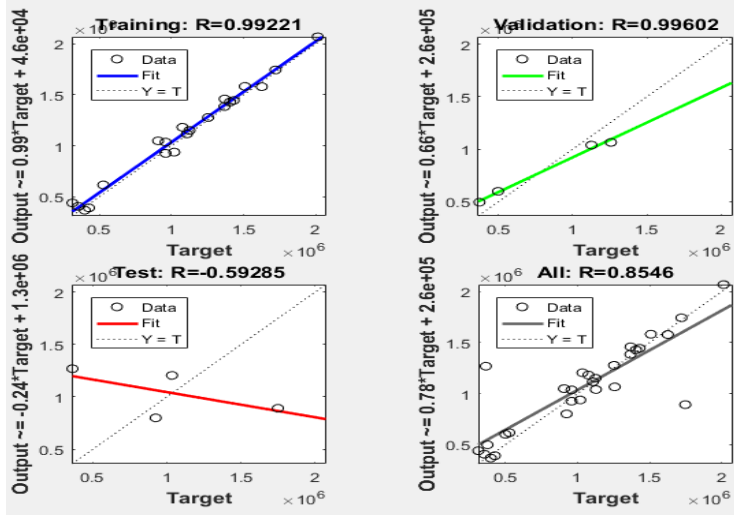
Modeller	HKO	YHO (%)	R
Yapay Sinir Ağları	26341153522,5271	10,6019	0,9417



Şekil 4.10. Havayollarında enerji tüketimi tahmini için ysa model görünümü



Şekil 4.11. Havayollarında enerji tüketimi tahmini için ysa modelinin performans ve eğitim görünümü



Şekil 4.12. Havayollarında enerji tüketimi tahmini için ysa modelinin regresyon katsayısı grafiği

4.5. Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketim Değerlerinin Logaritmik Regresyon İle Tahmin Edilmesi

4.5.1. Karayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

Karayolları enerji tüketimi için logaritmik regresyon yöntemi ile yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.28 ' de verilmektedir. Logaritmik regresyon modelinin denkleminde; ET, KU, TK, YK, MTA, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Elde edilen katsayılar Eş 3.9' da yerine yazılarak Eş 4.17 oluşturulmaktadır.

$$ET=2.6840*10^{-11}*KU^{-0.2679}*TK^{-0.0536}*YK^{0.5843}*MTA^{-0.1704}*N^{2.2433}*GSYMH^{-0.0041} \quad (4.17)$$

Çizelge 4.28. Karayollarında enerji tüketimi için logaritmik regresyon modelinin tahmin değerleri

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Logaritmik Regresyon	516058122759,7840	4,4499	0,9875

4.5.2. Demiryollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

Demiryollarında enerji tüketimi için logaritmik regresyon yöntemi ile yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler çizelge 4.29 ' te hesaplanmaktadır. Logaritmik regresyon modelinin denkleminde; ET, KU, TK, YK, MTA, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Elde edilen katsayılar Eş 3.9' da yerine yazılarak Eş 4.18 oluşturulmaktadır.

$$ET=2.1372*HU^{-1.1334}*TK^{0.0120}*YM^{0.4845}*N^{0.9291}*GSYMH^{-0.3358} \quad (4.18)$$

Çizelge 4.29. Demiryollarında enerji tüketimi için logaritmik regresyon modelinin tahmin değerleri

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Logaritmik Regresyon	571281451,3443	8,0475	0,7403

4.5.3. Denizyollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

Logaritmik regresyon modelinin denkleminde; ET, KU, TK, YK, MTA, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Elde edilen katsayılar Eş 3.9' da yerine yazılarak Eş 4.19 oluşturulmaktadır. Denizyollarında enerji tüketimi için logaritmik regresyon yöntemi ile yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.30' da verilmektedir.

$$ET=2.5871*10^{11}*YK^{0.0913}*N^{-0.9708}*GSYMH^{0.3768} \quad (4.9)$$

Çizelge 4.30. Denizyollarında enerji tüketimi için logaritmik regresyon modelinin tahmin değerleri

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Logaritmik Regresyon	13458989119,0920	43,8699	0,7219

4.5.4. Havayollarında enerji tüketim değerlerinin tahmini

Havayollarında enerji tüketimi için logaritmik regresyon yöntemi ile yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.31' de yer almaktadır. Logaritmik regresyon modelinin denkleminde; ET, KU, TK, YK, MTA, N ve GSYMH regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmaktadır. Elde edilen katsayılar Eş 3.9' da yerine yazılarak Eş 4.20 oluşturulmaktadır.

$$ET=2.5188*10^{35}*YS^{-0.7798}*N^{2.1815}*GSYMH^{0.3768} \quad (4.20)$$

Çizelge 4.31. Havayollarında enerji tüketimi için logaritmik regresyon modelinin tahmin değerleri

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Logaritmik Regresyon	516058122759.7840	4.4499	0.9875

4.6. Enerji Yoğunluğu Değerlerinin Karşılaştırması

Enerji yoğunluğu değerleri yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrı ayrı karşılaştırılmaktadır. Çizelge 4.32’ de yük taşımacılığı enerji yoğunluğu değerleri karayolları, demiryolları, denizyolları ve havayollarına göre 1988 -2017 yılları arasındaki bulunan değerler yer almaktadır. Karayollarının 1988 yılındaki enerji yoğunluğu değeri 0,000051 toe/tkm iken 2017 deki 0,000052 toe/tkm olmaktadır. Karayollarında bu yıllar arasında ciddi dalgalanmalar meydana gelmekte en küçük değeri 0,000033 toe/tkm değerine kadar düşmektedir. Demiryollarının 1988 yılındaki enerji yoğunluğu değeri 0,000004 toe/tkm iken 2017 deki değeri 0,000005 toe/tkm olmaktadır. Demiryollarında bu yıllar arasındaki en küçük değer 2009 yılındaki 0,000003 toe/tkm değeridir. Havayollarındaki enerji yoğunluğu değerleri 1988 yılında 0,000490 toe/tkm değerine sahipken 2017 yılında 0,000042 toe/tkm değerine düşmektedir. Havayolları enerji yoğunluğu değerlerinde 2006-2016 yılları arasında bulunmamaktadır. Denizyollarının 1988 yılındaki enerji yoğunluğu değeri 0.000017 toe/tkm 2017 yılında enerji yoğunluğu değeri 0.000445 toe/tkm olmaktadır. Havayollarında olduğu gibi denizyollarında da 2006 ile 2016 yılları arasındaki 10 yıllık veri bulunmamaktadır.

Çizelge 4.32. Türlerine göre yük taşımacılığında enerji yoğunluğu değerleri

TOE/Tkm				
Yıllar	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
1988	0,000051	0,000004	0,000017	0,000490
1989	0,000048	0,000004	0,000024	0,000483
1990	0,000052	0,000004	0,000022	0,000315
1991	0,000052	0,000005	0,000022	0,000521
1992	0,000050	0,000005	0,000025	0,000422
1993	0,000050	0,000004	0,000025	0,000376
1994	0,000048	0,000005	0,000024	0,000300
1995	0,000045	0,000006	0,000028	0,000446
1996	0,000046	0,000006	0,000027	0,000495
1997	0,000042	0,000006	0,000027	0,000482
1998	0,000033	0,000005	0,000028	0,000458
1999	0,000037	0,000005	0,000025	0,000391
2000	0,000036	0,000005	0,000024	0,000403
2001	0,000039	0,000005	0,000031	0,000521
2002	0,000040	0,000005	0,000032	0,000177
2003	0,000042	0,000005	0,000035	0,000446
2004	0,000042	0,000005	0,000047	0,000680
2005	0,000041	0,000006	0,000045	0,003490
2006	0,000042	0,000006	-	-
2007	0,000046	0,000004	-	-
2008	0,000043	0,000004	-	-
2009	0,000045	0,000003	-	-
2010	0,000045	0,000004	-	-

Çizelge 4.32. (Devam) Türlerle göre yük taşımacılığında enerji yoğunluğu değerleri

TOE/Tkm				
Yıllar	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
2011	0,000047	0,000003	-	-
2012	0,000046	0,000005	-	-
2013	0,000048	0,000006	-	-
2014	0,000047	0,000005	-	-
2015	0,000051	0,000005	-	-
2016	0,000052	0,000004	-	-
2017	0,000052	0,000005	0,000042	0,000445

Çizelge 4.33'te yolcu taşımacılığı enerji yoğunluğu değerleri karayolları, demiryolları, denizyolları ve havayolları olarak 1988-2017 yılları arasındaki bulunan değerler yer almaktadır. Karayollarının 1988 yılındaki enerji yoğunluğu değeri 0,000034 toe/tkm iken 2017 deki 0,000039 toe/tkm olmaktadır. Karayollarında bu yıllar arasındaki en küçük değer 1998 yılındaki 0,000022 toe/tkm değeridir. Demiryollarının 1988 yılındaki enerji yoğunluğu değeri 0,000031 toe/tkm iken 2017 deki değeri 0,000032 toe/tkm olmaktadır. Demiryollarında bu yıllar arasında ciddi dalgalanmalar meydana gelmekte en küçük değeri 0,000025 toe/tkm değerine kadar düşmektedir. Havayollarındaki enerji yoğunluğu değerleri 1988 yılında 0,000357 toe/tkm değerine sahipken 2017 yılında 0,000275 toe/tkm değerine düşmektedir. Havayolları enerji yoğunluğu değerleri yük taşımacılığında olduğu gibi yolcu taşımacılığında da 2005-2016 yılları arasında bulunmamaktadır. Denizyollarının 1988 yılındaki enerji yoğunluğu değeri 0.000008 toe/tkm 2017 yılında enerji yoğunluğu değeri 0.000021 toe/tkm olmaktadır. Havayollarında olduğu gibi denizyollarında da 2005 ile 2016 yılları arasındaki veri bulunmamaktadır.

Çizelge 4.33. Türlerle göre yolcu taşımacılığında enerji yoğunluğu değerleri

TOE/Ykm				
Yıllar	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
1988	0,000034	0,000031	0,000008	0,000357
1989	0,000032	0,000029	0,000012	0,000352
1990	0,000034	0,000032	0,000011	0,000230
1991	0,000033	0,000035	0,000011	0,000370
1992	0,000031	0,000032	0,000013	0,000291
1993	0,000031	0,000032	0,000013	0,000257
1994	0,000031	0,000035	0,000012	0,000206
1995	0,000029	0,000038	0,000014	0,000308
1996	0,000030	0,000043	0,000013	0,000327
1997	0,000028	0,000039	0,000013	0,000315
1998	0,000022	0,000037	0,000014	0,000302
1999	0,000025	0,000036	0,000012	0,000253
2000	0,000025	0,000038	0,000012	0,000256
2001	0,000026	0,000037	0,000016	0,000341

Çizelge 4.33. (Devam) Türlerine göre yolcu taşımacılığında enerji yoğunluğu değerleri

TOE/Ykm				
Yıllar	Karayolları	Demiryolları	Denizyolları	Havayolları
2002	0,000027	0,000040	0,000016	0,000116
2003	0,000028	0,000037	0,000017	0,000284
2004	0,000028	0,000038	0,000024	0,000437
2005	0,000028	0,000046	-	-
2006	0,000027	0,000044	-	-
2007	0,000029	0,000032	-	-
2008	0,000027	0,000026	-	-
2009	0,000026	0,000025	-	-
2010	0,000026	0,000026	-	-
2011	0,000027	0,000026	-	-
2012	0,000028	0,000031	-	-
2013	0,000029	0,000037	-	-
2014	0,000031	0,000037	-	-
2015	0,000035	0,000033	-	-
2016	0,000039	0,000031	-	-
2017	0,000039	0,000032	0,000021	0,000275

4.7. Enerji Tüketim Değerlerinin Karşılaştırması

Yapılan bu çalışmada; ulaştırma sistemlerinde enerji tüketimi tahmini için kullanılan yöntemlerden ilki çok değişkenli lineer regresyon yöntemlerinden lineer, interaction, quadratic ve purequadratic, ikinci yöntem logaritmik regresyon ve üçüncü yöntem olarak YSA kullanılmaktadır. Kullanılan bu yöntemler R, HKO ve YHO kriterleri baz alınarak karşılaştırma yapılmaktadır. Karayollarında, demiryollarında, denizyollarında ve havayollarında enerji tüketimi için yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.34, 4.35, 4.36 ve 4.37' de verilmektedir.

Çizelge 4.34. Karayollarında enerji tüketimi tahmini için modellerin karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	452119695710.012	4.8136	0.9888
İnteraction Regresyon	22194104740.3475	0.9600	0.9995
Quadratic Regresyon	5806018987.9117	0.5068	0.9999
Purequadratic Regresyon	114864348772.776	2.2758	0.9972
Logaritmik Regresyon	516058122759.7840	4.4499	0.9875
Yapay Sınır Ağları	531346781872.4300	5.5871	0.9870

Çizelge 4.35. Demiryollarında enerji tüketimi tahmini için modellerin karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	410660386.5972	7.0089	0.8209
İnteraction Regresyon	164612862.7600	3.8324	0.9324
Quadratic Regresyon	144747489.4374	3.6284	0.9408
Purequadratic Regresyon	290900416.3568	5.5330	0.8769
Logaritmik Regresyon	571281451.3443	8.0475	0.7403
Yapay Sinir Ağları	63870745,2578	2.2466	0.9064

Çizelge 4.36. Denizyollarında enerji tüketimi tahmini için modellerin karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	11105351999.0495	42.2439	0.7390
İnteraction Regresyon	3650889045.1076	14.7408	0.9224
Quadratic Regresyon	3008603968.6101	13.9199	0.9365
Purequadratic Regresyon	3155946864.2017	14.3607	0.9333
Logaritmik Regresyon	13458989119.0920	43.8699	0.7219
Yapay Sinir Ağları	1786726958.4754	4,6616	0,9637

Çizelge 4.37. Havayollarında enerji tüketimi tahmini için modellerin karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	74534302521.2567	27.5794	0.8135
İnteraction Regresyon	42759359014.9716	18.5613	0.8977
Quadratic Regresyon	40470266414.8239	18.6885	0.9035
Purequadratic Regresyon	55278551895.3869	24.9523	0.8655
Logaritmik Regresyon	92328370630.4314	26.8397	0.7690
Yapay Sinir Ağları	26341153522.5271	10.6019	0.9417

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ulaştırma sistemlerinde enerji tüketiminin yük taşımacılığı ve yolcu taşımacılığı olarak ayrılması gerekmektedir. Yük ve yolcu taşımacılığına göre enerji tüketim değerlerine ulaşılması enerji yoğunluğu değerlerinin hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Yük taşımacılığında enerji yoğunluğu değeri, enerji tüketim miktarının, aktivite (ton-km) değerine bölünerek bulunmaktadır. Bununla birlikte yolcu taşımacılığındaki enerji yoğunluğu değerleri de, enerji tüketim miktarının, aktivite (yolcu-km) değerine bölümü ile bulunmaktadır.

Ülkemizde ulaştırma sistemlerindeki enerji tüketim değerleri yük ve yolcu taşımacılığına göre ayrılarak tutulmamaktadır. Bundan dolayı Türkiye'nin enerji yoğunluğu değerleri hesaplanamamaktadır. Bu çalışmada ülkemizdeki enerji tüketim verilerini yük ve yolcu taşımacılığına göre ayırmak için Kanada'nın verilerinden faydalanılmaktadır.

Kanada'nın enerji tüketim verileri yük ve yolcu taşımacılığı olarak ayrı hesaplanmaktadır. Bu verilerden faydalanarak yıllara bağlı olarak yük taşımacılığı ile yolcu taşımacılığına göre ayrılması için arasındaki oran hesaplanmaktadır. 1990 ile 2016 yılları arasındaki oranların değişimine bakılırsa, karayolları yük taşımacılığının oranının %33 ile %45 arasında değiştiği görülmektedir. Karayolları yolcu taşımacılığının oranları %67 ile %55 arasında değişmektedir.

Yük taşımacılığında demiryollarının oranları %96 ile %98 arasında değer almaktadır. Demiryollarının yolcu taşımacılığı değerleri %4 ile %2 arasındadır. Kanada'nın denizyolları yolcu taşımacılığı ihmal edildiği için bütün enerji tüketiminin yük taşımacılığında olduğu kabul edilmektedir. Havayollarının yük taşımacılığındaki oranları ise 1990 yılında %0,3 iken 2016 da %0,2 olmaktadır. Havayollarının yolcu taşımacılığındaki oranları ise %97 ile %98 arasında değişmektedir.

Kanada ulaştırma sistemindeki enerji tüketim değerlerinden faydalanarak yük ve yolcu taşımacılığında enerji tüketimi için ayırım katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu ayırım katsayıları kullanılarak Türkiye' deki ulaştırma sisteminde enerji tüketim değerleri türlere göre yük ve yolcu taşımacılığına ayırmak için ayırım yüzde oranları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu ayırım yüzde oranları Türkiye'nin yük ve yolcu taşımacılığındaki enerji

tüketim değerlerinin bulunmasında yardımcı olmaktadır. Enerji tüketim değerleri yük ve yolcu taşımacılığı için ayrıldıktan sonra enerji yoğunlu değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplar sonucunda bulunan enerji yoğunlu değerleri incelendiğinde Türkiye ulaştırma sektöründe gittikçe artan bir verimsizlik olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada aynı zamanda regresyon ve yapay zekâ teknikleri kullanılarak enerji tüketim değerleri tahmin edilmektedir. Karayollarının toplam enerji tüketiminin tahmininde çok değişkenli lineer regresyon türü olan quadratic regresyon 5806018987,9117, HKO değeriyle en iyi sonucu vermektedir. YHO kriterini dikkate aldığımızda yine quadratic regresyon %0,5068 değeriyle en iyi sonucu vermektedir. R değerlerine baktığımızda 0,9999 değeriyle quadratic regresyon yine en iyi sonucu vermektedir. Bütün kriterleri düşünerek quadratic regresyonun Karayolları Enerji Tüketimi tahmininde en başarılı modeli oluşturduğu söyleyebiliriz.

Demiryollarında Enerji Tüketim tahminindeki sonuçları incelediğimizde, YSA'nın en iyi modeli oluşturduğunu görmekteyiz. Burada YSA analizi sonucunda elde edilen HKO değeri 63870745,2578, YHO değeri %2,2466, R değeri ise 0,9064'tür. Böylece YSA'nın demiryolları enerji tüketim tahminini en iyi şekilde yaptığı bulunmaktadır.

Denizyollarında enerji tüketim değerleri tahmini için oluşturduğumuz modellerin sonuçlarını karşılaştırsak en iyi modelin YSA yöntemiyle oluşturulduğu bulunmaktadır. HKO kriterini dikkate aldığımızda 1786726958,4754 değeriyle, YHO kriterini dikkate aldığımızda %4,6616 değeriyle ve R değerini dikkate aldığımızda 0,9637 değeriyle YSA modeli en iyi sonuçlara ulaşmaktadır.

Havayollarında enerji tüketim değerleri tahmini için yine lineer regresyon, interaction regresyon, quadratic regresyon, purequadratic regresyon, logaritmik regresyon ve YSA yöntemleri karşılaştırılmaktadır. Oluşturulan modellere baktığımızda havayolları enerji tüketiminde en iyi sonucun YSA tarafından oluşturulan modelle bulunduğu görülmektedir. YSA modelinin HKO değeri 26341153522,5271, YHO değeri %10,6019, R değeri 0,9417'dir.

KAYNAKLAR

- Achour, H., & Belloumi, M. (2016). Decomposing the influencing factors of energy consumption in Tunisian transportation sector using the LMDI method. *Transport Policy*, 52, 64-71.
- Androjić, I., & Dolaček-Alduk, Z. (2018). Artificial neural network model for forecasting energy consumption in hot mix asphalt (HMA) production. *Construction and Building Materials*, 170, 424-432.
- Araújo, J. P. C., Palha, C. A., Martins, F. F., Silva, H. M., & Oliveira, J. R. (2019). Estimation of energy consumption on the tire-pavement interaction for asphalt mixtures with different surface properties using data mining techniques. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 67, 421-432.
- Batur, İ., Bayram, I. S., & Koc, M. (2019). Impact assessment of supply-side and demand-side policies on energy consumption and CO₂ emissions from urban passenger transportation: The case of Istanbul. *Journal of Cleaner Production*, 219, 391-410.
- Beheshtian, A., Donaghy, K. P., Gao, H. O., Safaie, S., & Geddes, R. (2018). Impacts and implications of climatic extremes for resilience planning of transportation energy: A case study of New York city. *Journal of cleaner production*, 174, 1299-1313.
- Beşikçi, E. B., Arslan, O., Turan, O., & Ölçer, A. I. (2016). An artificial neural network based decision support system for energy efficient ship operations. *Computers & Operations Research*, 66, 393-401.
- Bigazzi, A. (2019). Comparison of marginal and average emission factors for passenger transportation modes. *Applied Energy*, 242, 1460-1466
- Ceylan, H., & Ozturk, H. K. (2004). Estimating energy demand of Turkey based on economic indicators using genetic algorithm approach. *Energy Conversion and Management*, 45(15-16), 2525-2537.
- Ceylan, H., Ceylan, H., Haldenbilen, S., & Baskan, O. (2008). Transport energy modeling with meta-heuristic harmony search algorithm, an application to Turkey. *Energy policy*, 36(7), 2527-2535.
- Chai, J., Lu, Q. Y., Wang, S. Y., & Lai, K. K. (2016). Analysis of road transportation energy consumption demand in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 112-124.
- Chen, W., & Lei, Y. (2017). Path analysis of factors in energy-related CO₂ emissions from Beijing's transportation sector. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 50, 473-487.
- Dargahi, H., & Khameneh, K. B. (2019). Energy intensity determinants in an energy-exporting developing economy: Case of Iran. *Energy*, 168, 1031-1044.

- Djekic, I., Smigic, N., Glavan, R., Miocinovic, J., & Tomasevic, I. (2018). Transportation sustainability index in dairy industry–Fuzzy logic approach. *Journal of cleaner production*, 180, 107-115.
- Đozić, D. J., & Urošević, B. D. G. (2019). Application of artificial neural networks for testing long-term energy policy targets. *Energy*, 174, 488-496.
- Farajzadeh, Z., & Nematollahi, M. A. (2018). Energy intensity and its components in Iran: Determinants and trends. *Energy Economics*, 73, 161-177.
- Feng, C., & Wang, M. (2018). Analysis of energy efficiency in China's transportation sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 565-575.
- Fernández, P. M., Román, C. G., & Franco, R. I. (2016). Modelling electric trains energy consumption using Neural Networks. *Transportation research procedia*, 18, 59-65.
- Fernández-Rodríguez, A., Fernández-Cardador, A., & Cucala, A. P. (2018). Balancing energy consumption and risk of delay in high speed trains: A three-objective real-time eco-driving algorithm with fuzzy parameters. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 95, 652-678.
- Gallardo, P., Díaz, J. P., Quintana, P., Cevallos, I., León, P., & Guillén, J. (2018). Energy intensity of road freight transport of liquid fuels for automotive use in Ecuador: Assessment of changes in logistics. *Case studies on transport policy*, 6(2), 289-296.
- Gao, J., Wang, J., & Zhao, J. (2012). Decoupling of transportation energy consumption from transportation industry growth in china. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 43, 33-42.
- Gucwa, M., & Schäfer, A. (2013). The impact of scale on energy intensity in freight transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 23, 41-49.
- Hajko, V. (2014). The energy intensity convergence in the transport sector. *Procedia Economics and Finance*, 12, 199-205.
- Jassim, H. S., Lu, W., & Olofsson, T. (2018). Assessing energy consumption and carbon dioxide emissions of off-highway trucks in earthwork operations: An artificial neural network model. *Journal of cleaner production*, 198, 364-380.
- Jiang, J. (2015). A factor decomposition analysis of transportation energy consumption and related policy implications. *IATSS research*, 38(2), 142-148.
- Kanarachos, S., Mathew, J., & Fitzpatrick, M. E. (2019). Instantaneous vehicle fuel consumption estimation using smartphones and recurrent neural networks. *Expert Systems with Applications*, 120, 436-447.
- Kaya, İ., Çolak, M., & Terzi, F. (2019). A comprehensive review of fuzzy multi criteria decision making methodologies for energy policy making. *Energy Strategy Reviews*, 24, 207-228.

- Khan, H. U. R., Siddique, M., Zaman, K., Yousaf, S. U., Shoukry, A. M., Gani, S., ... & Saleem, H. (2018). The impact of air transportation, railways transportation, and port container traffic on energy demand, customs duty, and economic growth: Evidence from a panel of low-, middle-, and high-income countries. *Journal of Air Transport Management*, 70, 18-35.
- Meng, F., Liu, G., Yang, Z., Casazza, M., Cui, S., & Ulgiati, S. (2017). Energy efficiency of urban transportation system in Xiamen, China. An integrated approach. *Applied energy*, 186, 234-248.
- Muñoz, P. M., Correa, G., Gaudio, M. E., & Fernández, D. (2017). Energy management control design for fuel cell hybrid electric vehicles using neural networks. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(48), 28932-28944.
- Qi, X., Wu, G., Boriboonsomsin, K., & Barth, M. J. (2018). Data-driven decomposition analysis and estimation of link-level electric vehicle energy consumption under real-world traffic conditions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 64, 36-52.
- Rajak, S., Parthiban, P., & Dhanalakshmi, R. (2016). Sustainable transportation systems performance evaluation using fuzzy logic. *Ecological Indicators*, 71, 503-513.
- Ruiz, L. G. B., Capel, M. I., & Pegalajar, M. C. (2019). Parallel memetic algorithm for training recurrent neural networks for the energy efficiency problem. *Applied Soft Computing*, 76, 356-368.
- Siami-Irdemoosa, E., & Dindarloo, S. R. (2015). Prediction of fuel consumption of mining dump trucks: A neural networks approach. *Applied Energy*, 151, 77-84.
- Sonmez, M., Akgüngör, A. P., & Bektaş, S. (2017). Estimating transportation energy demand in Turkey using the artificial bee colony algorithm. *Energy*, 122, 301-310.
- Şen Z, 2004. Mühendislikte Bulanık Mantık İle Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şen Z, 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri. Bilge Kültür Sanat Yayıncılık İstanbul.
- Tomar, A. S., Singh, M., Sharma, G., & Arya, K. V. (2018). Traffic management using logistic regression with fuzzy logic. *Procedia computer science*, 132, 451-460.
- Torrie, R. D., Stone, C., & Layzell, D. B. (2016). Understanding energy systems change in Canada: 1. Decomposition of total energy intensity. *Energy Economics*, 56, 101-106.
- Widyaparaga, A., Sopha, B. M., Budiman, A., Muthohar, I., Setiawan, I. C., Lindasista, A., ... & Oka, K. (2017). Scenarios analysis of energy mix for road transportation sector in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 13-23.
- Wu, Y., Zhu, Q., Zhong, L., & Zhang, T. (2018). Energy consumption in the transportation

sectors in China and the United States: A longitudinal comparative study. *Structural Change and Economic Dynamics*.

Xie, S., Hu, X., Qi, S., & Lang, K. (2018). An artificial neural network-enhanced energy management strategy for plug-in hybrid electric vehicles. *Energy*, 163, 837-848.

Yan, X., & Crookes, R. J. (2010). Energy demand and emissions from road transportation vehicles in China. *Progress in Energy and Combustion Science*, 36(6), 651-676.

Zeng, C., Wu, C., Zuo, L., Zhang, B., & Hu, X. (2014). Predicting energy consumption of multiproduct pipeline using artificial neural networks. *Energy*, 66, 791-798.

Zhang, M., Li, H., Zhou, M., & Mu, H. (2011). Decomposition analysis of energy consumption in Chinese transportation sector. *Applied Energy*, 88(6), 2279-2285.

Zhao, L., Qu, S., Zhang, W., & Xiong, Z. (2019). An energy-saving fuzzy control system for highway tunnel lighting. *Optik*, 180, 419-432.

Zheng, J., Zhang, H., Yin, L., Liang, Y., Wang, B., Li, Z., ... & Zhang, Y. (2019). A voyage with minimal fuel consumption for cruise ships. *Journal of Cleaner Production*, 215, 144-153.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, ad :SAKİN, Rukiye
 Uyuğu :T.C.
 Doğumtarhiveyeri :15.01.1988, Adıyaman
 Medenihali :Bekâr
 Telefon :0(531)371 00 24
 Faks :-
 e-mail :rasplanproje@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yükseklisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Mustafa Kemal Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2011
Lise	Mersin Dumlupınar Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-Halen	Ras Plan Proje İnş. Tah. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Genel Müdür
2011-2014	Özgün İnş. Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti.	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Yüzme, Kitap Okuma, Gezmek.

DİZİN

A

Abstract · v
 Analiz · iv, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12,
 13, 14, 15, 16, 18, 21, 22, 23,
 41, 42, 43, 61, 62, 63, 64, 65,
 66, 68, 69, 71, 72, 73, 76, 79
 Aktivite · iv, vii, ix, x, xiii, 2, 24,
 25, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35,
 46, 47, 49, 50, 51, 60, 78

D

Demiryolları · iv, vii, viii, ix, x, xi,
 xii, xiii, xiv, 2, 17, 20, 21, 25,
 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35,
 36, 38, 39, 45, 46, 47, 48, 49,
 50, 51, 54, 55, 56, 63, 64, 68,
 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78,
 79
 Değer · iv, vii, viii, ix, x, xi, xii,
 xiv, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12,
 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22,
 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 33,
 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41,
 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51,
 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59,
 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68,
 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78,
 79
 Değişken · iv, vii, viii, xi, 1, 2, 5, 7,
 17, 18, 19, 21, 34, 35, 37, 38,
 39, 40, 41, 42, 61, 62, 63, 64,
 65, 66, 76, 79
 Denizyolları · iv, vii, viii, ix, x, xi,
 xii, xiii, 2, 25, 27, 28, 29, 30,
 32, 33, 35, 36, 39, 40, 41, 45,
 46, 47, 48, 49, 50, 51, 56, 57,
 58, 59, 64, 65, 69, 70, 71, 73, 74,
 75, 76, 77, 78, 79

E

Enerji · iv, vi, vii, viii, ix, x, xi, xii,
 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19,
 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27,
 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36,
 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46,
 47, 48, 49, 50, 61, 52, 53, 54,
 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63,
 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79

H

Hesap · iv, vii, 1, 5, 8, 9, 12, 13,
 15, 16, 17, 20, 21, 24, 25, 26,

31, 33, 34, 35, 36, 42, 71, 78,
 79
 Havayolları · iv, vii, viii, ix, x, xi,
 xii, xiv, 2, 25, 27, 58, 29, 30,
 32, 33, 35, 36, 40, 41, 45, 46,
 47, 48, 49, 50, 51, 59, 60, 61,
 65, 66, 71, 72, 73, 74, 75, 76,
 77, 78, 79

K

Katsayı · iv, vii, x, xiii, xiv, 2, 24,
 25, 34, 35, 36, 37, 42, 47, 61,
 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70,
 71, 72, 73, 78
 Karayolları · iv, viii, x, xi, xii, xiii,
 xiv, 2, 12, 25, 26, 27, 28, 29, 30,
 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38,
 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52,
 53, 54, 63, 66, 67, 72, 74, 75,
 76, 78, 79
 Korelasyon · iv, x, 37, 38, 39, 40,
 41

L

Logaritmik · iv, vii, ix, 1, 9, 10,
 11, 23, 42, 43, 66, 68, 69, 72,
 73, 76, 77, 79

M

Model · iv, xi, xii, xiii, 1, 2, 4, 5, 6,
 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,
 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 41,
 42, 43, 61, 62, 63, 64, 65, 66,
 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 76,
 77, 79

Ö

Özet · iv

R

Regresyon · iv, vii, viii, ix, xi, xiii,
 1, 2, 4, 6, 12, 18, 21, 41, 42, 43,
 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68,
 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 79

T

Tüketim · iv, vii, viii, ix, x, xi, xii,
 xiii, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,

11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19,
 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29,
 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38,
 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48,
 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56,
 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65,
 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73,
 76, 77, 78, 79

Tahmin · iv, vii, viii, ix, x, xi, xii,
 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15,
 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 37,
 38, 39, 40, 41, 42, 43, 61, 63,
 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
 72, 73, 76, 77, 79

Taşımacılık · iv, vii, viii, x, xi, xii,
 1, 2, 6, 8, 10, 11, 15, 17, 18, 19,
 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 30,
 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 46,
 47, 48, 49, 50, 51, 53, 55, 56,
 58, 60, 74, 75, 76, 78, 79

U

Ulaştırma · iv, vii, viii, ix, x, 1, 2,
 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16,
 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26,
 28, 29, 31, 36, 37, 43, 44, 45,
 46, 51, 52, 54, 55, 57, 59, 61,
 66, 72, 76, 78, 79

Y

Yük · iv, vii, viii, x, xi, xii, xiv, 1,
 2, 13, 24, 26, 29, 30, 31, 34, 3,
 36, 38, 46, 47, 49, 53, 54, 55,
 56, 58, 60, 74, 75, 78, 79
 Yolcu · iv, vii, viii, x, xi, xii, xiv,
 1, 2, 4, 8, 12, 15, 16, 20, 24, 25,
 26, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35,
 36, 37, 38, 39, 410, 41, 46, 47,
 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55,
 56, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 65,
 74, 75, 76, 78, 79
 Yoğunluk · iv, vii, viii, ix, x, xi,
 xii, 1, 2, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 18,
 20, 21, 23, 24, 25, 31, 32, 33,
 34, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 59,
 60, 61, 74, 75, 76, 78, 79
 Yöntem · iv, vii, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9,
 10, 11, 12, 14, 16, 17, 22, 24,
 42, 62, 64, 65, 66, 72, 73, 76,
 79



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

