

Golijati zagađenja i Davidi zagađenih: Klimatska neravnopravnost

SIAP projekat

eng: *Goliaths of Pollution and Davids of Polluted: Climate Inequality*



Tina Mihajlović R2 21/2024 • Nada Zarić R2 15/2024 • Kristina Popov E2 93/2024

Definicija projekta

Cilj ovog projekta je istraživanje nejednakosti u borbi protiv klimatskih promena kroz analizu ključnih zagađivača („Goliata”) i njihovog uticaja na najugroženije zemlje i populacije („Davida”). Kroz ovaj projekat, prikupljanjem i analizom podataka o emisijama štetnih gasova, klimatskim politikama, obećanjima o smanjenju emisija, kao i uticajima klimatskih promena, nastojaćemo da pružimo odgovor na istraživačka pitanja predstavljena u poglavlju *Metodologija*.

Motivacija

Klimatske promene predstavljaju jedan od najvažnijih globalnih problema savremenog doma, ali njihovi uzroci i posledice nisu ravnomerno raspodeljeni. Dok industrijalizovane zemlje i korporacije doprinose najvećem procentu emisija štetnih gasova, najsiromašnije i najugroženije populacije često snose najveće posledice u vidu ekstremnih vremenskih uslova, gubitka resursa i prisilne migracije. Ova nejednakost u odgovornosti i jačini posledica stvara potrebu za identifikacijom najvećih zagađivača i stvaranjem strategija za smanjenje njihovog štetnog uticaja, koji u najvećem procentu doprinosi trenutnoj klimatskoj krizi. Cilj je da se kroz analizu podataka doprinese razumevanju ne samo trenutnog stanja, već i budućih izazova i prilika za izgradnju održivog sveta.

Relevantna literatura

[1] New York Times. (2021). Climate Change Risks by Country.

Tema rada: Ovaj članak istražuje rizike klimatskih promena po zemljama, analizirajući kako različite nacije reaguju na klimatske izazove, od kog tipa posledica klimatskih promena su najugroženiji i koje su posledice za njihovu ekonomiju i društvo.

Podaci: Članak koristi podatke o emisijama ugljen-dioksida, klimatskim događajima i ranjivosti zemalja na klimatske promene, uključujući analize iz različitih izvora i studija.

Metodologija: Analiza postojećih podataka o klimatskim rizicima i korišćenje vizualizacija za predstavljanje informacija o uticaju klimatskih promena na različite zemlje.

Ostvareni rezultati: Utvrđene su jasne veze između prirodnih faktora (geografska širina i dužina) i tipa klimatskih promena i posledicama kojima su države zahvaćene. Dodatno, komentariše se udeo socio-ekonomskih okolnosti na jačinu i ozbiljnost rizika od destruktivnih uticaja identifikovanih promena.

Zaključak: Uzimamo ideju iz ovog rada za kreiranje vizualizacija, fokusirajući se na interaktivne pristupe koji će omogućiti dublje razumevanje podataka i olakšati njihovu analizu.

[2] New York Times. (2021). Who Has The Most Historical Responsibility for Climate Change?

Tema rada: Članak istražuje istorijsku odgovornost zemalja za klimatske promene, fokusirajući se na doprinos bogatih, razvijenih zemalja globalnom zagrevanju i potrebu za kompenzacijom siromašnijih nacija najviše pogođenih klimatskim promenama.

Podaci: Članak koristi podatke o emisijama CO₂ od 1850. godine, analizirajući doprinos različitih zemalja i regiona globalnom zagrevanju, uključujući podatke o trenutnim i istorijskim emisijama.

Metodologija: Metodologija uključuje analizu podataka o emisijama, kao i izveštaje sa međunarodnih klimatskih samita, kako bi se prikazali obrasci odgovornosti među zemljama.

Ostvareni rezultati: Članak ističe da 23 razvijene zemlje čine polovinu svih istorijskih emisija CO₂, dok više od 150 zemalja čini drugu polovinu. Naglašava potrebu za finansijskom podrškom siromašnijim zemljama za prilagođavanje klimatskim promenama i izazove u uspostavljanju mehanizama za kompenzaciju šteta.

Zaključak: Inspirisani ovim radom, formulisali smo prvo i drugo istraživačko pitanje. Takođe, uzećemo ideje za vizualizaciju grafika i metodologiju obrade podataka za vizuelizaciju.

[3] Internal report on news site alignment on climate issues

Tema rada: Rad istražuje uticaj trenutnog tempa emisije CO₂ na globalnu temperaturu i kako se klimatske promene predstavljaju u medijima poslednjih pet godina, s ciljem podizanja svesti o ovom globalnom problemu.

Podaci: Korpus se sastoji od 178 miliona citata iz 162 miliona engleskih novinskih članaka objavljenih između 2015. i 2020. godine, fokusiranih na klimatske promene.

Metodologija: Korišćeni su modeli K-means i Latent Dirichlet Allocation (LDA) za otkrivanje skrivenih tema i grupacija u tekstualnim podacima. K-means je istražio sličnost sajtova o klimatskim temama, dok je LDA pomogao u identifikaciji često pojavljujućih reči povezanih sa specifičnim temama.

Ostvareni rezultati: Istraživanje je identifikovalo 30 ključnih tema vezanih za klimatske promene. Dugoročno su dominirale teme gasova staklene bašte, energije, ugljeničkog otiska i održivosti, dok su događaji poput Pariškog sporazuma imali kraći uticaj. Naučnici su najčešće citirani, a medijske rasprave su pokazale polarizaciju i političke pristrasnosti.

Zaključak: Razmotrićemo ideju korišćenja K-means algoritma i za naš projekat, jer se u ovom radu pokazao kao dobar izbor. Takođe, ovaj rad nam je poslužio za formulisanje sedmog istraživačkog pitanja.

[4] National contributions to climate change due to historical emissions of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide since 1850

Tema rada: Rad analizira emisije CO₂, metana i azot-suboksida (1850–2021) i njihov uticaj na globalno zagrevanje. Fokus je na doprinosu zemalja i sektora temperaturama, pružajući osnov za pravednu raspodelu odgovornosti za emisije štetnih gasova.

Podaci: Koriste se podaci o emisijama gasova staklene bašte (CO₂, CH₄, N₂O) iz *Global Carbon Project* i PRIMAP-hist dataset-a. Informacije su razvrstane na nacionalnom i globalnom nivou i uključuju ukupne, kumulativne i sektorske emisije.

Metodologija: Primenjene su analitičke formule poput "*Transient Climate Response to Cumulative Emissions*" (TCRE) za izračunavanje uticaja kumulativnih emisija na promenu globalne srednje temperature (GMST). Fokus je na razlici između kratkoročnih i dugoročnih emisija.

Ostvareni rezultati: Nacionalni doprinos globalnom zagrevanju značajno varira. Najveći doprinosi dolaze iz SAD, Kine i EU27, dok su zemlje poput Brazila i Indonezije dominirale emisijama iz sektora korišćenja zemljišta (LULUCF).

Zaključak: Rad koristi metode poput TCRE za kvantifikaciju efekata kumulativnih emisija na globalnu temperaturu, sektorsku analizu emisija i istorijske podatke iz izvora kao što su *Global Carbon Project*. Slične pristupe primenićemo u našem projektu kako bismo analizirali odgovornost „Golijata“ za klimatske promene, njihov uticaj na „Davide“ i pravednu raspodelu odgovornosti, uz dodatak socio-ekonomskih faktora.

[5] Global warming has increased global economic inequality

Tema rada: Analiza povezanosti klimatskih promena i socio-ekonomskih nejednakosti između bogatih i siromašnih zemalja, sa fokusom na GDP per capita i dugoročne efekte temperaturnih promena.

Podaci: Vremenski podaci o temperaturi iz globalnih klimatskih modela (CMIP5) i *GDP per capita* podaci od 1960. do danas za 165 zemalja.

Metodologija: Regresija za procenu efekata odstupanja temperature na *GDP per capita*, kao i klasifikacija zemalja po prihodima (niski, srednji i visoki) kako bi se analizirala disparitetna otpornost na klimatske promene. Dodatno, u obzir se uzimaju i klimatski profil ovih država, gde skandinavske zemlje bivaju prirodno manje zahvaćene klimatskim promenama.

Ostvareni rezultati: Utvrđeno je da su bogate zemlje profitirale od umerenih temperaturnih promena, dok su siromašne zemlje doživele značajne gubitke u GDP-u. Na primer, Indija i Nigerija pretrpele su značajne štete, dok su skandinavske zemlje zabeležile ekonomske dobitke kao prirodno hladnije države.

Zaključak: Rad je dobro uopštio pristup analizi efekata klimatskih promena kroz kvantifikaciju i predikciju socio-ekonomskih posledica, što ćemo mi primeniti u istraživanju kroz naše definisane kategorije („Golijati“ i „Davidi“) možda upravo upotrebom panel regresija kako je to rađeno ovde. Pored toga, dodaćemo fokus na efikasnost klimatskih politika i globalnu alokaciju sredstava za mitigaciju i adaptaciju.

Skup podataka

Postoji ogroman broj javno dostupnih skupova podataka vezanih za klimatske promene. U nastavku su izdvojeni reprezentativni skupovi:

- Za analizu i predikciju emisija CO₂ korist ćemo podatke dostupne na platformi [Our World in Data](#), posebno iz njihovog kompletnog skupa podataka o emisijama CO₂. Ovaj set podataka pokriva emisije ugljen-dioksida po državama u periodu od 1750. do 2023. godine. Iako nije dostupan za sve države za svaki vremenski period, obuhvata oko 29138 redova. Koristićemo ga za analizu emisija CO₂ tokom vremena. Dodatno, sa *Our World in Data* sadrži skupove podataka za udeo obnovljivih izvora energije po državama, što se takođe može uključiti u analizu energetskeg otiska država.
- Za detaljniju analizu CO₂ emisija, eventualno ćemo koristiti skup podataka [Fossil CO2 Emissions Dataset](#) *Global Carbon Project*-a, koji obuhvata podatke o emisijama po zemljama i sektorima, uključujući potrošnju uglja, nafte i gasa, kao i emisije iz industrijskih procesa poput proizvodnje cementa.
- Skup podataka [Green Climate Fund - GCF](#) pruža informacije o finansijskim doprinosima, odobrenim projektima, sprovedenim aktivnostima i njihovim uticajima na smanjenje emisija i prilagođavanje klimatskim promenama. Koristićemo ove podatke da bismo ustanovili da li identifikovani „Davidi“ sa niskim bruto nacionalnim dohotkom primaju potrebna sredstva za borbu protiv posledica klimatskih promena i na koji način se može poboljšati finansiranje ovih zemalja.

Pored opisanih skupova podataka, koristiće se i podaci sa repozitorijuma poput ove [github stranice](#) ili [Copernicus skupova podataka](#), zavisno od potreba za konkretnim vizuelizacijama.

Metodologija

Rad na projektu fokusiran je da odgovori na sledeća istraživača pitanja:

1. Raspodela udela u CO₂ emisijama: ko su najveći zagađivači (Golijati - države, korporacije) na globalnom nivou – analiza emisija CO₂ tokom vremena?
2. Na koji način njihove strategije i obećanja o postizanju klimatskih ciljeva utiču na globalno zagrevanje?
3. Raspodela zahvaćenosti klimatskim promenama: koje zemlje i zajednice (Davidi) najviše trpe posledice klimatskih promena i kako su one povezane sa socio-ekonomskim faktorima (npr. GDPR)?
4. Kako aktivnosti glavnih zagađivača utiču na zemlje Golijate?

5. Da li najugroženije zemlje primaju potrebnu pomoć za mitigaciju efekata klimatskih promena?
6. Može li se, na osnovu trenutnih trendova i projekcija, predvideti kada i kako bi Golijati mogli ispuniti svoje klimatske ciljeve?
7. Kako treba promeniti trenutne strategije, tako da se postignu obećani ciljevi (npr. *net zero*)?

NAPOMENA: U toku rada ćemo produbiti i proširiti skup istraživačka pitanja po potrebi.

Za svako pitanje, potrebno je uraditi eksplorativnu analizu podataka za odgovarajući skup podataka, kao i istražiti više ugnježenih aspekata kako bi se došlo do konačnog odgovora na neka od postavljenih pitanja.

Na primer: Za pitanje “Kako aktivnosti glavnih zagađivača utiču na zemlje Golijate?” potrebno je istražiti sledeće ugnježdene aspekte:

1. Ko su glavni zagađivači? (istraženo u jednom od prethodnih pitanja)
2. Koje aktivnosti dovode do kog procenta emisija CO₂ za te zagađivače (npr. da li su to fosilna goriva, stočarstvo, transport...)?
3. Ko su najugroženije zemlje? (istraženo u jednom od prethodnih pitanja)
4. Može li se primetiti zavisnost u geopolitičkoj ili socioekonomskoj povezanosti Davida i Golijata, tj. njihovih aktivnosti zagađivanja i posledica na Davide?
5. Vizualizovati povezanost tih utica između različitih zemalja i faktora.

*Ovaj primer je naveden ilustrativno, tokom rada je moguće promeniti i/ili produbiti navedene aspekte za ovo konkretno pitanje. Cilj je prikazati da su istraživačka pitanja samo osnova za niz ugnježenih ispitivanja i diskusija kako bi se došlo do konačnog zaključka.

Organizaciono, projekat se može podeliti u tri velike celine: prikupljanje i obrada podataka, predikcija na osnovu zaključenog o podacima, vizuelizacija rezultata. Svaka celina je u nastavku ukratko opisana.

Obrada podataka

Pošto u predloženim skupovima postoje kategorička obeležja, primenićemo tehnike poput *one-hot* enkodiranja ili ordinalnog kodiranja za pripremu kategorizovanih podataka za analizu. S obzirom na to da skupovi o klimatskim promenama često sadrže veliki broj nedostajućih vrednosti, planiramo da koristimo metode kao što su zamena medianom ili interpolacija vremenskih serija, u zavisnosti od prirode podataka i pitanja koje analiziramo. U slučajevima kada nedostaje značajan deo podataka za određene zemlje ili vremenske periode, takvi uzorci će biti isključeni kako bi se osigurala konzistentnost analiza. Za rešavanje outliera, koristićemo IQR (*Interquartile Range*) metod ili *Z-score* analizu kako bismo identifikovali i, prema potrebi, uklonili ili prilagodili ekstremne vrednosti. Podaci će biti normalizovani skaliranjem (npr. *Min-Max* skaliranje ili *Z-score* standardizacija) kako bi se omogućilo fer poređenje između različitih parametara i država. Kako je vizuelizacija podataka centralni deo našeg rada, koristićemo tehnike redukcije dimenzionalnosti, poput *Principal*

Component Analysis (PCA) ili T-SNE za grupisanje i vizualizaciju podataka za koje je to potrebno. Cilj je svesti skupove podataka na oblik u kom će biti spremni za korisne vizuelizacije i predikcije.

Predikcija

Storytelling deo projekta, pored diskusije i vizuelizacija, ima za cilj da identifikuje bitne karakteristike koje utiču na klimatske promene. Ta zapažanja ćemo zatim upotrebiti da odgovorimo na dva istraživačka pitanja koja se tiču predikcije budućeg stanja u ovoj oblasti, kao i promene trenutne taktike kako bi se u budućnosti postigli obećani ciljevi:

- Može li se, na osnovu trenutnih trendova i projekcija, predvideti kada i kako bi Golijati mogli ispuniti svoje klimatske ciljeve?
- Kako treba promeniti trenutne strategije, tako da se postignu obećani ciljevi (npr. *net zero*)?

Kako bismo odgovorile na ova pitanja, upotrebićemo sledeće algoritme za predikciju: *Prophet*, *Random Forest* i *XGBoost*.

Vizualizacija

Za vizualizaciju podataka koristićemo JavaScript biblioteke kao što su [Plotly](#), [Chart.js](#), [Recharts](#), [Observable](#), i [Leaflet](#). Cilj je da se kreiraju interaktivni i informativni grafici koji jasno prikazuju emisije CO₂ najvećih zagađivača, geografsku distribuciju posledica klimatskih promena, i odnose između najvećih emitera i zemalja koje najviše trpe posledice. Interaktivne mape i dinamički grafici su ključni deo projekta, kao način da se čitaocima na što jednostavniji i zabavniji način predstave doneseni zaključci.

Softver

Čišćenje i pretprocesiranje podataka biće rađeno u *Python* programskom jeziku. Za razvoj web stranice za *Data Story* koristićemo *React* biblioteku. Kako bi stranica bila javno dostupna na internetu, hostovaćemo je na [Github Pages](#) servisu.

Metod evaluacije

Oslonićemo se na metrike poput MSE (*Mean Squared Error*) kako bismo procenili preciznost predikcija u kontinuiranim vrednostima, kao što su emisije CO₂ i vremenski okviri za postizanje ciljeva. Prilagođeni R^2 (*Adjusted R-squared*) će nam pomoći da procenimo koliko model objašnjava varijansu u podacima, što je važno za našu analizu u kojoj želimo da predvidimo smanjenje emisija u budućnosti. Ostavljamo konkretne metrike za dalju diskusiju, zavisno od primenjenih metoda i modela tokom rada na projektu.

Kako bismo trenirale modele za predikciju, podelićemo skupove podataka tako da deo vremenskog intervala koristimo za obučavanje modela, a drugi deo intervala za evaluaciju.