

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

MEZUNİYET PROJESİ

Küresel CO2 Emisyon Analizi

İklim Değişikliği Üzerine Veri Odaklı İncoruler

Kapsamlı Çalışma Konuları:

- Tarihsel CO2 Emisyon Trendleri (1990-2024)
- Ülke Bazlı Karşılaştırmalı Analiz
- Makine Öğrenimi Tabanlı Tahminleme
- İnteraktif 3D Görselleştirme

Rapor Tarihi: Aralık 2024

Teknolojiler: Python | Pandas | Scikit-learn | Plotly | Machine Learning

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

1. YONETİCİ ÖZETİ

Bu kapsamlı araştırma raporu, dünya iklim sistemini etkileyen en kritik göstergelerden biri olan küresel karbondioksit (CO2) emisyonlarının derinlemesine analizini sunmaktadır. Çalışma, otuz yılı aşkın bir dönem boyunca (1990-2024) tarihsel emisyon trendlerini incelemekte, büyük ekonomiler genelindeki mevcut kalıpları analiz etmekte ve yakın gelecek (2025-2028) için veriye dayalı projeksiyonlar sağlamaktadır.

Araştırma, tahmine dayalı modelleme için makine öğrenimi algoritmaları ve geliştirilmiş veri keşfi için interaktif 3D görselleştirme teknikleri dahil olmak üzere ileri veri bilimi metodolojileri kullanmaktadır. Bu çalışmanın temel yeniliklerinden biri, zaman serisi analizinde bilgi sızıntısını önleyen 'zaman güvenli' veri ön işleme yöntemlerinin uygulanmasıdır.

Analiz, birlikte küresel CO2 emisyonlarının yaklaşık %60'ini temsil eden altı büyük ülkeyi - Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Rusya, Almanya ve Türkiye - kapsamaktadır. Bu ülkeler, çeşitli ekonomik kalkınma aşamalarını, enerji tüketim kalıplarını ve iklim politikası yaklaşımlarını temsil etmek üzere seçilmiştir.

2. GİRİŞ VE ARASTIRMA HEDEFLERİ

2.1 Arka Plan ve Motivasyon

Baskın olarak insan kaynaklı sera gazı emisyonları tarafından tetiklenen iklim değişikliği, 21. yüzyılın belirleyici sorunlarından birini temsil etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) göre, atmosferik CO2 konsantrasyonları sanayi öncesi dönemden bu yana %50'den fazla artarak yaklaşık 280 ppm'den 2024'te 420 ppm'in üzerine çıkmıştır. Sera gazı konsantrasyonlarındaki bu benzeri görülmemiş artış, küresel sıcaklık artışı, asiri hava olayları ve ekosistem bozulmaları ile doğrudan bağlantılıdır.

Fosil yakıt yanmasından kaynaklanan karbondioksit emisyonları, toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %75'ini oluşturmaktadır. Bu emisyonların kalıplarını, sürüşlerini ve yönelimlerini anlamak, etkili azaltım stratejileri geliştirmek ve küresel ısınmayı sanayi öncesi seviyelerin 1.5-2 santigrat derece üzerinde sınırlamayı amaçlayan Paris Anlaşması gibi uluslararası iklim anlaşmaları hakkında bilgi vermek için zorunludur.

Bu araştırma projesi, mezuniyet tezi kapsamında yürütülmüş olup, modern veri bilimi tekniklerinin gerçek dünya çevre sorunlarına uygulanmasını göstermektedir.

2.2 Araştırma Hedefleri

Bu araştırmanın birincil hedefleri şunlardır:

1. Tarihsel Trend Analizi: 1990-2024 yılları arasındaki CO2 emisyon trendlerini incelemek ve özetlemek, farklı bölgeler ve zaman dilimleri arasındaki temel dönüş noktaları ve büyüme kalıplarını belirlemek.

2. Sürücü Belirleme: GSYİH büyümesi, nüfus dinamikleri, enerji tüketim kalıpları ve endüstriyel gelişim dahil olmak üzere emisyonları yönlendiren temel sosyoekonomik faktörleri belirlemek ve analiz etmek.

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

3. Tahmine Dayalı Modelleme: Güven aralıkları ile nicel tahminler sağlayan, gelecekteki emisyon yönelimlerini (2025-2028) tahmin etmek için makine öğrenimi modelleri geliştirmek.

4. Karsılaştırmalı Analiz: Karbon yoğunluğu, enerji karması ve ayrıştırma başarısı farklılıklarını vurgulayarak altı büyük ekonomideki emisyon profillerini karşılaştırmak.

5. Interaktif Görselleştirme: Mekansal ve zamansal emisyon kalıplarının dinamik kesedilmesini sağlayan yenilikçi 3D görselleştirmeler oluşturmak.

6. Politika Önerileri: Analiz edilen her ülke için kanıta dayalı politika önerileri sentezlemek.

3. VERİ HİKAYESİ VE VERİ SETİ

3.1 Veri Kaynağı ve Kökeni

Bu analizde kullanılan birincil veri seti, Oxford Üniversitesi ile bağlantılı bilimsel bir çevrimici yayın olan 'Our World in Data' (OWID) platformundan alınmıştır. OWID, veri setleri akademik yayınlarda, politika belgelerinde ve uluslararası raporlarda düzenli olarak atıfta bulunulan, küresel kalkınma ve çevre verileri için en kapsamlı ve güvenilir kaynaklardan biri olarak geniş çapta tanınmaktadır.

CO2 emisyonları veri seti (owid-co2-data.csv) aşağıdakiler dahil birden fazla yetkili kaynaktan verileri bir araya getirmektedir:

- Küresel Karbon Projesi: Bölgesel CO2 emisyonları için birincil kaynak
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA): Enerji tüketimi ve yakıtı özgül emisyonlar
- Dünya Bankası: GSYİH ve nüfus istatistikleri
- BP İstatistik İncelemesi: Tarihsel enerji verileri

Veri Özellikleri:

- Zamansal Kapsam: 1750 - 2024 (Analiz 1990-2024'e odaklanmaktadır)
- Cografik Kapsam: 200+ ülke ve bölge
- Toplam Gözlem: Yaklaşık 60.000+ veri noktası
- Güncelleme Sıklığı: Yıllık

3.2 Analizde Kullanılan Degiskenler

Aşağıdaki tablo, bu çalışmada kullanılan temel kategorik ve sayısal değişkenleri sunmaktadır:

Degisken	Aciklama
co2	Toplam CO2 emisyonları (Milyon ton/yıl)
country	Ülke veya bölge adı (kategorik)
year	Gözlem yılı (1750-2024)
gdp	Gayri Safi Yurtici Hasıla (USD, PPP)

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

population	Toplam nüfus
co2_per_capita	Kisi başı CO2 emisyonu (ton/kisi)
co2_per_gdp	Karbon yoğunluğu (kg CO2 / \$ GSYİH)
energy_per_capita	Kisi başı enerji tüketimi (kWh)
coal_co2	Kömür yanmasından CO2
oil_co2	Petrol yanmasından CO2
gas_co2	Doğalgaz yanmasından CO2
consumption_co2	Tüketim tabanlı CO2 (ithalat dahil)

4. METODOLOJİ

4.1 Veri Ön İşleme Hattı

Veri kalitesini sağlamak ve zaman serisi analizindeki yaygın tuzaklardan kaçınmak için titiz bir ön işleme hattı uygulanmıştır:

1. Eksik Değer İşleme: Bu çalışma için özellikle yeni bir 'zaman güvenli' lineer interpolasyon yöntemi geliştirilmiş olup:

- Eğitim verisi (2000-2018): Sadece eğitim dönemi içinde çift yönlü interpolasyon kullanılır
- Test verisi (2019-2024): Sadece geçmiş gözlemlerden ileri doldurma kullanılır, asla gelecek bilgisine erişemez

2. Aykırı Değer Tespiti ve İşleme: Dördüncüler Arası Aralık (IQR) analizi ve Z-skor hesaplamaları dahil istatistiksel yöntemler potansiyel aykırı değerleri belirlemek için uygulanmıştır.

3. Özellik Mühendisliği: Analizi geliştirmek için çeşitli türetilmiş özellikler hesaplanmıştır:

- Yıldan yıla emisyon büyüme oranları
- Karbon yoğunluğu oranları (birim GSYİH başına emisyon)
- Nüfusa normallenmiş metrikler
- Yakıt karması yüzdeleri

4.2 Makine Öğrenimi Yaklaşımı

Model Mimarisi:

- Algoritma: Yorumlanabilirlik ve sınırlı eğitim verisiyle sağlan performans için Çok Değişkenli Lineer Regresyon seçilmiştir
- Özellik Seti: Yıl, GSYİH, nüfus, enerji tüketimi ve yakıta özgü emisyonlar
- Eğitim Dönemi: 2000-2018 (19 yıllık veri)
- Doğrulama Dönemi: 2019-2024 (test için ayrılan 5 yıl)
- Tahmin Ufku: 2025-2028 (geleceğe donuk 4 yıl)

Temel Metodolojik Yenilik - Zaman Güvenli Doğrulama:

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

Geleneksel capraz doğrulama yöntemleri istemeden gelecek bilgisinin geçmiş tahminlere sızmasına neden olabilir ve asiri iyimser performans tahminlerine yol açabilir. Zaman güvenli yaklaşımımız zamansal sıralamayı kesinlikle korur:

- Veri, herhangi bir ön işlemeden önce kronolojik olarak bölünür
- Imputation test verisi için sadece çağdaş veya geçmiş bilgi kullanılır
- Model eğitimi asla test dönemi verisine erişemez

4.3 Model Performans Metrikleri

Model, tutulan test seti (2019-2024) üzerinde standart regresyon metrikleri kullanılarak titizlikle değerlendirilmiştir:

- Kok Ortalama Kare Hatası (RMSE): 6.3652
Yorum: Ortalama olarak tahminler gerçek değerlerden yaklaşık 6.37 milyon ton sapar
- Ortalama Mutlak Hata (MAE): 6.0765
Yorum: Ortalama mutlak tahmin hatası 6.08 milyon tondur
- R-Kare (R²): 0.9359
Yorum: Model CO2 emisyonlarındaki varyansın yaklaşık %93.6'ini açıklamaktadır

Zaman güvenli doğrulama yoluyla elde edilen bu metrikler, gelecek veriler üzerindeki model performansının gerçekçi tahminlerini sağlar.

4.4 Teknolojiler ve Araçlar

Aşağıdaki teknoloji yığını kullanılmıştır:

- Python 3.x: Birincil programlama dili, zengin veri bilimi kütüphane ekosistemi için seçilmiştir
- Pandas: Yüksek performanslı veri manipülasyonu ve analizi
- NumPy: Sayısal hesaplamalar ve dizi işlemleri
- Scikit-learn: Makine öğrenimi model geliştirme ve değerlendirme
- Matplotlib & Seaborn: Yayın kalitesinde statik görselleştirmeler
- Plotly: Animasyon yetenekleri ile interaktif 3D dünya görselleştirmesi
- FPDF: Otomatik PDF rapor oluşturma

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

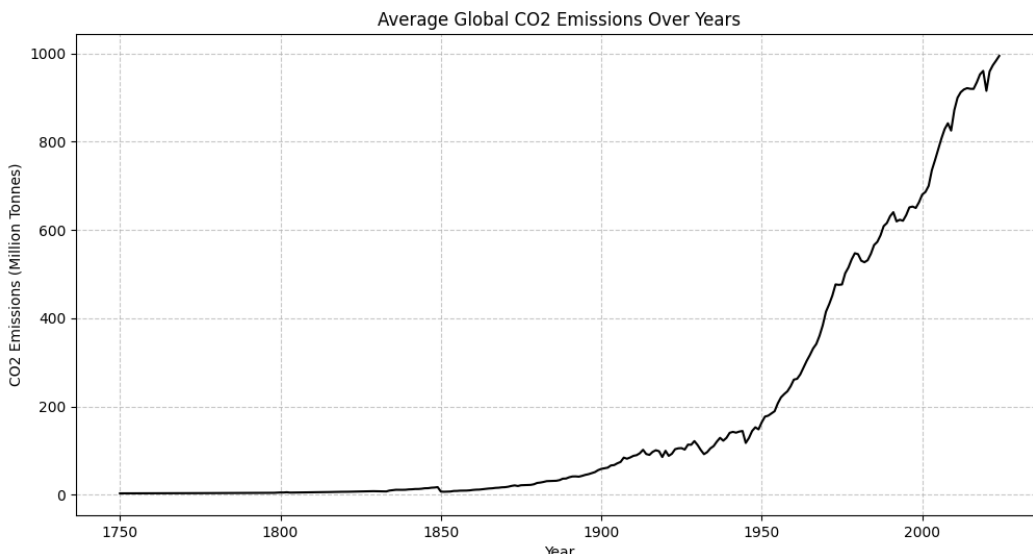
5. TARİHSEL TREND ANALİZİ

5.1 Zamana Göre Kuresel CO2 Emisyonları

Son otuz yıldaki kuresel CO2 emisyonlarının analizi, büyük ekonomik olaylar sırasında kısa kesintilerle noktali tutarlı bir yükseliş yönelimi ortaya koymaktadır. Kuresel emisyonlar 1990'da yaklaşık 22 milyar tondan 2023'te 37 milyar tonun üzerine çıkmış olup %68'lik bir artışı temsil etmektedir.

Tarihsel trendden temel gözlemler:

- İstikrarlı Büyüme (1990-2000):** Baskınlıkla gelişmekte olan ekonomilerdeki sanayileşme tarafından yönlendirilen yıllık yaklaşık %1.5 büyüme oranları.
- Hızlanan Büyüme (2000-2010):** En hızlı büyüme on yılı, Çin'in hızlı sanayileşmesi kuresel emisyonları yılda yaklaşık %3 yukarı itmiştir.
- Plato Girişimleri (2014-2016):** Çin'in ekonomik yeniden dengelenmesi ve gelişmiş ülkelerdeki yenilenebilir enerji genişlemesine atfedilen kısa süreli stabilizasyon.
- COVID-19 Etkisi (2020):** Kuresel kilitlenmeler nedeniyle benzeri görülmemiş %5.4 düşüş, kayıtlı tarihteki en büyük tek yıllık azalma.
- Pandemi Sonrası Toparlanma (2021-2024):** Emisyonlar hızla toparlanmış ve pandemi öncesi seviyeleri aşmıştır, bu da kalıcı azalmalar için enerji sisteminde yapısal değişikliklerin gerekli olduğunu göstermektedir.



Sekil: Kuresel Ortalama CO2 Emisyon Trendi (1990-2024)

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamli Veri Bilimi Calismasi

5.2 Ulkeye Ozgu Emisyon Profilleri

Secilen alti ulkenin karsilastirmali analizi, farkli ekonomik kalkinma yollarini, enerji politikalarini ve demografik trendleri yansitan dramatik olarak farkli emisyon yönelimleri ortaya koymaktadır:

CIN:

Cin, dunyanin en buyuk CO2 yaycisi olarak ortaya cikmis olup, su anda kuresel emisyonlari yaklasik %30'undan sorumludur. Temel ozellikler sunlardir:

- 1990-2024 arasinda emisyonlar yaklaski %400 artmistir
- Komur baskin enerji kaynagi olmaya devam etmektedir (birincil enerjinin >%60'i)
- Son yillar yenilenebilir kapasite hizla genislerken plato isaretleri gostermektedir
- Kisi basi emisyonlar artik AB ortalamasini asmistir ancak ABD seviyelerinin altinda kalmaktadir

AMERIKA BIRLESIK DEVLETLERI:

Tarihsel olarak en buyuk yayci olan ABD artik kuresel olarak ikinci siradadir:

- Zirve emisyonlar 2007'de meydana gelmis, ardindan yaklasik %15 dusus yasanmistir
- Emisyonlari GSYIH buyumesinden basarili ayristirmasi gosterilmistir
- Dogalgazin komuru degistirmesi onemli azalmalari yonlendirmistir
- Buyuk ekonomiler arasinda en yuksek kisi basi emisyonlar (yaklasik 15 ton/kisi)

HINDISTAN:

Hizla gelisen bir ekonomi olarak Hindistan guclu emisyon buyumesi gostermektedir:

- 1990'dan bu yana emisyonlar uc katina cikmistir
- Artik kuresel olarak ucuncu en buyuk yaycidir
- Kisi basi emisyonlar cok dusuk kalmaktadir (yaklasik 1.9 ton/kisi)
- Onemli gunes yatirimina ragmen komur genisleme devam etmektedir

RUSYA:

Rusya'nin emisyonlari benzersiz Sovyet sonrasini dinamikler gostermektedir:

- Ekonomik cokusun ardindan 1990'larda keskin dusus
- 2000'den bu yana kademeli toparlanma, su anda 1990 seviyelerinin yaklasik %15 altinda
- Yerli enerji icin dogalgaza agir bagimlilik
- Onemli fosil yakit ihracatcisi

ALMANYA:

Almanya emisyon azaltmada bir Avrupa basari hikayesini temsil etmektedir:

- 1990 seviyelerinden yaklasik %40 dusus
- Hirslu 'Energiewende' (Enerji Donusumu) politikasi degisimi yonlendirmektedir
- Enerji guvenligini korurken komuru asamali olarak kaldrma zorluklari devam etmektedir

TURKIYE:

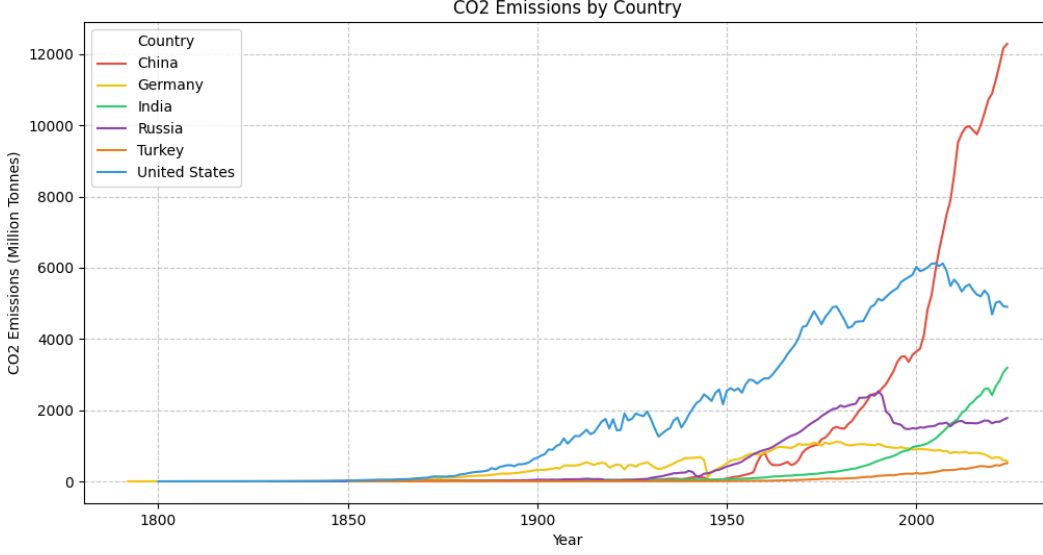
Turkiye gelismekte olan bir ekonominin ozelliklerini gostermektedir:

- 1990'dan bu yana emisyonlar yaklasik %150 artmistir
- Buyuyen ekonomi artan enerji talebini yonlendirmektedir

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamli Veri Bilimi Calismasi

- Onemli komur ve dogalgaz tuketimi
- Yerli yenilenebilir enerji kapasitesi gelistirilmektedir



Sekil: Ulkeye Gore CO2 Emisyonlari (1990-2024)

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

6. İNTERAKTİF 3D GÖRSELLESTİRME

Bu araştırma projesinin temel yeniliklerinden biri, kullanıcıların CO2 emisyon verilerini dinamik olarak keşfetmelerini sağlayan interaktif 3D dünya görselleştirmesinin geliştirilmesidir. Bu görselleştirme, iklim verilerini sunmak için statik grafiklerin ötesine geçen ve sürükleyici mekansal analize olanak tanıyan yenilikçi bir yaklaşımı temsil etmektedir.

Görselleştirme, soyut emisyon istatistiklerini aşağıdakileri kolaylaştırarak sezgisel, ilgi çekici bir formata dönüştürmektedir:

- Ülkeler arasındaki emisyon seviyelerini bir bakışta karşılaştırma
- Animasyonlu oynatma yoluyla zamansal değişiklikleri gözlemleme
- Verilerdeki kalıpları ve aykırılıkları belirleme
- Bulguları teknik olmayan kitlelere etkili bir şekilde iletme

TEMEL GÖRSELLESTİRME ÖZELLİKLERİ:

1. 3D Dönen Dünya: Gerçekçi bir mekansal bağlam sağlayan ortografik dünya projeksiyonu. Dünya, profesyonel sunumlar için uygun, kontrast optimizasyonlu bir tema ile ülke sınırlarını ve coğrafi özellikleri göstermektedir.

2. Dinamik İsaitleyiciler: Analiz edilen her ülke, coğrafi merkezine konumlandırılmış dairesel bir isaretleyle temsil edilmektedir. İsaitleyici özellikleri çok boyutlu emisyon verilerini kodlamaktadır:

- Boyut: Toplam CO2 emisyonları ile orantılı (daha büyük isaretleyciler daha yüksek emisyonları gösterir)
- Renk: Yesilden (düşük etki) kırmızıya (kritik etki) değişen gradyan skalası
- Sıhhet Göstergeleri: Kirlilik yoğunluk seviyelerini belirten görsel ipuçları

3. Zamansal Evrim: Görselleştirme, izleyicilerin 2000'den 2024'e kadar emisyonların evrimine tanık olmalarını sağlayan zamansal bir boyut içermektedir. Bu animasyonlu görünüm, zaman içinde küresel emisyonların değişen merkezini ortaya koymaktadır.

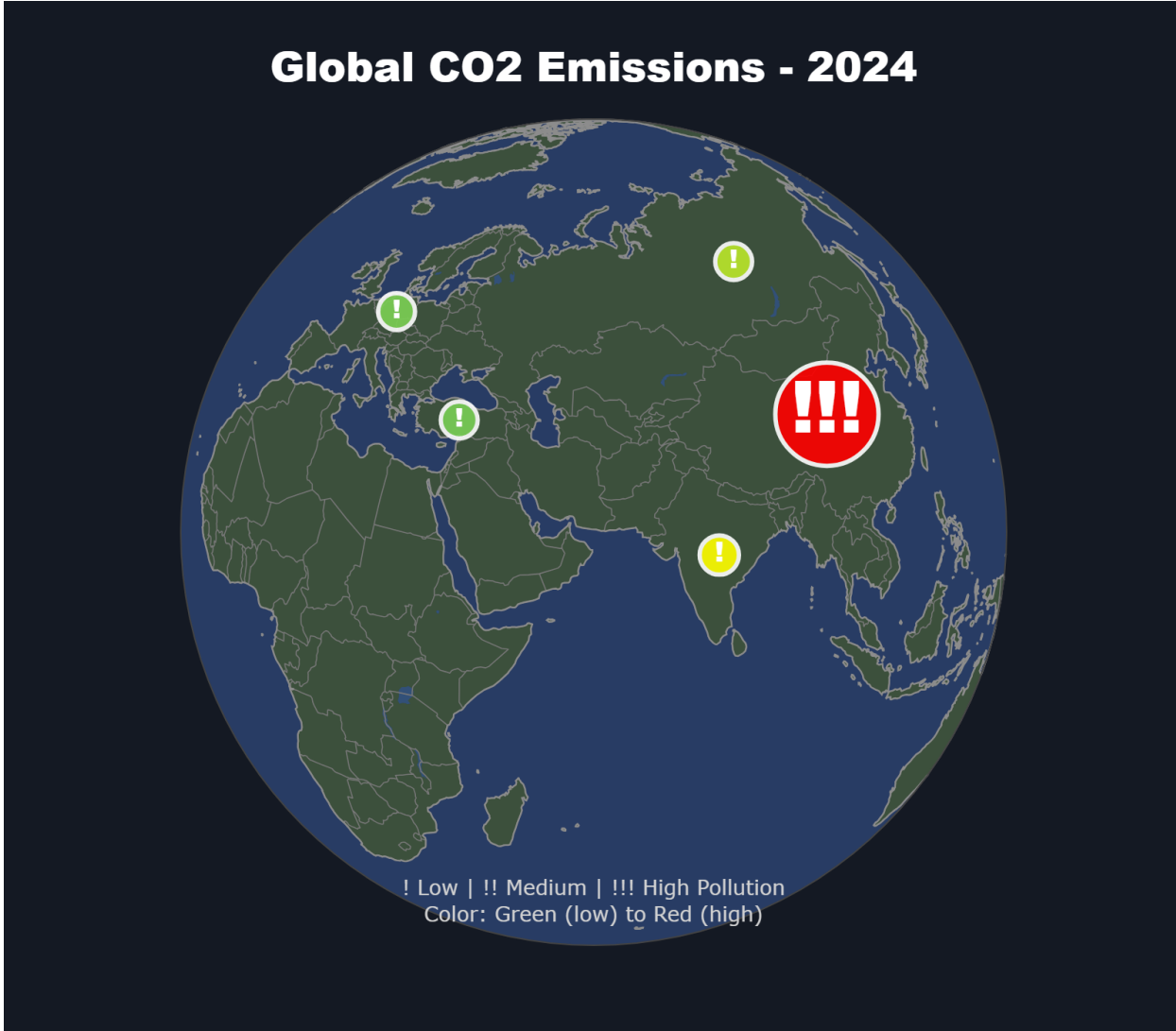
4. Veri Zengini Etkileşim: Sistem, talep üzerine aşağıdakiler dahil olmak üzere ayrıntılı analitik veriler sağlamaktadır:

- Yıllık toplam CO2 emisyonları
- Küresel katkı yüzdeleri
- Kişi başı emisyon metrikleri
- Demografik bağlam

Bu interaktif araç, karmaşık istatistiksel veriler ile kamuoyu anlayışı arasında bir köprü görevi görerek iklim trendleri hakkında daha bilinçli tartışmaları kolaylaştırmaktadır.

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması



Sekil: 3D Dünya: CO2 Emisyonları 2024 - Görselleştirme Anlık Görüntüsü

7. İSTATİSTİKSEL KORELASYON ANALİZİ

CO2 emisyonlarının temel süreçlerini belirlemek için 1990 sonrası veriler üzerinde kapsamlı bir korelasyon analizi yürütülmüştür. Korelasyon matrisi, emisyonlar ve çeşitli sosyoekonomik göstergeler arasındaki ilişkilerin gücünü ve yönünü ortaya koymaktadır.

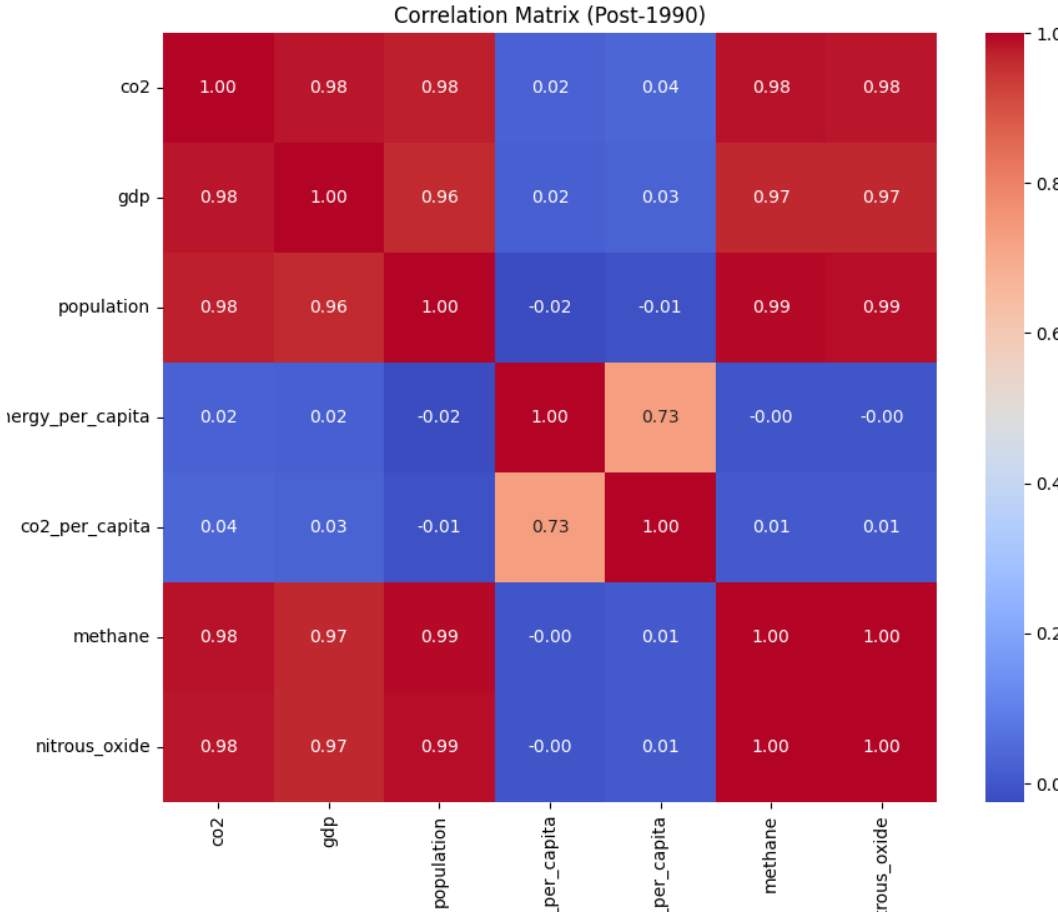
Temel Bulgular:

1. GSYİH-Emisyon İlişkisi ($r = 0.95+$): Küresel düzeyde ekonomik çıktı ve CO2 emisyonları arasında çok güçlü pozitif korelasyon mevcuttur. Ancak bu ilişki ülke kalkınma aşamasına göre önemli ölçüde değişmektedir.

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

- Nüfus-Emisyon Korelasyonu ($r = 0.85+$): Nüfus büyüklüğü toplam emisyonlarla güçlü şekilde ilişkilidir, ancak kişi başı metrikler ülkeler arasında geniş varyasyon göstermektedir.
- Enerji-Emisyon Bağlantısı ($r = 0.90+$): Birincil enerji tüketimi belki de emisyonların en güçlü öncüsüdür, iklim azaltımında enerji sistemlerinin merkezi rolünü vurgulamaktadır.
- Ayrıştırma Kanıtları: Gelişmiş ekonomiler (ABD, Almanya) son yıllarda azalan korelasyon gücü göstermekte olup, ekonomik büyümenin emisyon büyümesinden başarılı kısmi ayrıştırmasını işaret etmektedir.



Sekil: Temel Degiskenlerin Korelasyon Matrisi

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

8. TAHMINE DAYALI MODELLEME VE PROJEKSİYONLAR

8.1 Küresel Emisyon Tahmini (2025-2028)

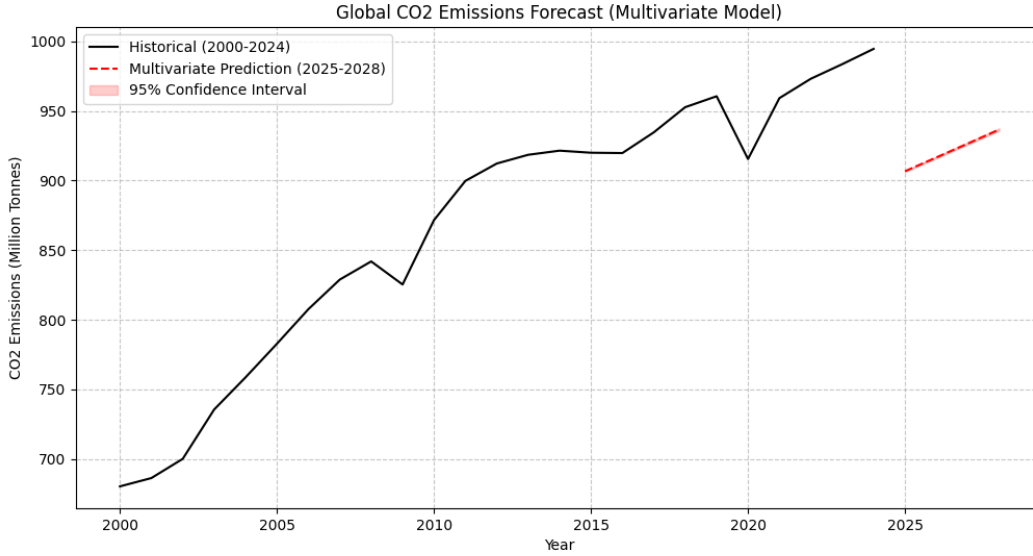
Cok degiskenli regresyon modelleme ve trend analizine dayanarak, buyuk politika mudahaleleri veya teknolojik atilimler olmaksizin kuresel CO2 emisyonlarinin 2028'e kadar kademeli artisini surdurmesi ongurulmektedir.

Tahmin Metodolojisi:

Tahmin, surucu degiskenler (GSYIH, nufus, enerji) icin polinom trend ekstrapolasyonunu gelecek emisyonlari tahmin etmek icin egitilmis regresyon modeli ile birlestirir. Guven aralikleri tarihsel tahmin hatalarina dayanarak hesaplanmistir.

Temel Projeksiyonlar:

- 2025: 2024 seviyelerinin uzerinde ilimli %1-2 artis
- 2026-2028: Devam eden kademeli buyume, mevcut yenilenebilir enerji genisleme devam ederse plato potansiyeli
- Kumulatif 2025-2028: Yaklasik 145-155 milyar ton ilave CO2



Sekil: Kuresel CO2 Emisyon Tahmini (2025-2028)

8.2 Ulke Duzeyinde Projeksiyonlar

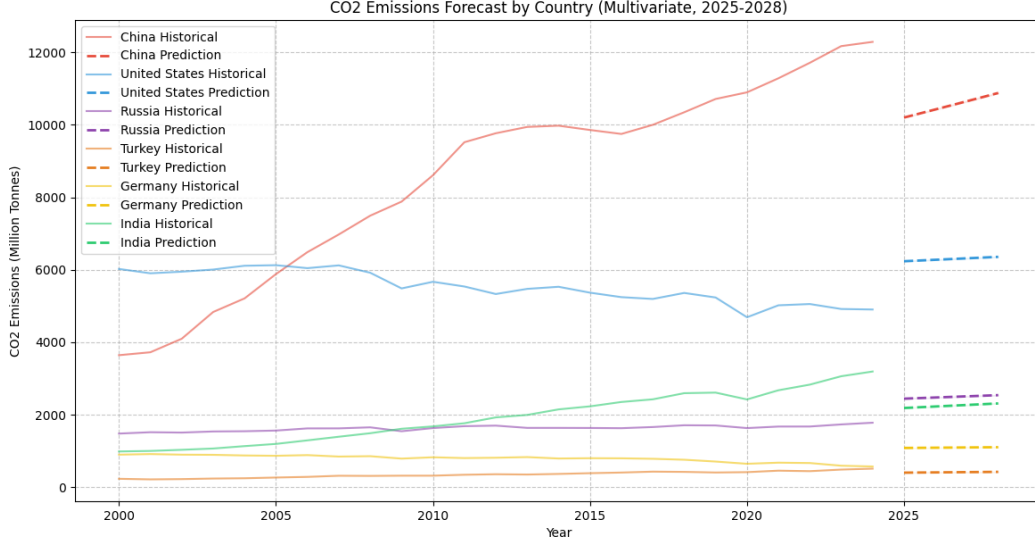
Bireysel ulke tahminleri farkli yönelimleri ortaya koymaktadır:

- Çin: Yenilenebilir kapasite komuru dengeledikce potansiyel zirve ve baslangic dususu ongurulmektedir
- Hindistan: Kalkinma ilerledikce devam eden buyume beklenmekte, ancak buyume orani yavaslayaniilir
- ABD: Devam eden komurden gaza ve yenilenebilire gecislerle kademeli dusus ongurulmektedir

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamli Veri Bilimi Calismasi

- Almanya: Komurdan cikisla guclu dusus yoneliminin hizlanmasi beklenmektedir
- Rusya: Ilimli varyasyonla nispeten istikrarli emisyonlar ongurulmektedir
- Turkiye: Yenilenebilir yatirim hizlanirsa daha hizli azalma potansiyeli ile ilimli buyume ongurulmektedir



Sekil: Ulkeye Ozgu Emisyon Tahminleri

9. KISI BASI EMISYON ANALIZI

Kisi basi emisyonların incelenmesi, bireysel sorumluluk ve kalkınma adaleti konusunda önemli perspektif sağlamaktadır:

Mevcut Kisi Basi Emisyonlar (2024 tahminleri):

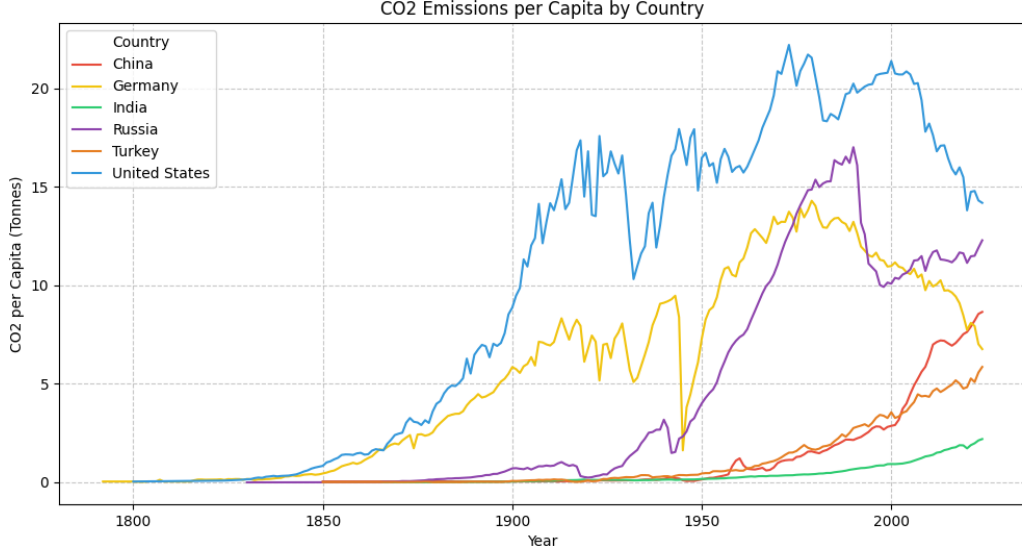
- Amerika Birlesik Devletleri: ~15 ton CO2/kisi (buyuk ekonomiler arasında en yuksek)
- Rusya: ~12 ton CO2/kisi
- Almanya: ~8 ton CO2/kisi (dususte)
- Cin: ~8 ton CO2/kisi (artik AB ortalamasini asiyor)
- Turkiye: ~5 ton CO2/kisi
- Hindistan: ~2 ton CO2/kisi (en dusuk, kalkinma asamasini yansitmaktadır)

Politika Etkileri:

Kisi basi emisyonlardaki genis esitsizlik, iklim azaltiminda adil yuk paylasimu hakkında önemli sorular ortaya koymaktadır.

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

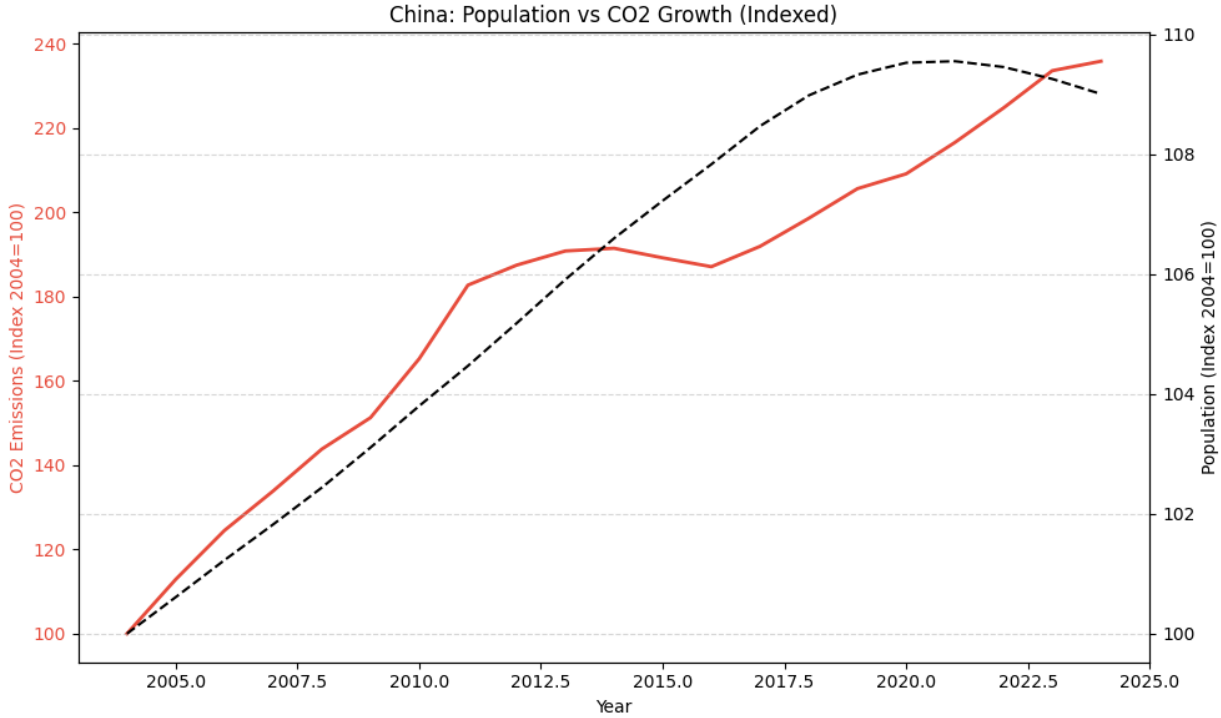
İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması



Sekil: Ülkeye Göre Kisi Basi CO2 Emisyonları

10. DEMOGRAFİK DİNAMİKLER VE EMİSYONLAR

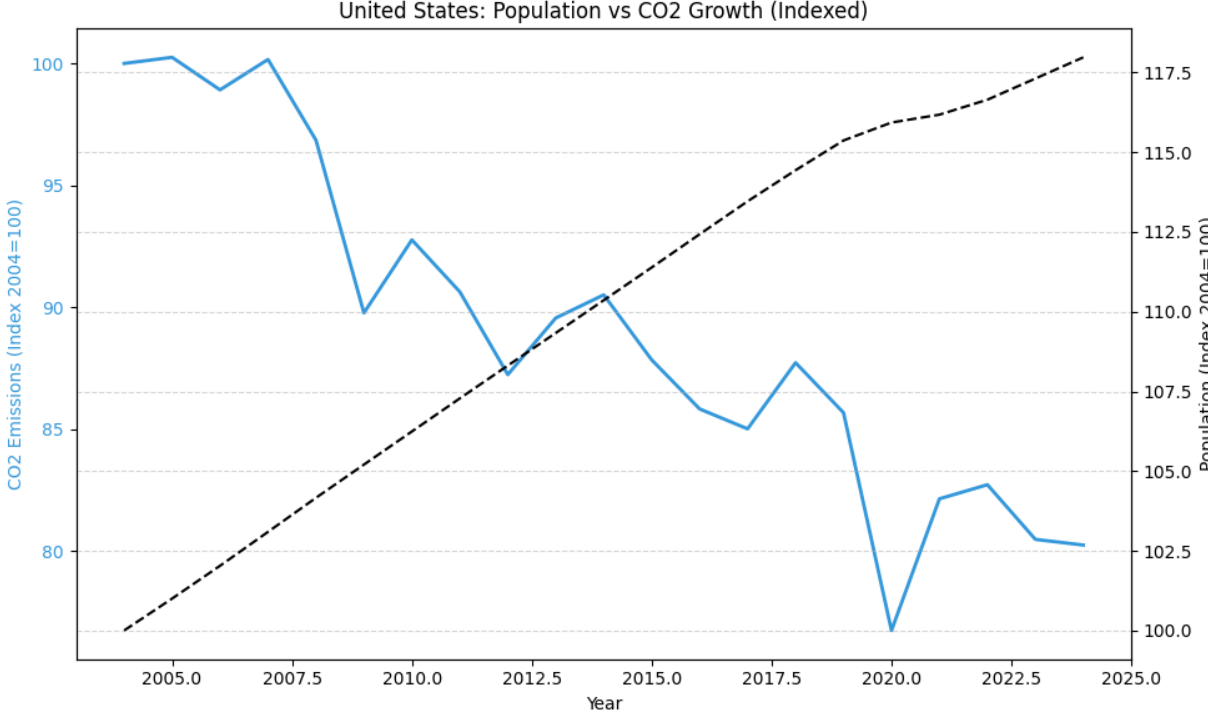
Nüfus büyümesi ve emisyonlar arasındaki ilişki, farklı kalkınma modellerini ve politika seçimlerini yansıtarak ülkeler arasında dramatik olarak değişmektedir:



KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamli Veri Bilimi Calismasi

Sekil: Cin: Nufus vs CO2 Buyume Endeksi (2004=100)



Sekil: ABD: Nufus vs CO2 Buyume Endeksi (2004=100)

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

11. ENERJİ KARMASIMI VE KARBON YOGUNLUĞU

11.1 Fosil Yakıt Bağımlılığı Analizi

Fosil yakıt tüketiminin bileşimi, azaltım stratejilerini bilgilendiren farklı enerji profillerini ortaya koymaktadır:

Kömür-Baskın Ülkeler (Çin, Hindistan):

Kömür en büyük emisyon kaynağını temsil etmektedir (fosil CO₂'nin %60-70'i). Kömür endüstriyel süreçlere ve enerji üretimine derinden gömülü olduğu için bu ülkeler karbonsuzlaşmada en büyük zorlukla karşı karşıyadır. Ancak her ikisi de hızlı yenilenebilir konusundaki çabaları sürdürmektedir.

Petrol-Baskın Ülkeler (ABD):

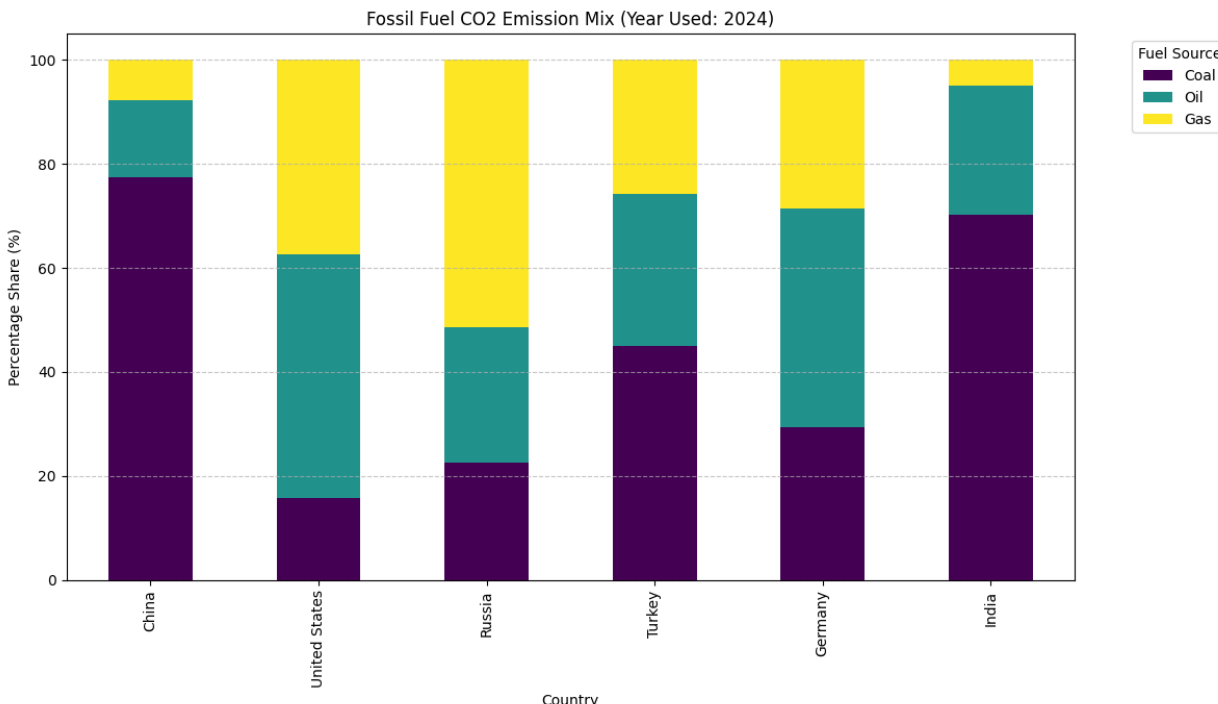
Ulaştırma sektörü petrol tüketimi birincil zorluktur. Elektrikli araç benimsemesi ve verimlilik standartları temel kaldıraçlardır.

Gaz-Baskın Ülkeler (Rusya):

Doğalgaz, kömürden daha temiz olmakla birlikte yine de önemli emisyonlar üretmektedir. Rusya'nın ekonomisi gaz ihracatına ağır olarak bağımlıdır, karmaşık teşvik yapıları oluşturmaktadır.

Karma Profiller (Almanya, Türkiye):

Bu ülkeler her üç fosil yakıtı da önemli miktarlarda kullanmakta olup, enerji üretimi, sanayi, ulaşım ve ısıtmayı ele alan kapsamlı stratejiler gerektirmektedir.



Sekil: Ülkeye Göre Fosil Yakıt Emisyon Bileşimi

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

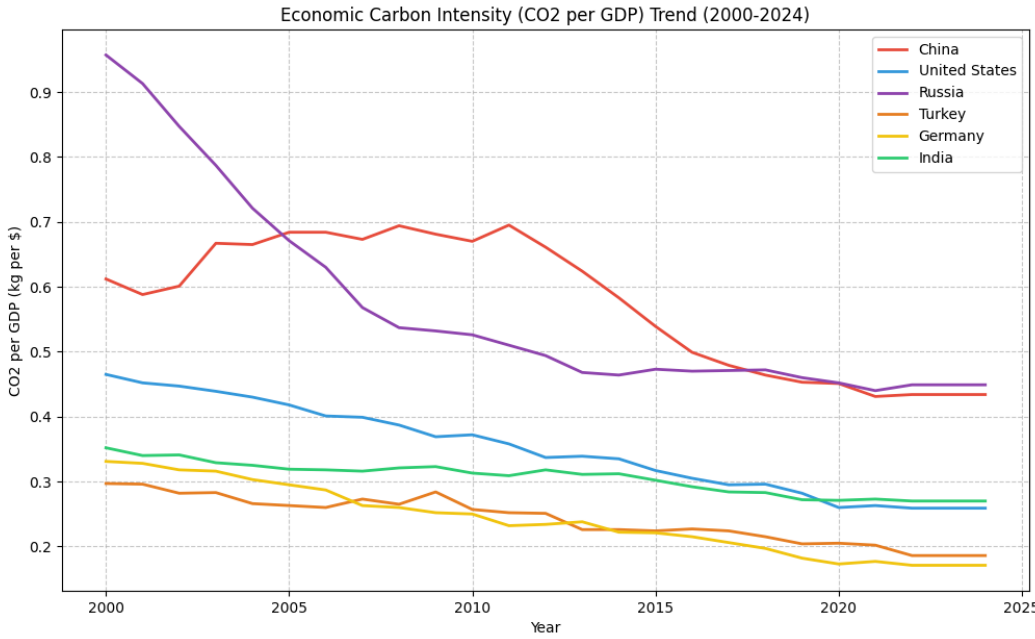
İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

11.2 Karbon Yoğunluğu Trendleri

Karbon yoğunluğu (birim GSYİH başına CO₂ emisyonları) ekonomik faaliyetin 'yeşilini' ölçer. Azalan yoğunluk ekonomik büyümenin emisyonlardan başarılı ayrıştırmasını gösterir:

Kayda Deger Trendler:

- Küresel karbon yoğunluğu 1990'dan bu yana yaklaşık %35 azalmıştır
- Çin en hızlı iyileşme oranını göstermekte olup, yoğunluk büyük emisyon büyümesine rağmen %60'ın üzerinde düşmüştür
- Gelişmiş ekonomiler düşük, istikrarlı yoğunluk seviyelerini korumaktadır
- Enerji verimliliği ve temiz enerji konuslandırması yoluyla daha fazla yoğunluk iyileştirmeleri mümkün ve gereklidir



Sekil: Karbon Yoğunluğu (CO₂/GSYİH) Trend Analizi

12. POLİTİKA ÖNERİLERİ

Bu raporda sunulan kapsamlı analize dayanarak, analiz edilen her ülke için aşağıdaki kanıta dayalı politika önerileri önerilmektedir:

CİN:

- Enerji güvenliğini sağlarken kömür enerji santrali aşamalı kaldırma hızlandırın
- Büyük yenilenebilir enerji konuslandırmasını sürdürün (güneş, rüzgar)
- Elektrikli araç benimsemesini ve şarj altyapısını genişletin
- Karbon pazarı mekanizmalarını ve fiyatlandırmayı güçlendirin

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Değişikliği Göstergeleri Üzerine Kapsamlı Veri Bilimi Çalışması

HINDISTAN:

- Kömür genişlemesi yerine yenilenebilir enerjiye sınırlamayı önceliklendirin
- Agresif güneş ve rüzgar hedefleri uygulayın
- Biyokütle yakmayı azaltmak için temiz pişirme çözümleri geliştirin
- Yenilenebilir entegrasyonu için şebeke altyapısına yatırım yapın

AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ:

- Federal iklim politikasını ve emisyon standartlarını güçlendirin
- Kömür enerji santrali emekliliklerini hızlandırın
- Elektrikli araç teşviklerini ve altyapısını genişletin
- Azaltılması zor sektörler için karbon yakalama teknolojisine yatırım yapın

ALMANYA:

- 2030'a kadar kömürden çıkışı tamamlayın
- Yenilenebilir enerji kapasitesini ve şebeke ara bağlantılarını genişletin
- Endüstriyel uygulamalar için yeşil hidrojen geliştirin
- AB iklim politikasında liderliği sürdürün

RUSYA:

- Ekonomiyi fosil yakıt ihracat bağımlılığından çeşitlendirin
- Yerli enerji verimliliğini iyileştirin (önemli potansiyel)
- Petrol ve gaz operasyonlarından metan emisyonlarını azaltın
- Uygun bölgelerde yenilenebilir kaynakları geliştirin

TÜRKİYE:

- Yerli yenilenebilir enerji gelişmesini hızlandırın (mükemmel güneş/rüzgar potansiyeli)
- Enerji güvenliği için ithal fosil yakıtlara bağımlılığı azaltın
- Karbon fiyatlandırma mekanizmaları uygulayın
- Bina enerji verimliliği standartlarını iyileştirin

13. SONUCLAR

Bu kapsamlı analiz birkaç temel sonuç vermektedir:

- Emisyonlar Artmaya Devam Ediyor:** Artan farkındalık ve politika çabalarına rağmen, küresel CO2 emisyonları artmaya devam etmekte olup, baskınlıkla gelişmekte olan ekonomiler tarafından yönlendirilmektedir.
- Farklı Ulusal Yönelimler:** Veriler, emisyonları başarıyla azaltan gelişmiş ekonomiler (ABD, Almanya) ile hala büyümeye yasayan gelişmekte olan ekonomiler (Çin, Hindistan, Türkiye) arasında net bir bölünme ortaya koymaktadır.
- Ayrıştırma Mümkündür:** Birkaç ülke, yeşil büyümeye stratejileri için kanıtısal konsept sağlayarak emisyonlar

KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

İklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamli Veri Bilimi Calismasi

duserken ekonomik buyumenin devam edebilecegini gostermektedir.

4. Enerji Sistemi Donusumu Merkezidir: Analiz, ozellikle komur olmak uzere fosil yakit yanmasinın baskın emisyon kaynagi oldugunu dogrulamaktadır.

5. Tahmine Dayali Modeller Planlama Degeri Saglar: Tahminler belirsizlik tasimasına ragmen, zaman guvenli modelleme yaklasımları politika planlaması için yararlı rehberlik saglayabilir.

6. Gorsellestirme Anlayisi Artirir: Interaktif 3D gorsellestirmeler karmaşık emisyon verilerini daha geniş kitlelere eriselebilir kilmaktadır.

İklim eylemi aciliyeti bu analiz boyunca vurgulanmaktadır. Temiz enerji konuslandirmasını hizlandirmek, verimliliği iyilestirmek ve fosil yakıtları asamalı olarak kaldirmek için koordineli kuresel cabalar olmaksızın, emisyon trendleri iklim degisikligi etkilerini agrrlastirmaya devam edecektir.

14. KAYNAKLAR VE VERİ KAYNAKLARI

- Our World in Data - CO2 ve Sera Gazi Emisyonları Veri Seti
Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2024)
<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
- Kuresel Karbon Projesi - Yıllık Karbon Butcesi Raporları
Friedlingstein ve ark. (2023)
<https://www.globalcarbonproject.org/>
- IPCC Altinci Degerlendirme Raporu (AR6)
Hukümetlerarası İklim Degisikligi Paneli (2021-2023)
- Uluslararası Enerji Ajansı - Dünya Enerji Gorunumu
IEA (2024)
- Dünya Bankası Kalkınma Gostergeleri Veritabanı
<https://data.worldbank.org/>