

# CO2-ի արտանետումների վրա ազդող գործոնների Էկոնոմետրիկ վերլուծություն

## Մոդելի նկարագրություն

Այս մոդելում ուսումնասիրել ենք թե ինչպես են մի շարք գործոններ ազդում CO2-ի արտանետումների վրա: Տվյալները վերցվել են համաշխարհային բանկի տվյալների բազայից: Վերցրել ենք 217 երկիր, և 8 փոփոխական, ինչպես նաև այդ 8-ից 3-ի 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 (մինչ այդ այդ 7 տարիները վերաբերում էին նույն երկրին, և տվյալներում այդ երկրի անունը կրկնվում էր 7 անգամ): Միջինացնելուց հետո դատարկ բջիջները լցրել ենք տվյալ սյան (տվյալ փոփոխականի) մեդիանով: 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 վերլուծություն բաժնում**

- Չափման միավոր՝ t CO2e/capita (տոննա CO2-ի Էկվիվալենտ՝ մեկ շնչի հաշվով)
- Գուցանիչը 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 կտրմից, 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: Հաշվի 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 վերլուծություն բաժնում**

Չափման միավոր՝ միջազգային դոլար (հաշվի առնելով, 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 ևս 1,000,000 դրամ:

3. Նոր ենթակառուցվածքներ (Օրինակ՝ ճանապարհաշինություն)

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 առնել երկրների միջև գների մակարդակի տարբերությունները և ավելի օբյեկտիվորեն գնահատել տնտեսական ակտիվության ազդեցությունը CO2-ի արտանետումների վրա: Այսինքն եթե մենք օգտագործենք 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 էներգետիկ կառուցվածքը բնութագրող փոփոխական օգտագործվել է վերականգնվող էներգիայի սպառման մասնաբաժինը ընդհանուր էներգասպառման մեջ (%): Սա մոդելի «կանաչ» գործոնն է, որը սովորաբար պետք է բացասական ազդեցություն ունենա CO2-ի արտանետումների վրա: Այն 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 թափոններ) 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 մոդելում` Energy intensity, մոդելում առկա է նաև լոգարիթմով այս անդամը, մանրամասները` Լոգարիթմական վերլուծությունն 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 պարիտետով (PPP): Մոդելում այս փոփոխականը լոգարիթմվել է տվյալների տատանողականությունը նվազեցնելու համար:

Չափման միավոր` Մեգաջոուլ` 1 դոլար ՀՆԱ-ի դիմաց, այսինքն որքան մեգաջոուլ 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 են 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 բնակավայրերում ապրող մարդկանց տեսակարար կշիռը ընդհանուր բնակչության 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 բնապահպանական խնդիրները (օրինակ՝ հասարակական տրանսպորտի կամ կենտրոնացված ջեռուցման միջոցով): Շատ կարևոր է նաև հասկանալ, որ ուրբանիզացիայի մակարդակի միջերկրային համեմատությունները պետք է կատարվեն զգուշությամբ, քանի որ տարբեր երկրներ յուրովի են սահմանում, թե որն է «քաղաքային բնակավայրը (ոմանք ըստ բնակչության թվի, ոմանք ըստ ենթակառուցվածքների): Թեև ուրբանիզացիայի սահմանումները կարող են տարբերվել ըստ երկրների ազգային չափանիշների, World Bank-ի կողմից տրամադրված տվյալները հարթեցված են ՄԱԿ-ի մեթոդաբանությամբ, ինչը հնարավորություն է տալիս կատարել միջերկրային համեմատական վերլուծություն և գնահատել քաղաքային բնակչության 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 հարաբերակցություն ՀՆԱ-ին.

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

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

### Ինչու՞ է այս ցուցանիշը կարևոր CO2-ի համար

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

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

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

- Ներմուծում են «Մաքուր» տեխնոլոգիաներ. Օրինակ՝ արևային վահանակներ, քամու տուրբիններ կամ ավելի արդյունավետ արդյունաբերական ֆիլտրեր:
- Թռիչքաձև 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 CO<sub>2</sub>-ի արտանետումները չունեն սահմաններ, զարգացած երկրի արտահանած «կանաչ» տեխնոլոգիան, որն աշխատում է մեկ այլ երկրում, նվազեցնում է մոլորակի ընդհանուր ջերմոցային էֆեկտը:
- Մասշտաբի 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 է նաև կատեգորիական փոփոխական (dummy), որը դասակարգում է երկրները ըստ եկամտի մակարդակի՝ GDP per capita: Սա թույլ է տալիս հաշվի առնել հնարավոր կառուցվածքային տարբերությունները բարձր և միջին եկամուտ ունեցող երկրների միջև՝ CO<sub>2</sub>-ի արտանետումների համատեքստում, աղբյուրը՝ [World Bank](#):

### is\_fossil\_fuel\_exporter

is\_fossil\_fuel\_exporter=1, եթե հանդիսանում է հանածո վառելիքի խոշոր արտահանող

is\_fossil\_fuel\_exporter=0, հակառակ դեպքում

Որպես կատեգորիական փոփոխական (dummy) ընտրվել է ոչ թե պարզապես ՕՊԵԿ անդամակցության երկրները, այլ հանածո վառելիքի խոշոր արտահանող երկրները (ներառյալ Ռուսաստանը, Քաթարը և Ղազախստանը): Սա թույլ է տալիս հաշվի առնել էներգակիրների արդյունահանման ազդեցությունը CO<sub>2</sub>-ի ընդհանուր մակարդակի վրա:

## ՕՊԵԿ-ի անդամ երկրների ցանկը՝

Ալժիր, Կոնգո, Հասարակածային Գվինեա, Գաբոն, Իրան, Իրաք, Քուվեյթ, 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, Քաթար, Թուրքմենստան:

Էկոնոմետրիկ 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, Քուվեյթը շատ ավելի շատ աղտոտում, քան Նույն ՅՆԱ-ն ունեցող Ֆրանսիան:
- 

## Լոգարիթմական վերլուծություն

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

### 1. Մեկնաբանելիություն (Տոկոսային կապ)

Քանի որ մենք լոգարիթմում ենք  $\ln$  CO2-ը,  $\ln$  ՅՆԱ-ն, ռեգրեսիայի արդյունքում ստացված գործակիցը ցույց է տալիս առաձգականություն (elasticity):

- Առանց լոգարիթմի դժվար է պատկերացնել՝ եթե ՅՆԱ-ն աճի 1 դոլարով, CO2-ը կաճի X տոննայով (սա դժվար է պատկերացնել):
- Իսկ լոգարիթմա՝ եթե ՅՆԱ-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 ՅՆԱ-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)

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

- Ռեգրեսիոն մոդելները լավագույնս աշխատում են, երբ տվյալները բաշխված են նորմալ օրենքով (զանգակաձև 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 CO<sub>2</sub>-ի կապը հազվադեպ է լինում ուղիղ գիծ: Այն սովորաբար կոր է: Ռեգրեսիան (OLS) փնտրում է ուղիղ գծեր: Լոգարիթմելով փոփոխականները՝ այդ կոր կապը վերածում եք գծայինի, որպեսզի մոդելը կարողանա այն ճիշտ հաշվարկել:

Մոդելում վերցրել ենք  $\ln(\log_1 p(x))$  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 CO<sub>2</sub>ի արտանետումների արժեքը փոքր է, բայց ՀՆԱ-ի մակարդակը համեմատաբար բարձր:

Ցույց տալու համար բարձր արդյունաբերություն ունեցող երկրներին, որոնց CO<sub>2</sub>ի արտանետումների արժեքը փոքր է, վերցնում ենք՝  $\frac{CO_2}{GDP}$ , դիտարկում ենք միայն այն երկրները, որոնք ունեն միջինից բարձր ՀՆԱ, որպես threshold վերցնելով մեդիանից մեծ թվերը: Սա կարևոր է, որպեսզի ցանկում չհայտնվեն շատ աղքատ երկրներ, որոնք պարզապես արդյունաբերություն չունեն, այնուհետև 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. Գույնը (is\_fossil\_fuel\_exporter): Կարմիր կետերը քո նշած 16 արտահանող երկրներն են: Դու հավանաբար կտեսնես, որ դրանք գտնվում են գրաֆիկի վերին հատվածում (բարձր CO<sub>2</sub>):
4. Կետի չափսը (REC): Փոքր կետերը նշանակում են, որ երկիրը քիչ է օգտագործում վերականգնվող էներգիա: Մեծ կապույտ կետեր գրաֆիկի ներքևի հատվածում, դրանք արդյունավետ երկրներն են:

#### Գծային ռեգրեսիա

Իրականացրել ենք 3 գծային ռեգրեսիա, առաջին դեպքում վերցնելով կախյալ փոփոխականը CO<sub>2</sub>\_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՝ ԶՆԱ-ի (PPP \$) 1% աճը հանգեցնում է մեկ շնչի հաշվով CO2-ի արտանետումների 0.6% աճի, այլ հավասար պայմաններում:

Երկրորդ մոդելում՝ Վերականգնվող էներգիայի 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 էֆեկտի մասին



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Այսինքն հանածո վառելիք արտահանող երկրները (is\_fossil\_fuel\_exporter = 1), այլ հավասար պայմաններում, ունեն մոտավորապես 39.6% ավելի բարձր CO<sub>2</sub> 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 հսկայական տարբերությունները:

**Urban\_population(%), P-value=0.725>0.05:** Սա շատ բարձր թիվ է: Այն ասում է, որ քաղաքաբնակների տոկոսը, ինքնին, չի որոշում CO<sub>2</sub> արտանետումների մակարդակը հնարավոր է, որ դրա ազդեցությունը ՀՆԱ-ի գործակցի մեջ1 ներառված:

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

## Վարկածներ

## 1. ՀԱԱ-ի ազդեցությունը CO<sub>2</sub> 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 ՀԱԱ-ի 1 տոկոս աճը հանգեցնում է 0.58 տոկոս CO<sub>2</sub>\_emissions-ի ավելացմանը:  $R^2 = 0.570$

Նախորդ մոդելում:  $R^2 = 0.698$

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

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

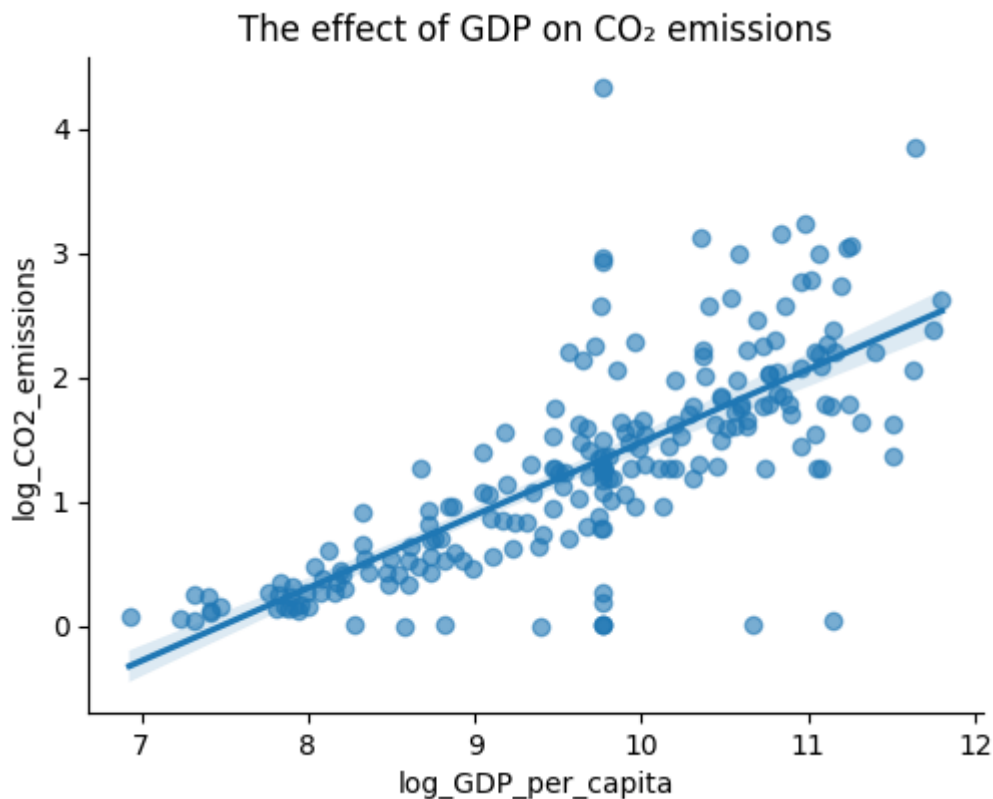
Դիտարկենք հետևյալ վարկածը՝

$H_0$ :  $\log\_GDP\_per\_capita$  — և  $\log\_CO2\_emissions$  — ի փոփոխությունը

$H_1$ :  $\log\_GDP\_per\_capita$  — և  $\log\_CO2\_emissions$  — ի փոփոխությունը

Բայց ինչպես երևում է նկարից՝  $Pvalue = 0 < 0.05 = \alpha$ : Մենք կարող ենք մերժել զրոյական վարկածը: Այս մոդելում ՀԱԱ-ի և CO<sub>2</sub> emissions-ի միջև գծային կապը

վիճակագրորեն նշանակալի է:



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

## 2. Արդյո՞ք հանածո վառելիք արտահանող երկրների միջին CO<sub>2</sub> արտանետումները զգալիորեն տարբերվում են ոչ արտահանող երկրների միջին արտանետումներից, t-test:

Սկզբում առանձնացրել ենք երկու խումբ՝ հանածո վառելիք արտահանող և չարտահանող երկրներ, այսինքն վերցրել ենք log\_CO2\_emissions-իը, և առանձնացրել ըստ is\_fossil\_fuel\_exporter-ի երկու խմբի, այնուհետև իրականացրել ենք ոչ հավասար վարիացիաներով թեստ՝ 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

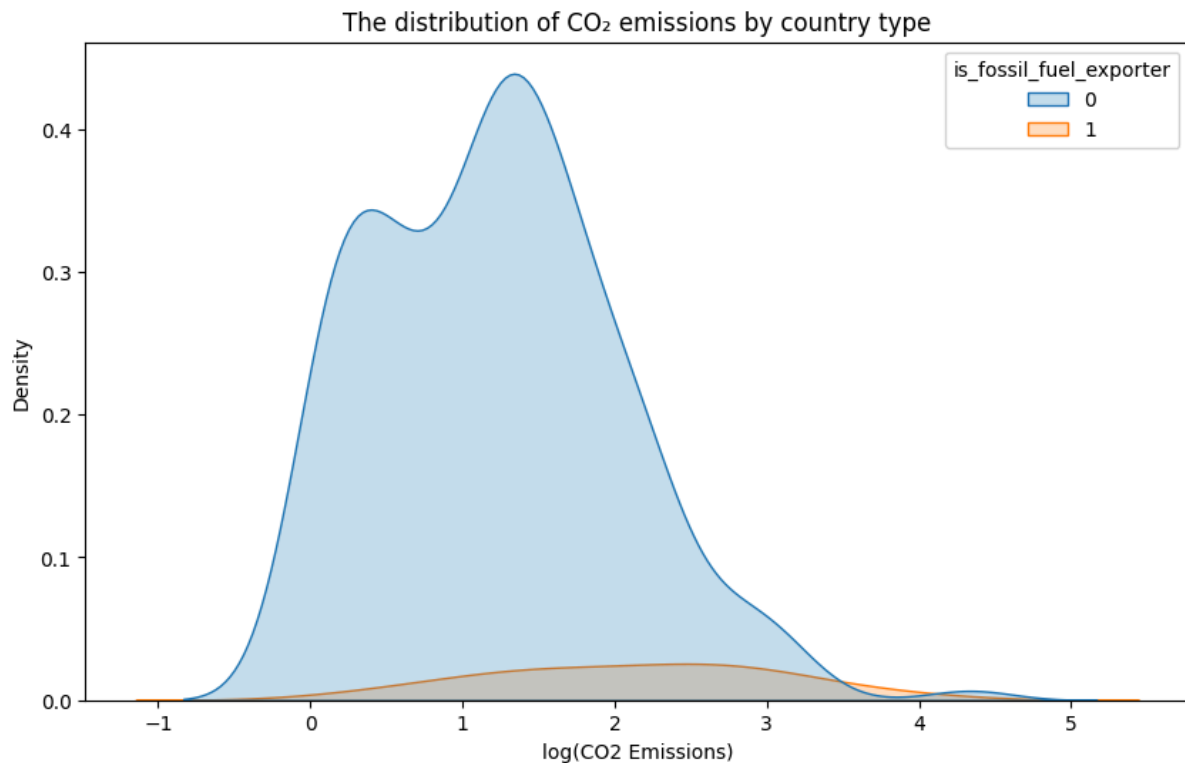
**Արտահանողների միջին: 2.12**

**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:

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

**վիճակագրորեն նշանակալի տարբերություն:** Այսինքն մերժում ենք Օսկան վարկածը: Հետևաբար t-test-ը հերքում է գրոյական 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 երկրները, որոնք ունեն նմանատիպ արտանետումներ՝ անկախ նրանից, արտահանող են, թե ոչ:
- **Separation:** Որքան քիչ են կորերը ծածկում միմյանց, այնքան 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 ընտրեցինք, որովհետև ենթադրում էինք 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 երկրորդը և երրորդը բավական լավ

արդյունքներ տվեցին, բարձր  $R^2$  ստացանք, համեմատած առաջին մոդելի: Որոշակի գործակոցների  $P$ -valueները բարձր էին, նրանք վիճակագրորեն նշանակալի չէին, բայց հնարավոր է մոդելը ավելի լավարկել, և ավելի նվազեցնել մոլտիկոլինարությունը: Այնուհետև դիտարկեցինք 2 վարկած, առաջին դեպքում, ևս մեկ անգամ համոզվեցինք որ `CO2 emissions`-ի վրա մեծ ազդեցություն ունի `ՅՆԱ`-ն, իսկ երկրորդի դեպքում տեսանք, որ `CO2`-ի արտանետումների միջինը 2 խմբերի դեպքում էլ, և՛ արտահանողների, և՛ չարտահանողների դեպքում նույնը չէ: