

CO2-ի արտանետումների վրա ազդող գործոնների Էկոնոմետրիկ վերլուծություն

Մոդելի նկարագրություն

Այս մոդելում ուսումնահրել ենք թե ինչպես են մի շաբ գործոններ ազդում CO2-ի արտանետումների վրա: Տվյալները վերցվել են համաշխարհային բանկի տվյալների բազայից: Վերցրել ենք 217 երկիր, և 8 փոփոխական, ինչպես նաև այդ 8ից 3ի բնական հիմքով՝ լոգարիթմն ենք վերցրել: Նախ և առաջ տվյալները մաքրել ենք, և վերցրել ենք 2018-2024 թվականների բացատրող փոփոխականների միջինը, որոնց համապատասխանում է 1 երկիր (միևնույն այդ այդ 7 տարիները վերաբերում են նույն երկրին, և տվյալներում այդ երկրի անունը կրկնվում է 7 անգամ): Միջինացնելուց հետո դատարկ բջիջները լցորել ենք տվյալ սյան (տվյալ փոփոխականի) մեջիանով: Նկարագրենք մոդելի փոփոխականները՝

Կախյալ փոփոխական՝

Carbon dioxide (CO2) emissions excluding LULUCF per capita (t CO2e/capita) -
ածխաթթու գազի (CO2) արտանետումներ՝ առանց հողօգտագործման փոփոխության (LULUCF), մեկ շնչի հաշվով, այսուհետ մոդելում՝ **CO2 emissions, մոդելում առկա է նաև լոգարիթմով այս անդամը, մանրամասները՝ Լոգարիթմական վերլուծությունը բաժնում**

- Զակիման միավոր՝ t CO2e/capita (տոննա CO2-ի էկվիվալենտ՝ մեկ շնչի հաշվով)
- Ցուցանիշը ներառում է արտանետումները հետևյալ ոլորտներից:
 1. Գյուղատնտեսություն,
 2. Էներգետիկա,
 3. Թափոնների մշակում,
 4. Արդյունաբերական գործընթացներ:

Այն բացառում է հողօգտագործման փոփոխությունները (LULUCF), քանի որ դրանց տվյալները հաճախ անորոշ են, այսինքն արտանետած ածխաթթու գազի կլանումը օրինակ ծառերի կողմից, այդ ազդեցությունը այս փոփոխականում ներառված չէ: Այսինքն որպես կախյալ փոփոխական (Y) օգտագործվել է մեկ շնչի հաշվով CO2-ի արտանետումների ցուցանիշը (տոննա CO2-ի էկվիվալենտով), որը ներառում է Էներգետիկայի, արդյունաբերության և գյուղատնտեսության ոլորտները: Տվյալները վերցված են EDGAR և IEA բազաներից: Ցավու առնելով, որ այս ցուցանիշը բացառում է հողօգտագործման փոփոխությունների հետ կապված անորոշ արտանետումները, այն համարվում է երկրների միջև արտանետումների մակարդակը համեմատելու հավաստի աղբյուր: [EDGAR](#):

Անկախ փոփոխականներ՝

GDP per capita, PPP (current international \$) -այսուհետ մոդելում՝ **GDP per capita, մոդելում առկա է նաև լոգարիթմով այս անդամը, մանրամասները՝ Լոգարիթմական վերլուծությունը բաժնում**

Զափման միավոր՝ միջազգային դոլար (հաշվի առևելով, որ 1 դոլարով տարբեր երկրներում տարբեր քանակի ապրանք կարելի է գնել):

ՀՆԱ-ն (Համախառն ներքին արդյունք) երկրի «տնտեսական առողջության» չափանիշն է: Ամենապարզ ձևակերպմամբ՝ **դա բոլոր այն ապրանքների և ծառայությունների շուկայական արժեքն է, որոնք արտադրվել են երկրի ներսում մեկ տարվա ընթացքում:**

Դիտարկենք մի փոքրիկ երկրի օրինակ, որտեղ կա ընդամենը 3 տեսակի գործունեություն.

1. Ապրանքների արտադրություն (Օրինակ՝ Հաց)

Եթե երկրում տարվա ընթացքում արտադրվել է 1000 հատ հաց և ամեն մեկը վաճառվել է 200 դրամով, ապա հացի ներդրումը ՀՆԱ-ի մեջ կլինի 200,000 դրամ:

2. Ծառայությունների մատուցում (Օրինակ՝ Վարսահարդարում)

Եթե վարսահարդարները տարվա ընթացքում մատուցել են 500 ծառայություն՝ յուրաքանչյուրը 2000 դրամով, ապա սա ՀՆԱ-ին կավելացնի առ 1,000,000 դրամ:

3. Նոր ենթակառուցվածքներ (Օրինակ՝ ճանապարհինություն)

Եթե պետությունը կամ մասնավոր ընկերությունը կառուցել է մի նոր գործարան կամ ճանապարհ, որի արժեքը 5,000,000 դրամ է, դա նույնպես գումարվում է ՀՆԱ-ին:

Իսկ ՀՆԱ-ն 1 շնչի հաշվով ցույց է տալիս, թե միջինում որքան տնտեսական արժեք է բաժին ընկնում երկրի մեկ բնակչին: Օրինակ՝ եթե երկրի ընդհանուր ՀՆԱ-ն 10 միլիարդ դոլար է, իսկ բնակչությունը՝ 1 միլիոն մարդ, ապա ՀՆԱ-ն մեկ շնչի հաշվով կլինի **10,000 դոլար:**

Որպես հիմնական անկախ փոփոխական (X) ընտրվել է մեկ շնչի հաշվով ՀՆԱ-ն՝ հաշվարկված գնողունակության պարիտետով (GDP per capita, PPP, current international \$): Ի տարբերություն շուկայական փոփոխարժեքների, PPP-ն թույլ է տալիս հաշվի առևել երկրների միջև գների մակարդակի տարբերությունները և ավելի օբյեկտիվորեն գնահատել տնտեսական ակտիվության ազդեցությունը CO2-ի արտանետումների վրա: Այսինքն եթե մենք օգտագործեինք սովորական փոխարժեքը, ցածր եկամուտ ունեցող երկրների տնտեսությունները կթվային ավելի փոքր, քան իրականում են, քանի որ այնտեղ ապրանքներն ու ծառայությունները (օրինակ՝ վարսահարդարումը կամ տեղական սնունդը) ավելի էժան են: Տվյալների աղբյուրը Համաշխարհային բանկի Միջազգային համեմատությունների ծրագիրն է (ICP):

Renewable energy consumption (% of total final energy consumption)-այսուհետ մոդելում՝ REC(%)

Որպես եներգետիկ կառուցվածքը ընութագրող փոփոխական օգտագործվել է վերականգնվող եներգիայի սպասման մասնաբաժինը ընդհանուր եներգասպառման մեջ (%): Սա մոդելի «կանաչ» գործուն է, որը սովորաբար պետք է բացասական ազդեցություն ունենալ CO2-ի արտանետումների վրա: Այս հաշվարկվում է վերցնելով

Վերականգնվող աղբյուրներից ստացված անմիջական Էներգիան + վերականգնվող աղբյուրներից ստացված Էլեկտրաէներգիան և ջերմությունը հարաբերելով՝ տվյալ երկրի ընդհանուր վերջնական Էներգիայի սպառման վրա: Վերջնական Էներգիայի սպառման մեջ վերականգնվող Էներգիայի տոկոսային մասնաբաժինն է:

Վերականգնվող աղբյուրներից ստացված Էլեկտրաէներգիան այն Էլեկտրաէներգիան է, որն արտադրվում է բնական ռեսուրսներից, որոնք անվերջ են կամ արագ վերականգնվող (օրինակ՝ արևային Էներգիա, քամու Էներգիա, մակընթացությունների և ալիքների ուժի օգտագործումը, օրգանական նյութերի (փայտ, գյուղատնտեսական թափուններ) այրումից կամ Վերամշակումից ստացված Էներգիա և այլն): Տվյալները վերցված են Միջազգային Էներգետիկ գործակալության (IEA) բազայից՝ Համաշխարհային բանկի միջոցով:

Energy intensity level of primary energy (MJ/\$2021 PPP GDP)-այսուհետ մոդելով՝ Energy intensity, մոդելում առկա է նաև լոգարիթմով այս անդամը, մանրամասները՝ Լոգարիթմական վերլուծություն բաժնում

Տնտեսության Էներգաարդյունավետությունը գնահատելու համար օգտագործվել է Էներգատարության ցուցանիշը (Energy Intensity Level): Այն արտացոլում է տնտեսական արդյունքի միավորի ստեղծման համար անհրաժեշտ Էներգիայի քանակը: Այսինքն Էներգատարությունը (Energy Intensity) հարաբերակցությունն է Էներգիայի ընդհանուր մատակարարման (Total Energy Supply) և Համախառն ներքին արդյունքի (GDP)՝ հաշվարկված 2021 թվականի հաստատուն գներով և գնողունակության պարիստուով (PPP): Մոդելում այս փոփոխականը լոգարիթմվել է տվյալների տատանողականությունը նվազեցնելու համար:

Զավման միավոր՝ Մեզացոուկ՝ 1 դոլար ՀՆԱ-ի դիմաց, այսինքն որքան մեզացոուկ Էներգիա է ծախսվում 1 դոլարի արժեք ստեղծելու համար:

Ցածր գործակից = Բարձր արդյունավետություն: Եթե թիվը ցածր է, նշանակում է երկիրն օգտագործում է ժամանակակից տեխնոլոգիաներ և ունի զարգացած սպասարկման ոլորտ:

Բարձր գործակից = Ցածր արդյունավետություն: Եթե թիվը բարձր է, նշանակում է տնտեսությունը հիմնված է ծանր արդյունաբերության վրա կամ օգտագործվում էն հնացած, Էներգատար տեխնոլոգիաներ:

Նաև Էներգատարությունը Էներգաարդյունավետության անուղղակի (proxy) ցուցանիշ է: Այն կարող է կախված լինել նաև կլիմայից (օրինակ՝ շատ ցուրտ երկրներն ավելի շատ Էներգիա են ծախսում տաքացման համար) կամ տնտեսության կառուցվածքից, ոչ թե միայն տեխնոլոգիական մակարդակից: Տվյալների աղբյուրն է IEA-ն և Համաշխարհային բանկը:

Urban population (% of total population)- այսուհետ մոդելում՝ Urban population

Որպես սոցիալ-ժողովրդագրական գործոն մոդելում ներառվել է ուրբանիզացիայի մակարդակը (քաղաքային բնակչության %-ը ընդհանուր բնակչության մեջ): Այն թույլ է տալիս հաշվի առնել բնակչության կենտրոնացվածության ազդեցությունը CO2-ի արտանետումների վրա:

Ուրբանիզացիայի մակարդակը ցույց է տալիս քաղաքային քնակավայրերում ապրող մարդկանց տեսակարար կշիռը ընդհանուր քնակչության մեջ: Քաղաքների աճը նշանակում է անցում գյուղատնտեսական տնտեսությունից դեպի արդյունաբերություն և ծառայություններ: Թեև քաղաքները կենտրոնացնում են աղտոտվածությունը, դրանք նաև հնարավորություն են տալիս ավելի արդյունավետ լուծել քնապահպանական խնդիրները (օրինակ՝ հասարակական տրանսպորտի կամ կենտրոնացված ջեռուցման միջոցով): Ճատ կարևոր է նաև հասկանալ, որ ուրբանիզացիայի մակարդակի միջերկրային համեմատությունները պետք է կատարվեն զգուշությամբ, քանի որ տարբեր երկրներ յուրովի են սահմանում, թե որն է «քաղաքային քնակավայրը» (ումանք ըստ քնակչության թվի, ումանք ըստ ենթակառուցվածքների): Թեև ուրբանիզացիայի սահմանումները կարող են տարբերվել ըստ երկրների ազգային չափանիշների, World Bank-ի կողմից տրամադրված տվյալները հարթեցված են ՄԱԿ-ի մեթոդանությամբ, ինչը հնարավորություն է տալիս կատարել միջերկրային համեմատական վերլուծություն և գնահատել քաղաքային քնակչության տեսակարար կշռի ընդհանուր ազդեցությունը CO2-ի արտանետումների վրա: Քանի որ մենք աշխատում ենք միջինացված տվյալների հետ (2018-2024 թթ.), այս մեթոդաբանական տարբերությունները մեզ համար ավելի քիչ խնդրահարույց են:

Տվյալների աղբյուրն է ՄԱԿ-ի Բնակչության բաժինը (UN Population Division)` հասանելի Համաշխարհային բանկի տվյալների բազայում:

Trade (% of GDP)

Այս ցուցանիշը ներկայացնում է ապրանքների և ծառայությունների արտահանման ու ներմուծման գումարային մասնաբաժինը ՀՆԱ-ի մեջ: Առևտրաշրջանառությունը հաշվարկվում է որպես արտահանման և ներմուծման գումարի հարաբերակցությունը ՀՆԱ-ին.

$$\text{Բանաձև} = \frac{\text{Exports+Imports}}{\text{GDP}}$$

Այն ցույց է տալիս, թե որքանով է երկրի տնտեսությունը կապված համաշխարհային շուկայի հետ: Օրինակ, Սինգապուրի կամ Յոնկոնգի նման երկրներում այս թիվը կարող է գերազանցել 200-300%-ը, քանի որ նրանք հսկայական վերաբերահանողներ են:

Ինչու՞ Ե այս ցուցանիշը կարևոր CO2-ի համար

Էկոնոմետրիկայում առևտրի և CO2-ի կապը բացատրվում է երկու հիմնական վարկածով:

- Pollution Haven Hypothesis (Աղտոտման ապաստարանի հիպոթեզ): Զարգացած երկրները «արտահանում» են իրենց կեղտոտ արտադրությունները զարգացող երկրներ: Այսինքն՝ առևտրի աճը կարող է նվազեցնել CO2-ը հարուստ երկրներում, բայց ավելացնել աղքատներում:
- Technological Spillover (Տեխնոլոգիական փոխանցում): Առևտուրը թույլ է տալիս զարգացող երկրներին ներմուծել ավելի մաքուր և էներգախնայող տեխնոլոգիաներ, ինչը նվազեցնում է արտանետումները:

Զարգացող երկրները սովորաբար չունեն բավարար ֆինանսներ կամ գիտական բազա՝ սեփական բարձր տեխնոլոգիական էներգախնայող սարքավորումները ստեղծելու համար: Առևտութիւն միջոցով նրանք.

- Ներմուծում են «Մաքուր» տեխնոլոգիաներ. Օրինակ՝ արևային վահանակներ, քամու տուրբիններ կամ ավելի արդյունավետ արդյունաբերական ֆիլտրեր:
- Թոշքածն զարգացում (Leapfrogging). Նրանք հնարավորություն են ստանում բաց թողնել «կեղտոտ» ինդուստրիալացման փուլը և միանգամից անցնել ավելի ժամանակակից, քիչ աղտոտող տեխնոլոգիաների:

Թեև տեխնոլոգիան «գնում է» դեպի զարգացող երկրներ, զարգացած երկրները նույնպես շահում են էկոլոգիապես.

- Գլոբալ ազդեցություն. Քանի որ CO2-ի արտանետումները չունեն սահմաններ, զարգացած երկրի արտահանած «կանաչ» տեխնոլոգիան, որն աշխատում է մեկ այլ երկրում, նվազեցնում է մոլորակի ընդհանուր ջերմոցային էֆեկտը:
- Մասշտարի էֆեկտ. Տեխնոլոգիաների արտահանումը մեծացնում է դրանց արտադրության ծավալները, ինչը նվազեցնում է այդ տեխնոլոգիաների ինքնարժեքը նաև հենց զարգացած երկրների ներսում:

Տվյալների աղբյուրը Համաշխարհային բանկի ազգային հաշիվների տվյալներն են (WDI):

Dummy փոփոխականներ

Is_High_Income

Is_High_Income=1, եթե GDP per capita > 13,935

Is_High_Income=0, հակառակ դեպքում

Մոդելում ներառվել են նաև կատեգորիական փոփոխական (dummy), որը դասակարգում է երկրները ըստ եկամտի մակարդակի՝ GDP per capita: Սա թույլ է տալիս հաշվի առնել հնարավոր կառուցվածքային տարրերությունները բարձր և միջին եկամուտ ունեցող երկրների միջև՝ CO2-ի արտանետումների համատեքստում, աղբյուրը՝ [World Bank](#):

is_fossil_fuel_exporter

is_fossil_fuel_exporter=1, եթե հանդիսանում է հանածն վառելիքի խոշոր արտահանող

is_fossil_fuel_exporter=0, հակառակ դեպքում

Որպես կատեգորիական փոփոխական (dummy) ընտրվել է ոչ թե պարզապես OPIEC անդամակցության երկրները, այլ հանածն վառելիքի խոշոր արտահանող երկրները (Ներայալ Ռուսաստանը, Բարերը և Ղազախստանը): Սա թույլ է տալիս հաշվի առնել էներգակիրների արդյունահանման ազդեցությունը CO2-ի ընդհանուր մակարդակի վրա:

ՕՊԵԿ-ի անդամ երկրների ցանկը՝

Ալմիր, Կոնգո, Յասարակածային Գվինեա, Գարոն, Իրան, Իրաք, Թուվեյթ, Լիբիա, Նիգերիա, Սաուդյան Արաբիա, ԱՄԷ և Վենեսուելա

Ինչպես նաև ներքոնշյալ երկրները, որոնք ՕՊԵԿի անդամ չեն, բայց մեծ քանակությամբ հանածո վառելիքի խոշոր արտահանողներ են՝

Ռուսաստան, Ղազախստան, Թաթար, Թուրքմենստան:

Եկոնոմետրիկ մոդելում սա անհրաժեշտ է, քանի որ այս երկրները սովորաբար ունենում են «**անոմալ**» բարձր CO2 արտանետումներ:

- Այս երկրներում էներգիան (բենզին, էլեկտրաէներգիա) շատ էժան է, ինչը չի խթանում էներգախնայողությունը:
- Արդյունահանման պրոցեսն ինքնին մեծ քանակությամբ արտանետումներ է առաջացնում:
- Առանց այս Dummy-ի, մոդելը չի կարողանա բացատրել, թե ինչու է, օրինակ, Թուվեյթը շատ ավելի շատ աղտոտում, քան նույն ՀՆԱ-ն ունեցող ֆրանսիան:
-

Լոգարիթմական վերլուծություն

Մենք մոդելում մի քանի փոփոխական վերցրել ենք բնական հիմքով լոգարիթմած: Ահա դրա հիմնական պատճառները՝

1. Մեկնաբանելիություն (Տոկոսային կապ)

Քանի որ մենք լոգարիթմում ենք և՝ CO2-ը, և՝ ՀՆԱ-ն, ռեգրեսիայի արդյունքում ստացված գործակիցը ցույց է տալիս առաձգականություն (elasticity):

- Առանց լոգարիթմի դժվար է պատկերացնել՝ եթե ՀՆԱ-ն աճի 1 դոլարով, CO2-ը կամ X տոննայով (սա դժվար է պատկերացնել):
- Իսկ լոգարիթմած՝ եթե ՀՆԱ-ն աճի 1%-ով, ապա CO2-ը կփոխվի $\beta\%$ -ով: Տոկոսային փոփոխություններով խոսելը շատ ավելի հասկանալի է::

2. Scaling

Մեր տվյալների մեջ կան երկրներ, որոնց ՀՆԱ-ն շատ մեծ է (օրինակ՝ Լյուքսեմբուրգ), և երկրներ, որտեղ այն շատ փոքր է (օրինակ՝ Մալավի):

- Եթե չլոգարիթմենք, Լյուքսեմբուրգի նման «հսկաները» կունենան չափազանց մեծ ազդեցություն մոդելի վրա և կշեղեն արդյունքները:
- Լոգարիթմումը «սեղմում» է այդ մեծ տարբերությունները՝ դարձնելով թվերը ավելի համադրելի:

3. Նորմալ բաշխում (Normality)

Տևական տվյալները (հատկապես եկամուտները և արտանետումները) սովորաբար ունենում են «աջակողմյան շեղում» (skewness)` շատ են փոքր արժեքները և քիչ են շատ մեծերը:

- Ոեզրեսիոն մոդելները լավագույնս աշխատում են, եթե տվյալները բաշխված են նորմալ օրենքով (զանգակած կոր):
- Լոգարիթմումը օգնում է շեղված տվյալները դարձնել ավելի «նորմալ», ինչը մեծացնում է P-value-ների և մոդելի ճշգրտությունը:

4. Ոչ գծային կապի բացահայտում

ՀՆԱ-ի և CO2-ի կապը հազարեա է լինում ուղիղ գիծ: Այն սովորաբար կոր է: Ոեզրեսիան (OLS) փնտրում է ուղիղ գծեր: Լոգարիթմելով փոփոխականները՝ այդ կոր կապը վերածում եք գծայինի, որպեսզի մոդելը կարողանա այն ճիշտ հաշվարկել:

Մոդելում վերցրել ենք որ $\log(1+x)$ հաշվում է $\log(1 + x)$, ինչը 0-ների դեպքում սխալ չի տալիս:

Տվյալների վերլուծություն

Իրականացվել է տվյալների փոքր վերլուծություն կորելացիոն մատրիցի, և scatterplot-ի միջոցով, ինչպես նաև փորձել ենք ցույց տալ այն երկրները որոնց CO2-ի արտանետումների արժեքը փոքր է, բայց ՀՆԱ-ի մակարդակը համեմատաբար բարձր:

Ցույց տալու համար բարձր արդյունաբերություն ունեցող երկրներին, որոնց CO2-ի արտանետումների արժեքը փոքր է, վերցնում ենք՝ $\frac{CO_2}{GDP}$, դիտարկում ենք միայն այն երկրները, որոնք ունեն միջինից բարձր ՀՆԱ, որպես threshold վերցնելով մեջիանից մեծ թվերը: Սա կարևոր է, որպեսզի ցանկում չհայտնվեն շատ աղքատ երկրներ, որոնք պարզապես արդյունաբերություն չունեն, այսուհետև ըստ $\frac{CO_2}{GDP}$ այս ցուցանիշի իրականացվում է սորտավորում (փոքրից մեծ):

Scatterplot-ի մեկնաբանություն

1. Ուղղահայաց դիրքը (Y առանցք): Որքան կետը վերև է, այնքան տվյալ երկրի արտանետումները շատ են:
2. Հորիզոնական դիրքը (X առանցք): Որքան կետը աջ է, այնքան երկիրն ավելի հարուստ է (բարձր GDP):
3. Գոյնը (is_fossil_fuel_exporter): Կարմիր կետերը քո նշած 16 արտահանող երկրներն են: Դու հավանաբար կտեսնես, որ դրանք գտնվում են գրաֆիկի վերին հատվածում (բարձր CO2):
4. Կետի չափանիկը (REC): Փոքր կետերը նշանակում են, որ երկիրը քիչ է օգտագործում վերականգնվող Էներգիա: Մեծ կապույտ կետեր գրաֆիկի ներքևի հատվածում, դրանք արդյունավետ երկրներն են:

Գծային ռեզրեսիա

Իրականացրել ենք 3 գծային ռեզրեսիա, առաջին դեպքում վերցնելով կախյալ փոփոխականը CO2_emissions, իսկ անկախ փոփոխականներ՝ GDP_per_capita, REC(%), Energy_intensity, Urban_population(%), Trade(%),

Is_High_Income,is_fossil_fuel_exporter: Երկրորդ դեպքում դիտարկել ենք 3 փոփոխական լոգարիթմով՝ կախյալ փոփոխականը վերցրել ենք log_CO2_emissions-ը, իսկ անկախ փոփոխականները՝ log_GDP_per_capita, REC(%), log_Energy_intensity, Urban_population(%), Trade(%), **Is_High_Income,is_fossil_fuel_exporter:** իսկ երրորդ դեպքում կրկին կախյալ փոփոխականը վերցրել ենք log_CO2_emissions-ը, իսկ անկախ փոփոխականները՝ GDP_per_capita, REC(%), Energy_intensity, Urban_population(%), Trade(%), **is_fossil_fuel_exporter:** Երրորդ դեպքում ռեգրեսիայում չենք ներառել Is_High_Income-ը:

Առաջին ռեգրեսիա	Coef	Երկրորդ ռեգրեսիա	Coef	Երրորդ ռեգրեսիա	Coef
Intercept	-1.5996	Intercept	-5.3943	Intercept	-5.3409
GDP_per_capita	0.0001	log_GDP_per_capita	0.6087	log_GDP_per_capita	0.6021
REC(%)	-0.0785	REC(%)	-0.0057	REC(%)	-0.0057
Energy_intensity	1.1792	log_Energy_intensity	0.6345	log_Energy_intensity	0.6329
Urban_population(%)	0.0041	Urban_population(%)	-0.0007	Urban_population(%)	-0.0006
Trade(%)	-0.0135	Trade(%)	-0.0007	Trade(%)	-0.0007
Is_High_Income	0.5450	Is_High_Income	-0.0172	is_fossil_fuel_exporter	0.3334
is_fossil_fuel_exporter	2.6040	is_fossil_fuel_exporter	0.3333		

	Առաջին ռեգրեսիա	Երկրորդ ռեգրեսիա	Երրորդ ռեգրեսիա
R^2	0.438	0.698	0.698
Adj R^2	0.419	0.688	0.689

Երկրորդ մոդելում՝ ՔՆԱ-ի (PPP \$) 1% աճը հանգեցնում է մեկ շնչի հաշվով CO2-ի արտանետումների 0.6% աճի, այլ հավասար պայմաններում:

Երկրորդ մոդելում՝ Վերականգնվող Եներգիայի մասնաբաժնի 1 տոկոսով աճը հանգեցնում է CO2-ի արտանետումների 0.57 տոկոս նվազմանը, այլ հավասար պայմաններում:

Երկրորդ մոդելում՝ Առևտրաշրջանառության 1 % աճը նպաստում է CO2-ի 0.07 % նվազմանը, ինչը կարող է վկայել Տեխնոլոգիական փոխանցման Եֆեկտի մասին

(Երկրները ներմուծում են ավելի էֆեկտիվ տեխնոլոգիաներ), այլ հավասար պայմաններում:

Երկրորդ մոդելում՝ եթե կախյալ փոփոխականը լոգարիթմով է, իսկ մենք ցանկանում ենք մեկնաբանել dummy փոփոխական, դա կատարում ենք հետևյալ կերպ՝

$$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 x$$

$$e^{\ln(y)} = e^{\beta_0 + \beta_1 x}$$

$$e^{\ln(y)} = e^{\beta_0 + \beta_1 x}$$

$$y = e^{\beta_0} * e^{\beta_1 x}$$

$$\text{Եթե } x\text{-ը չարտահանող երկիր է, } x=0, y_0 = e^{\beta_0} * e^0 = e^{\beta_0}$$

$$\text{Եթե } x\text{-ը արտահանող երկիր է, } x=1, y_1 = e^{\beta_0} * e^{\beta_1}$$

$$\Phi_{\text{ոփոխություն}} = \frac{y_1 - y_0}{y_0} = \frac{e^{\beta_0} * e^{\beta_1} - e^{\beta_0}}{e^{\beta_0}} = e^{\beta_1} - 1$$

$$e^{\beta_1} - 1 = e^{0.33} - 1 = 0.3956$$

Այսինքն հանածո վառելիք արտահանող երկրները (`is_fossil_fuel_exporter = 1`), այլ հավասար պայմաններում, ունեն մոտավորապես 39.6% ավելի բարձր CO₂ արտանետումներ, քան այն երկրները, որոնք վառելիք չեն արտահանում (`is_fossil_fuel_exporter = 0`):

Մոդել 1-ը բացատրում էր տվյալների միայն 44%-ը, մինչդեռ Մոդել 2, Մոդել 3-ը բացատրում են 70%-ը: Լոգարիթմումը օգնել է մոդելին ավելի լավ հասկանալ երկրների միջև եղած հակայական տարբերությունները:

Urban_population(%), P-value=0.725>0.05: Սա շատ բարձր թիվ է: Այն ասում է, որ քաղաքաբնակների տոկոսը, ինքնին, չի որոշում CO₂ արտանետումների մակարդակը հնարավոր է, որ դրա ազդեցությունը ՀՆԱ-ի գործակցի մեջ 1 ներառված:

Trade(%), P-value=0.30>0.05 : Առևտուրի ծավալները նույնական նշանակալի ազդեցություն չեն ցուցաբերել այս մոդելում:

Վարկածներ

1. ՀՆԱ-ի ազդեցությունը CO₂ emissions-ի վրա

OLS Regression Results							
Dep. Variable:	Q("log_CO2_emissions")	R-squared:	0.570				
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.568				
Method:	Least Squares	F-statistic:	284.7				
Date:	Fri, 19 Dec 2025	Prob (F-statistic):	3.06e-41				
Time:	08:23:29	Log-Likelihood:	-179.44				
No. Observations:	217	AIC:	362.9				
Df Residuals:	215	BIC:	369.6				
Df Model:	1						
Covariance Type:	nonrobust						
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]	
Intercept	-4.3885	0.338	-12.971	0.000	-5.055	-3.722	
Q("log_GDP_per_capita")	0.5865	0.035	16.872	0.000	0.518	0.655	
Omnibus:	46.175	Durbin-Watson:	2.078				
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	264.686				
Skew:	0.633	Prob(JB):	3.34e-58				
Kurtosis:	8.260	Cond. No.	88.2				

Ինչպես երևում է ՀՆԱ-ի 1 տոկոս աճը հանգեցնում է 0.58 տոկոս CO₂_emissions-ի ավելացմանը: $R^2 = 0.570$

Նախորդ մոդելում: $R^2 = 0.698$

Սա նշանակում է, որ միայն ՀՆԱ-ն բացատրում է արտանետումների տատանումների 57%-ը:

Այս պարզ գույգային մոդելը հաստատում է, որ ՀՆԱ-ն արտանետումների գլխավոր շարժիչն է, բայց այն բավարար չէ ամբողջական պատկերը տեսնելու համար:

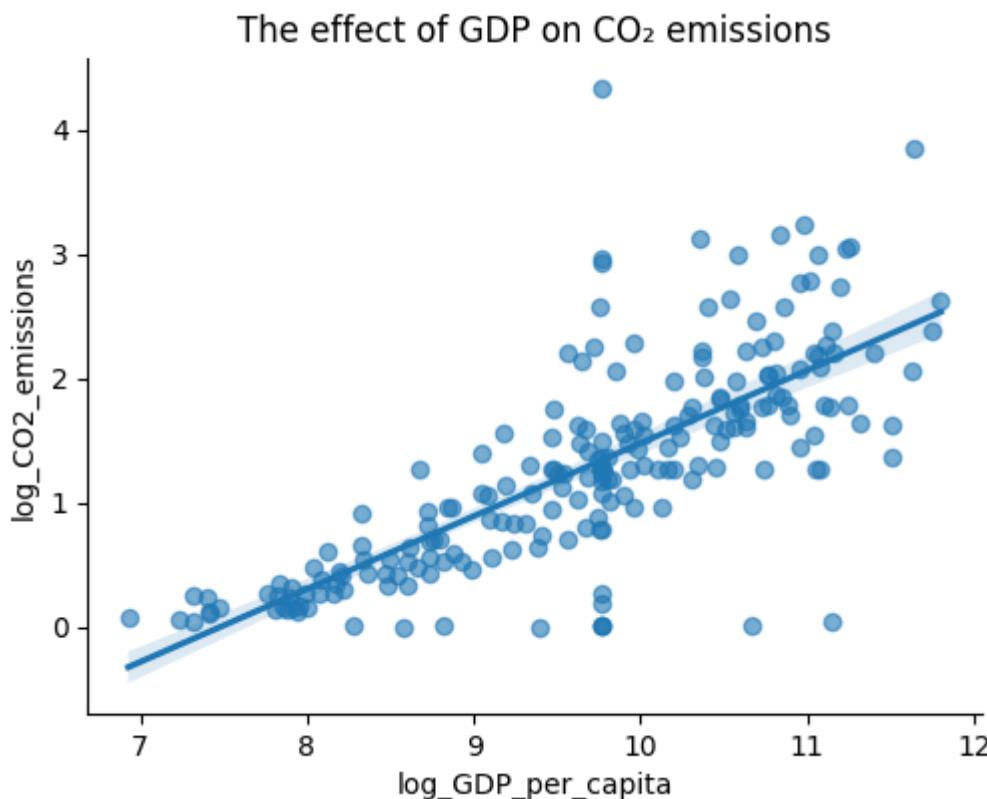
Դիտարկենք հետևյալ վարկածը՝

H_0 : $\log_GDP_per_capita - \text{նշանակում} \log_CO2_emissions - \text{ի փոփոխաբեկությունը}$

H_1 : $\log_GDP_per_capita - \text{նշանակում} \log_CO2_emissions - \text{ի փոփոխաբեկությունը}$

Բայց ինչպես երևում է նկարից՝ $Pvalue = 0 < 0.05 = \alpha$: Մենք կարող ենք մերժել գրոյական վարկածը: Այս մոդելում ՀՆԱ-ի և CO₂ emissions-ի միջև գծային կապը

Վիճակագրութեն նշանակալի է:



Վերոնշյալ գծապատկերը հաստատում է OLS վերլուծության դրական գործակիցը և դրական կապը:

2. Արդյո՞ք հանածո վառելիք արտահանող երկրների միջին CO₂ արտանետումները զգալիորեն տարբերվում են ոչ արտահանող երկրների միջին արտանետումներից, t-test:

Սկզբում առանձնացրել ենք երկու խումբ՝ հանածո վառելիք արտահանող և չատահանող երկրներ, այսինք վերցրել ենք log_CO2_emissions-իը, և առանձնացրել ըստ is_fossil_fuel_exporter-ի երկու խմբի, այնուհետև իրականացրել ենք ոչ հավասար վարիացիաներով թեսու՝ Welch's t-test: Մենք ցանկանում ենք ստուգել վարկած՝

H_0 : *exporters* և *non-exporters* խմբերի միջինները հավասար են

H_1 : *exporters* և *non-exporters* խմբերի միջինները հավասար չեն

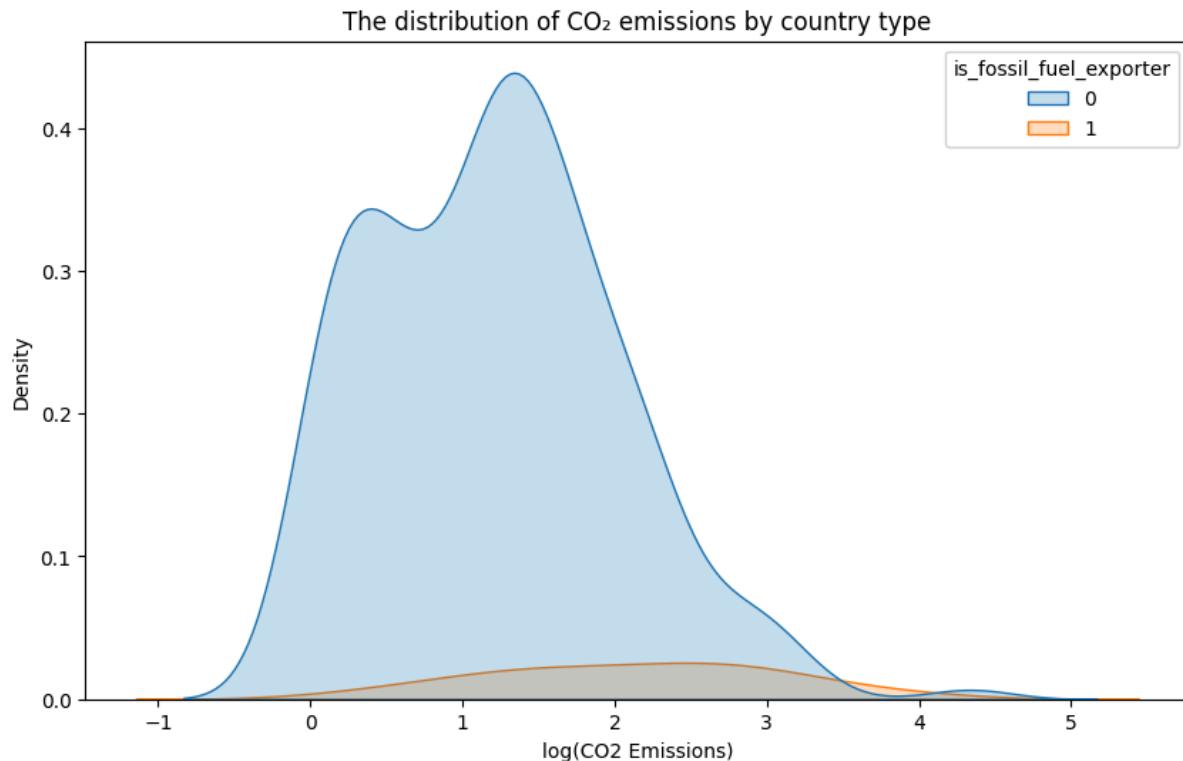
Արտահանողների միջին: 2.12

Ոչ արտահանողների միջին: 1.22

Արտահանող երկրների logCO2 արտանետումների միջինը զգալիորեն բարձր է: Քանի որ սրանք լոգարիթմված արժեքներ են, տարբերությունը բացարձակ միավորներով շատ ավելի մեծ է:

$t_{crit} = 1.97$, $t_{calc} = 3.78 > t_{crit}$, ևաս $Pvalue < 0.05 = \alpha$, այսինքն, **ռւեյք**

Վիճակագրորեն նշանակալի տարբերություն: Այսինքն մերժում ենք 0ական վարկածը: Տեսնաբար t-test-ը հերքում է զրոյական վարկածը, որը պնդում է, որ *exporters* և *non_exporters* խմբերը ունեն հավասար միջիններ: CO₂ի արտանետումների միջինը 2 խմբերի դեպքում էլ, և՝ արտահանողների, և՝ չարտահանողների դեպքում նույնը չէ:



1. (Shift in Means)

Քանի որ *is_fossil_fuel_exporter == 1* խմբի միջինը 2.12 է, իսկ մյուսինը՝ 1.22, գրաֆիկից կարող ենք տեսնել, որ արտահանողների կորը (դեպի աջ) տեղաշարժված է ոչ արտահանողների կորի նկատմամբ:

2. Բաշխման ձևը (Overlap vs Separation)

- Overlap: Կորերի միջև եղած ընդհանուր տարածքը ցույց է տալիս այն երկրությունը, որոնք ունեն նմանատիպ արտանետումներ՝ անկախ նրանից, արտահանող են, թե ոչ:
- Separation: Որքան քիչ են կորերը ծածկում միմյանց, այսքան ավելի ուժեղ t-statistic-ը: Այս դեպքում 3.78 ցուցանիշը նշանակում է, որ կորերը բավականին հստակ առանձնացված են:

3. Դիսպերսիայի տարբերությունը (Variance)

Welch's t-test-ը մենք ըստրեցինք, որովհետև ենթադրում ենք անհավասար դիսպերսիա:

- Եթե արտահանողների կորը ավելի «տափակ» և լայն է, իսկ մյուսը՝ ավելի «սուր» և նեղ, դա հաստատում է, որ equal_var=False պարամետրը օգտագործելը միանգամայն ճիշտ էր:

4. Լոգարիթմի ազդեցությունը

log_CO2_emissions-ը վերցնելով, կորերը պետք է տեսքով մոտ լինեն նորմալ (զանգակաձև) բաշխմանը: Եթե գծեինք առանց լոգարիթմի, կտեսնեինք շատ երկար «պոչ» դեպի աջ, ինչը գրաֆիկը կդարձներ դժվար ընթեռնելի և կապացուցեր, որ t-test-ը լոգարիթմով անելը ճիշտ որոշում էր:

Եզրակացություն

Տվյալները մաքրելով, կատարեցինք տվյալների վիճակագրական վերլուծություն, այնուհետև դիտարկեցինք 3 ռեգրեսիա, որոնցից երկորորդը և երրորդը բավական լավ արդյունքներ տվեցին, բարձր R^2 ստացանք, համեմատած առաջին մոդելի: Որոշակի գործակոցների P-value-ները բարձր եին, նրանք վիճակագրորեն նշանակալի չեին, բայց հնարավոր է մոդելը ավելի լավարկել, և ավելի նվազեցնել մուլտիկոլինարությունը: Այնուհետև դիտարկեցինք 2 վարկած, առաջին դեպքում, ևս մեկ անգամ համոզվեցինք որ CO2 emissionsի վրա մեծ ազդեցություն ունի ՀՆԱ-ն, իսկ երկրորդի դեպքում տեսանք, որ CO2ի արտանետումների միջինը 2 խմբերի դեպքում էլ, և՝ արտահանողների, և՝ չարտահանողների դեպքում նույնը չէ: