



O'ZBEKISTONDA KARBONAT ANGIDRID EMISSIYASINING MAKROIQTISODIY DETERMINANTLARI: ARDL YONDASHUVI

PhD, dots. **Muqimov Sherali**

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti

ORCID: 0009-0005-2090-8491

mukimov750@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada 1991-2024-yillar davomida O'zbekistonda iqtisodiy o'sish, sanoat rivojlanishi, to'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar va energiya iste'molining karbonat angidrid emissiyalariga ta'siri ARDL va ECM yondashuvlari asosida empirik tahlil qilinadi. Natijalar uzoq va qisqa muddatda iqtisodiy o'sish ekologik samaradorlikning oshishi bilan kechayotganini, xorijiy investitsiyalar esa asosan emissiya intensiv tarmoqlarga yo'naltirilayotganini ko'rsatdi. Olingan xulosalar sanoat siyosatini institutsional va investitsion mexanizmlar orqali takomillashtirish zarurligiga ishora qiladi.

Kalit so'zlar: karbonat angidrid emissiyasi, iqtisodiy o'sish, yashil sanoat siyosati, ARDL modeli, kointegratsiya, energiya iste'moli, to'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar, Kuznetsning ekologik egri chizig'i, sanoatda qo'shilgan qiymat, barqaror iqtisodiy rivojlanish, ekologik samaradorlik hamda xatolarni tuzatish modeli (ECM).

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В УЗБЕКИСТАНЕ: ПОДХОД ARDL

PhD, доц. **Мукимов Шерали**

Ташкентский государственный экономический университет

Аннотация. В статье на основе подходов ARDL и ECM проводится эмпирический анализ влияния экономического роста, промышленного развития, прямых иностранных инвестиций и потребления энергии на выбросы углекислого газа в Узбекистане в период 1991-2024 годов. Полученные результаты показывают, что как в долгосрочном, так и в краткосрочном периодах экономический рост сопровождается повышением экологической эффективности, тогда как прямые иностранные инвестиции в основном направляются в эмиссионно-интенсивные отрасли. Сделанные выводы указывают на необходимость совершенствования промышленной политики посредством институциональных и инвестиционных механизмов.

Ключевые слова: выбросы углекислого газа, экономический рост, зелёная промышленная политика, модель ARDL, коинтеграция, потребление энергии, прямые иностранные инвестиции, экологическая кривая Кузнеца, добавленная стоимость в промышленности, устойчивое экономическое развитие, экологическая эффективность, модель коррекции ошибок (ECM).

MACROECONOMIC DRIVERS OF CARBON EMISSIONS IN UZBEKISTAN: AN ARDL APPROACH

PhD, assoc. prof. **Mukimov Sherali**
Tashkent State University of Economics

Abstract. *This paper provides an empirical analysis of the impact of economic growth, industrial development, foreign direct investment, and energy consumption on carbon dioxide emissions in Uzbekistan over the period 1991-2024, employing the ARDL and ECM frameworks. The results indicate that, in both the long and short run, economic growth is associated with improvements in environmental efficiency, whereas foreign direct investment is predominantly concentrated in emission-intensive sectors. The findings highlight the need to enhance industrial policy through strengthened institutional and investment mechanisms.*

Keywords: *carbon dioxide emissions, economic growth, green industrial policy, ARDL model, cointegration, energy consumption, foreign direct investment, Environmental Kuznets Curve, industrial value added, sustainable economic development, environmental efficiency, error correction model (ECM).*

Kirish.

Iqlim o'zgarishi va yashil kun tartibining global miqyosda tan olinishi shu kunga qadar amalda bo'lib kelgan iqtisodiy taraqqiyot paradigmalarning o'zgarishiga olib keldi. Yashil transformatsiya endilikda faqat ekologik tashabbus emas, balki iqtisodiy o'sish va xalqaro raqobatbardoshlikni ta'minlashning yangi drayveriga aylandi. Shu sababli hozirda mamlakatlar sanoat siyosatining yangi – yashil modellarini yaratish va joriy qilish orqali yangi voqelikka moslashishga harakat qilmoqdalar.

2017 yildan so'ng O'zbekiston iqtisodiyotida tub burilish yuz berib, mamlakatda liberalizm iqtisodiy siyosatning bosh tamoyiliga aylandi. Shu kontekstda o'tkazilgan islohotlar esa mamlakatga xorijiy investitsiyalar oqimini sezilarli oshirib, sanoatlashish jarayoniga jadal tus berdi. Biroq, yalpi ichki mahsulotning energiya sig'imi yuqoriligi va energiya sohasida qazilma yoqilg'iga strategik bog'liqlik hukumat oldiga murakkab dilemma qo'ymoqda: qanday qilib bir vaqtning o'zida ham yuqori o'sish sur'atlarini saqlab qolish, ham atmosferaga chiqariladigan issiqxona gazlarini kamaytirish mumkin? Bu savolning javobi, tabiiyki, atrof-muhitning ifloslanish jarayoni va unga ta'sir qilayotgan asosiy omillar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni aniqlash orqaligina berilishi mumkin.

Mazkur tadqiqot mustaqil O'zbekistonning iqtisodiy taraqqiyot yo'li (1991-2024) davomida sanoat rivojlanishi, to'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar oqimi va energiya iste'molining karbonat angidrid emissiyasi bilan o'zaro bog'liqligini aniqlashga qaratilgan. Bunda ARDL modelidan foydalangan holda ushbu bog'liqlikning uzoq va qisqa muddatlardagi parametrlari, qisqa o'zgarishlarning uzoq muddatli davrga singib ketishi masalalari o'rganiladi.

Adabiyotlar sharhi.

Ekologik barqarorlik va makroiqtisodiy ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'liqlik ko'plab ilmiy tadqiqotlarning predmetini tashkil qilgan. Mazkur bog'liqlikni o'rganish borasida nazariy qarashlar so'nggi davrlarda salmoqli o'zgarishlarga yuz tutdi. Avvallari tadqiqot markazida asosan ekologik barqarorlik sharoitida o'sishning cheklanganligini uqtiruvchi pessimistik senariylar turgan bo'lsa, zamonaviy tahlillar asosida yashil ajralish (decoupling) konsepsiyasi ustuvorlik qilmoqda.

Sohaga oid tadqiqotlarning asosini ko'pincha Kuznetsning ekologik egri chizig'i (Environmental Kuznets curve – EKC) tashkil qiladi. Unga ko'ra aholi jon boshida daromadlar (YaIM) o'sishi va ekologik degradatsiya o'rtasida bog'liqlik mavjud va u grafikda U-shakliga o'xshab ketadi (Cole et al., 1997). Biroq, Stern kabi olimlar rivojlanayotgan mamlakatlar uchun

mazkur bog'liqlik avtomatik sodir bo'lmasligini, balki u institutlar sifati va tanlab olingan sanoat siyosati modeli hosilasi ekanini ta'kidlaydi (Dinda, 2004).

Makroiqtisodiy ko'rsatkichlar orasida eng ko'p o'rganiladigani va ahamiyatlisi bu yalpi ichki mahsulotdir (YaIM). Biroq tahlillarda faqatgina bir omilni inobatga olish modelning sifatiga jiddiy zarar yetkazishi mumkin. Shu sababli tadqiqotchilar YaIM ga qo'shimcha ravishda yana bir qator makroko'rsatkichlardan ham foydalanadilar. Masalan, Dogan (2017) tomonidan geterogen panel metodlari yordamida Yevropa Ittifoqi va nomzod mamlakatlar misolida energiya iste'molining ortishi CO2 emissiyasini ko'paytirishi, iqtisodiy o'sish va turizm esa ifloslanishning oldini olish omili sifatida o'rta chiqqani haqida xulosaga keladi. YaIM bo'yicha aniq xulosa shakllanmagan bo'lsada, Pao (2011) BRICS mamlakatlari misolida karbonat angidrid (CO2) emissiyasi va to'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar (TTXI) o'rtasida kuchli ikki tomonlama sabab-oqibat bog'liqligi mavjudligini aniqlagan. Shuningdek tadqiqotda energiya iste'moli CO2 emissiyasiga bir tomonlama ta'sir qilishi qayd etiladi.

Ahmad (2018) ARDL modelidan foydalangan holda 1971-2013 yillarda Xitoyda YaIM va uglerod emissiyasi o'rtasida EKC singari uzoq muddatli kvadratik munosabat borligini, bunda sabab-oqibat aloqadorligi iqtisodiy o'sishdan emissiyalarga qarab yurishini qayd etgan. Olimga ko'ra, Xitoyda uzoq muddatda emissiyani oshiruvchi yetakchi omil aholi sonining o'sishi emas, balki energiya iste'molining ortishi bo'lgan. Bieth (2021) tahlillariga ko'ra 6 ta ASEAN davlati va Yaponiya misolida YaIM o'sishi CO2 emissiyasiga katta bo'lmagan darajada ijobiy ta'sir ko'rsatsa, inson taraqqiyoti indeksining emissiyalarga ta'siri kuchsiz va salbiydir.

Makroiqtisodiy ko'rsatkichlar odatda bir-biriga chambarchas bog'liq va shuning uchun ham tadqiqotlarda ular kointegratsion munosabatga asoslangan modellar yordamida tahlil qilinadi. Xususan, Mitić va b. (2017) o'tish iqtisodiyotlari misolida real YAIM va CO2 emissiyalari o'rtasida uzoq muddatli kointegratsion bog'liqlik mavjudligini qayd etadi. YAIMning 1 foizga o'sishi emissiyalar hajmini 0,35 foizga orttirishi haqida xulosaga keladi. Xuddi shunday mazmundagi natija Caporale (2021) tomonidan Xitoy yuzasidan o'tkazilgan tahlil orqali olingan.

Metodologik nuqtai nazardan model tanlashda kointegratsion bog'liqlik va hajman kichik to'plamlar uchun ko'pincha Avtoregressiv taqsimlangan lag (Autoregressive Distributed Lag – ARDL) metodi qo'llanadi. Bunga misollarni quyidagi jadvalda keltirib o'tamiz:

1-jadval

ARDL metodidan foydalanish holatlari

Mualliflar	Mamlakat / mintaq	Model	Bog'liq o'zgaruvchi	Mustaqil o'zgaruvchi	Natija
Raximov (2023)	O'zbekiston	ARDL	CO2	YaIM	Ijobiy
Xalimjonov va b. (2025)	O'zbekiston	ARDL	CO2	YaIM, energiya iste'moli	Ijobiy
Pachiyappan va b. (2021)	Hindiston	ARDL	CO2	YaIM, energiya iste'moli, aholi soni o'sishi	Ijobiy
Hatmanu va b. (2022)	Ruminiya, Bolgariya	ARDL	CO2	YaIM, energiya iste'moli, urbanizatsiya	Aralash
Chindo va b. (2015)	Nigeriya	ARDL	YaIM	CO2, energiya iste'moli	Aralash

Ko'rinib turganidek, O'zbekiston va alohida olingan mamlakatlar misolida o'tkazilgan tadqiqotlarda ARDLdan foydalanish odat tusiga kirgan.

Tadqiqot metodologiyasi.

Nazariy asoslar va ma'lumotlar. Mazkur tadqiqot yashil sanoat siyosati instrumentlarining qo'llanishi va ekologik barqarorlik o'rtasidagi aloqadorlikni aniqlashni o'z oldiga maqsad qilib olgan. Kuznetsning ekologik egri chizig'ining (EKC) mantiqiy asosi, shuningdek Aghion va b. (2016) tomonidan olib borilgan metodologik tadqiqotlarga asoslangan holda karbonat angidrid emissiyasi hamda iqtisodiy o'sish (aholi jon boshiga YaIM), sanoatda qo'shilgan qiymat, to'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar (TTXI) va elektr energiyasi iste'molini bog'lab turuvchi ko'p o'zgaruvchili model ishlab chiqildi.

Hisob-kitoblarning barqarorligini ta'minlash, shu bilan birga 2017 yilda o'tkazilgan valyuta konvertatsiyasini liberallashtirish bo'yicha islohotning matematik ta'sirni kamaytirish maqsadida TTXIdan boshqa barcha ko'rsatkichlar natural logarifmlandi. Ma'lumotlar 1991-2024 yillarga oid yillik ko'rsatkichlardan iborat bo'lib, ular Jahon banki ma'lumotlar bazasidan olingan va O'zbekiston iqtisodiyotining 35 yillik transformatsiya yo'lini ko'rsatib beradi.

Statsionarlik testlari. Ekonometrik tahlillarning dastlabki bosqichi vaqtli qator ma'lumotlarining integratsiyalashuv darajasini baholashdan iborat. Odatda bu masalada kengaytirilgan Dickey-Fuller testi (Dickey and Fuller, 1979) (Augmented Dickey-Fuller – ADF) qo'llab kelinadi. Biroq, Davidson and MacKinnon (2004) fikricha, hajman kichik to'plamlarni (ushbu tadqiqotda 34 ta) baholash metodning kuchsiz jihati va shu sababli u avtokorrelyatsiya majud holatda integratsiyalashuv darajasini to'g'ri aniqlashda qiynaladi.

Shunga muvofiq ma'lumotlarning yaroqliligini tekshirishda Phillips-Perron (PP) testiga (Phillips and Perron, 1988) murojaat qilindi. ADFdan farqli o'laroq, PP testi avtokorrelyatsiya va geteroskedastiklikni inobatga olishda noparametrik korreksiyadan foydalanadi.

Darhaqiqat, tadqiqot davomida avvalo ADF testi qo'llanib, logarifmlash va birinchi darajasi farqlarni qo'llashga qaramay p-qiymatlar 0,1 dan ortiqni ko'rsatdi (ma'lumotlarning statsionarligi isbotlanmadi). PP qo'llanganda esa aholi jon boshida YaIM (AQSh dollarida, o'zgarmas narxlar)dan boshqa barcha ko'rsatkichlarning statsionarligi tasdiqlandi. Shu sababli modelda tarkibiy siljish (structural break) muammosini (katta ehtimol bilan 2017 yildan keyingi) bartaraf etish maqsadida Zivot-Andrews (ZA) testidan foydalanildi va o'zgaruvchilarning ikkinchi darajali integratsiyalashmaganiga (I2) oydinlik kiritildi. Aks holda, modelning asosini tashkil qiluvchi ARDL yondashuvini qo'llash imkonsiz bo'lib qolar edi.

ARDL yondashuvi. PP vaZA testlari orqali olingan natijalarga ko'ra biz tomondan tanlab olingan o'zgaruvchilarning integratsiyalashuv darajasi aralash (I0 va I1) bo'lganligi sababli, keyingi tahlillarda ARDL metodi qo'llandi. M.Perasan (2001) fikricha, ARDLning ustun jihati shundaki, undan foydalanishda o'zgaruvchilarning integratsiyalashuv darajasi 0 yoki 1 bo'lishi ahamiyatga ega emas (muhammi 2 bo'lmashligi kerak). Shuningdek, Johansenning kointegratsiya usulidan farqli ravishda ARDL aynan kichik hajmli to'plamlarda yaxshiroq natija beradi (Narayan, 2005) va ham uzoq, ham qisqa muddatli davr uchun xulosalar yasashda qo'l keladi.

Shu tariqa, o'zgaruvchilar o'rtasida uzoq muddatli bog'liqlik (kointegratsiya) mavjudligidan kelib chiqqan holda ARDL modelini cheklanmagan xatolarni tuzatish modeli (Unrestricted error correction model – UECM) shaklida tuzamiz:

$$\Delta \ln CO2_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta \ln CO2_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma_j \Delta \ln X_{t-j} + \lambda_1 \ln CO2_{t-1} + \lambda_2 \ln X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Bu yerda Δ birinchi darajali farq operatori, λ – uzoq muddatli multiplikatorlar.

Kointegratsiya va barqarorlik diagnostikasi. O'zgaruvchilar orasida uzoq muddatli bog'liqlikning mavjudligini tasdiqlash uchun esa Chegaraviy (Bounds) F-testidan foydalanamiz. Bunda, agarda f-qiymat yuqori chegaraviy kritik qiymatlardan ortib ketsa, nol gipoteza – kointegratsion aloqadorlikning yo'qligi inkor etiladi. Kointegratsiya tasdiqlangach xatolarni

tuzatish modeli (Error Correction Model – ECM) yordamida o'zgarishlarning muvozanat holatga qaytish tezligi aniqlanadi.

Yakuniy bosqichda parametrlarning tarkibiy barqarorligi kumulyativ yig'indi (Cumulative Sum – CUSUM) va kvadratlar kumulyativ yig'indisi (CUSUM of Squares – CUSUMsq) testlari (Brown et al., 1975) orqali tekshiriladi. Mazkur testlar aniqlangan elastiklik darajalarining Yangi O'zbekistonda kuzatilayotgan tarkibiy va siyosiy o'garishlar ta'siridan holi bo'lishini ta'minlaydi.

Tahlil va natijalar muhokamasi.

Statsionarlik testlari natijalari. ADF orqali vaqtli qator ma'lumotlarining statsionarligi tasdiqlanmagach (barcha o'zgaruvchilar bo'yicha $p > 0,1$), PP testi qo'llandi va to'plamda birlik ildizning yo'qligi aniqlandi:

2-jadval

Phillips-Perron testi natijalari

O'zgaruvchi	Integratsiyalashuv darajasi	Test statistic	p-value	Xulosa
ln_EPC	1	-36.698	< 0.01	Stationar
ln_CO ₂	1	-36.349	< 0.01	Stationar
ln_GDP	1	-12.494	0.3246	Stationar emas
ln_INDVAD	1	-23.458	< 0.01	Stationar
FDI	1	-40.614	< 0.01	Stationar

Bu yerda:

EPC – aholi jon boshiga elektr energiyasi iste'moli (KVt/soat)

CO₂ – aholi jon boshiga karbonat angidrid emissiyalari (tonna), qishloq xo'jaligidan tashqari

GDP – aholi jon boshiga YaIM, doimiy narxlarda (AQSh dollari, 2015)

INDVAD – Sanoatda qo'shilgan qiymat (YaIMga nisbatan foizda)

FDI – to'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar sof kirimi (YaIMga nisbatan foizda).

PP testi natijalariga ko'ra, aholi jon boshiga YaIMdan boshqa barcha o'zgaruvchilar natural logariflanib, birinchi darajali farqlar olingandan so'ng statsionar holatga keldi. Aholi jon boshiga yalpi ichki mahsulotni ifodalovchi ln_GDP o'zgaruvchisining birinchi farqlari uchun PP testi nol gipotezani rad eta olmadi (p -qiymat = 0.3246), ya'ni mazkur ko'rsatkich statsionar deb topilmadi. Biroq, ushbu holat to'plamda kuzatuvlar sonining cheklanganligi hamda O'zbekiston iqtisodiyotida kuzatilgan tarkibiy o'zgarishlar, jumladan 2017 yildan keyingi jadal islohotlar bilan izohlanishi mumkin. Boshqacha aytganda, PP testi milliy iqtisodiyotdagi keskin o'zgarishlarni doimiy voqelik (trend) deb qabul qiladi va vaziyatni noto'g'ri talqin qilinishiga sharoit yaratadi. Shu sababli ln_GDP o'zgaruvchisini modelda saqlab qolish uchun uni tarkibiy siljishlarni inobatga oluvchi testlar orqali tekshirish zaruriyati paydo bo'ladi.

O'zgaruvchining tarkibiy siljishlar sharoitida statsionarligiga bago berish uchun esa ZA testidan foydalanildi.

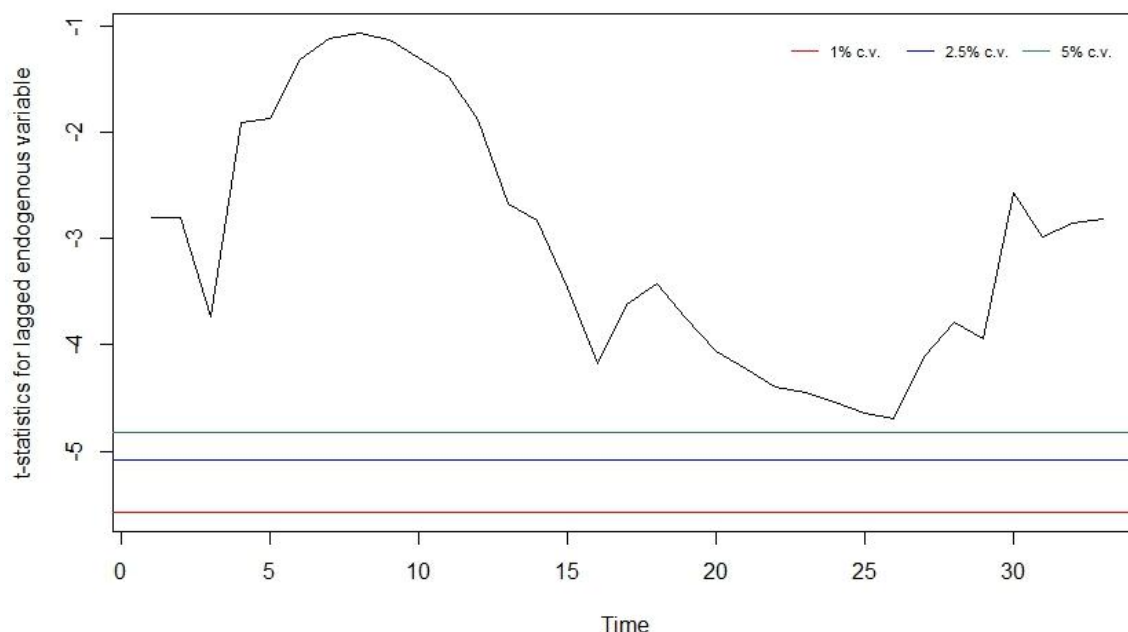
3-jadval

Zivot-Andrews testi natijalari

O'zgaruvchi	Model	t-statistika	1% kritik qiymat	5% kritik qiymat	10% kritik qiymat	Natija
ln_GDP	Intercept & Trend	-4.695	-5.57	-5.08	-4.82	Stationar emas

ln_GDP uchun ZA testi natijalari 10 foizlik kritik qiymat (-4,82) dan ham tashqarida ekanini ko'rsatdi. Bu esa o'rganilgan davrda 1 ta tarkibiy siljish sodir bo'lish imkoniyati hisobga olingan taqdirda ham nostatsionarlik saqlanib qolayotganini anglatadi. Shunday bo'lsa-da,

Narayanga (2005) muvofiq, kichik hajmli to'plamlarda birlik ildiz uchun an'anaviy testlar ko'pincha aralash natijalarni ko'rsatadi. YaIM ko'rsatkichining naqadar muhimligi, shuningdek ARDL metodining turli darajadagi integratsiyalashuv sharoitida ishlay olishini inobatga olib, tahlillarni mazkur o'zgaruvchidan voz kechmagan holda davom ettirish to'g'risida qaror olindi.



1-rasm. Zivot-Andrews testi natijalari grafik ko'rinishida

Rasm ma'lumotlari esa olingan qarorning to'g'riligiga ishora qiladi. Gorizontall chiziqlar kritik qiymatlar chegaralarini ko'rsatadi. Egri chiziq erishgan eng minimal nuqtasi (-4,695) aynan 2017 yilga to'g'ri keladi va o'zgaruvchida tarkibiy o'zgarish (siljish) rostdan ham mavjudligini tasdiqlaydi. Bu esa ARDL modelidan foydalanish asosli ekanidan darak beradi.

Kointegratsiya testlari natijalari. Birlik ildiz testlari natijalari o'zgaruvchilarning integratsiyalashuv darajasi aralash ($I(0)$ va $I(1)$) ekanligini ko'rsatdi. Shuningdek, birorta ham o'zgaruvchining ikkinchi darajali integratsiyalashuvga ($I(2)$) ega emasligi aniqlandi. Mazkur holat tadqiqotda ARDL chegaraviy (Bounds) yondashuvini qo'llash uchun zarur bo'lgan asosiy shartlarning bajarilganini bildiradi.

Bunda birinchi qadam o'zgaruvchilar o'rtasida uzoq muddatli bog'liqlik (kointegratsiya) mavjudligini aniqlashdan iborat. Buning uchun Bounds F-test (Wald) qo'llandi va f-statistikaning 3,9384 ga tengligi aniqlandi. Mazkur ko'rsatkich 10 foizlik ishonch intervalida statistik jihatdan ahamiyati hisoblanadi va o'zgaruvchilar orasida uzoq muddatli kointegratsion munosabat mavjudligini ko'rsatadi. 5 foizlik ishonch intervalida nol gipoteza, ya'ni kointegratsiya yo'qligi inkor etilmagan bo'lsa-da, natijalar ushbu bog'liqlikning zaifligini tasdiqlaydi (10 foizda inkor etilmoqda). Ta'kidlash joizki, bu kichik hajmli to'plamlarda qabul qilish mumkin bo'lgan holatlar sirasiga kiradi.

Uzoq muddatli koeffitsiyentlar (elastiklik). ARDL modelining uzoq muddatli baholash natijalari karbonat angidrid emissiyasi ($\ln_CO_2$) bilan asosiy makroiqtisodiy va sanoat omillari o'rtasida muhim bog'liqliklar mavjudligini ko'rsatadi.

Modeldan olingan eng muhim natija bu aholi jon boshiga yalpi ichki mahsulot ($\ln_GDP$) o'zgaruvchisi karbonat angidrid emissiyasiga salbiy va yuqori darajada statistik ahamiyatli ta'sir ko'rsatadi ($\beta = -0.46$, $p < 0.01$). Ushbu natija uzoq muddatda iqtisodiy o'sish O'zbekistonda ekologik samaradorlikning oshishi bilan birga kechayotganini anglatadi. Aniqroq aytganda, iqtisodiy o'sish bilan energiya samaradorligi va texnologik yangilanishlar emissiyalarni qisqartirishga xizmat qilmoqda. Mazkur holat Kuznetsning ekologik egri chizig'i gipotezasining uzoq muddatli talqiniga mos tushadi.

To'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar (FDI) ko'rsatkichi esa karbonat angidrid emissiyasiga ijobiy va qisman statistik ahamiyatga ega ta'sir ko'rsatmoqda ($\beta = 0.14$, $p \approx 0.06$). Bu natija o'rganilgan davrda xorijiy investitsiyalarning O'zbekistonda asosan emissiya-intensiv tarmoqlarga yo'naltirilayotganini ko'rsatadi.

4-jadval

ARDL modelining uzoq muddatli baholash natijalari

Omil	Koeffitsiyent	Std. xatolik	t qiymat	Pr(> t)
(Intercept)	1.7344260	2.48574611	0.6977487	0.4913000002
ln_EPC	0.5297507	0.43198675	1.2263123	0.2306690321
FDI	0.1351242	0.06971374	1.9382721	0.0631113790
ln_INDVAD	-0.2852628	0.29483070	-0.9675480	0.3418577282
ln_GDP	-0.4615819	0.11601072	-3.9787861	0.0004681034

Sanoatda qo'shilgan qiymat (ln_INDVAD) o'zgaruvchisi uchun aniqlangan koeffitsient manfiy bo'lsa-da, u statistik jihatdan ahamiyatli emas. Bu sanoat ishlab chiqarishining uzoq muddatli emissiyalarga ta'siri bir xil yo'nalishda bo'lmaganini yoki boshqa omillar (texnologiya, energiya manbalari tarkibi) orqali bilvosita shakllanayotganini anglatadi.

Elektr energiyasi iste'moli (ln_EPC) koeffitsiyenti ijobiy bo'lsa-da, u statistik jihatdan ahamiyatli emas. Bu natija elektr energiyasi iste'molining emissiyalarga uzoq muddatli ta'siri bevosita emas, balki energiya ishlab chiqarish manbalari tarkibi va energiya samaradorligi orqali namoyon bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

Umuman olganda, uzoq muddatli natijalar iqtisodiy o'sishning ekologik bosimni kamaytirishga xizmat qilayotganini, biroq xorijiy investitsiyalar va energiya bilan bog'liq omillar bo'yicha ekologik samaradorlik hali to'liq shakllanmaganini ko'rsatadi. Bu esa yashil sanoat siyosatini yanada chuqurlashtirish va investitsiyalarni ekologik jihatdan toza texnologiyalarga yo'naltirish zarurligini anglatadi.

Qisqa muddatli muvozanat va ECM mexanizmi. ARDLni xatolarni tuzatish modeli shaklida qo'llash natijasida olingan qisqa muddatli baholash natijalari karbonat angidrid emissiyasi bilan asosiy iqtisodiy omillar o'rtasidagi munosabatlarning qisqa muddatli davrda ham o'zgarishsiz qolayotganini ko'rsatdi.

5-jadval

ARDL modelining qisqa muddatli baholash natijalari

Omil	Koeffitsiyent	Std. xatolik	t qiymat	Pr(> t)
(Intercept)	0.52234912	0.85954962	0.607701	0.548463584
ln_GDP	-0.13901249	0.04943672	-2.811928	0.009062608
ln_INDVAD	-0.08591130	0.07622735	-1.127040	0.269642449
FDI	0.04069474	0.01347223	3.020639	0.005461891
ln_EPC	0.15954258	0.10485834	1.521506	0.13975936

Jadvaldan ko'rish mumkinki, aholi jon boshiga YaIM qisqa muddatda karbonat angidrid emissiyasiga salbiy va statistik ahamiyatli ta'sir ko'rsatadi ($\beta = -0.14$, $p < 0.01$). TTXI va emissiyalar hajmi o'rtasida ijobiy bog'liqlik mavjud ($\beta = 0.04$, $p < 0.01$). Sanoatda qo'shilgan qiymat va elektr energiyasi iste'moli o'zgaruvchilari koeffitsiyentlari esa statistik jihatdan ahamiyatli emas. Bu esa mazkur omillarning qisqa muddatli emissiyalarga ta'siri bevosita va barqaror emasligini anglatadi.

Qisqa muddatli davr uchun hisob-kitoblar mustaqil o'zgaruvchilarning CO₂ emissiyasiga tezkor ta'sirini ko'rsatib bersa-da, ular mazkur qisqa muddatli tebranishlarning uzoq muddatli trendlarga mos tushish-tushmasligini aniqlay olmaydi. Buni aniqlash uchun

qisqa muddatli o'zgarishlarning uzoq muddatli muvozanat holatiga qaytish tezligini (Error Correction Term – ETC) baholash, tahlil texnikasi jihatdan esa ARDL modeli xatolarni tuzatish shaklida (Error Correction Model – ECM) qo'llash lozim bo'ladi.

6-jadval

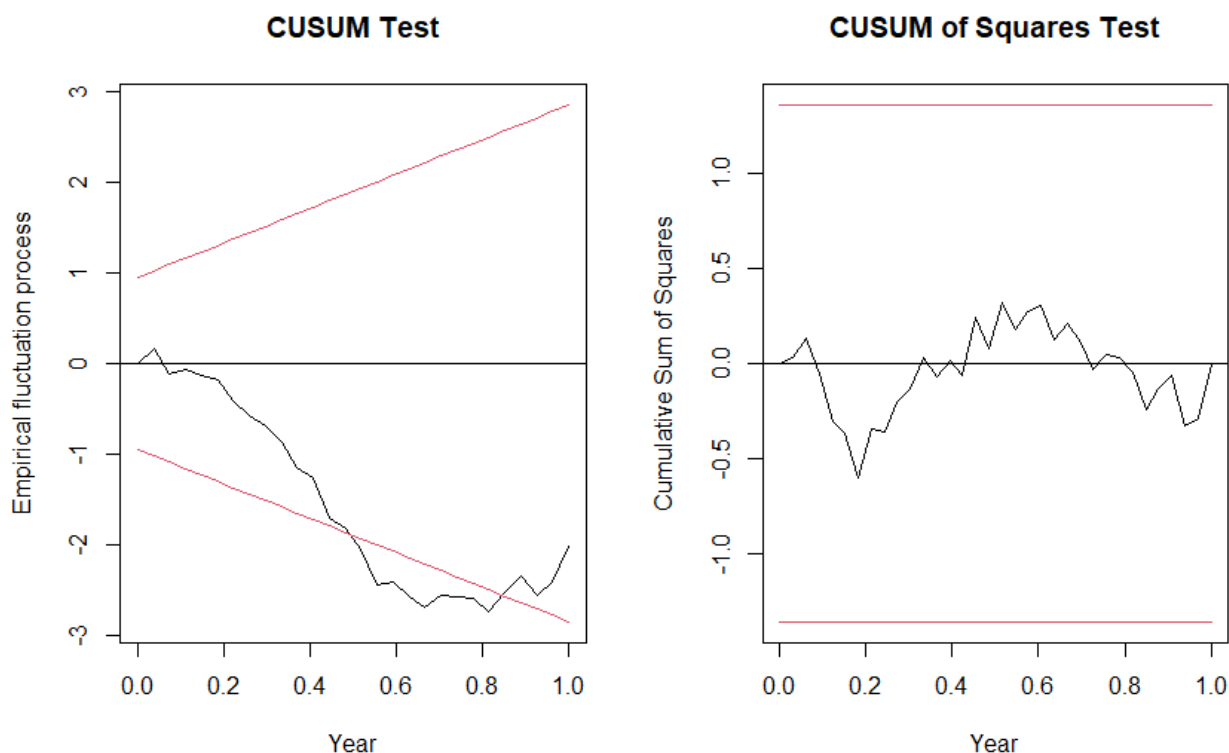
ECM natijalari

Omil	Koeffitsiyent	Std. xato	t qiymat	Pr(> t)
(Intercept)	0.5223491	0.11273769	4.633314	6.126918e-05***
ECT	-0.3011654	0.06333793	-4.754898	4.331087e-05***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

ARDL-ECM doirasida olingan xatolarni tuzatish koeffitsiyenti -0,3 ni tashkil qildi va 1 fozilik darajada statistik ahamiyatga ega ($p < 0.01$). Manfiylik ko'rsatkichi va statistik ahamiyatlilik shundan darak beradiki, O'zbekistonda CO2 emissiyasi va mustaqil o'zgaruvchilar o'rtasida barqaror bog'liqlik mavjud. Mazkur voqelik M.Perasan (2001) va A.Banerjee (1998) tomonidan taklif etilgan metodologiyaga mos tushadi.

ECTning -0,3 ekanligi tizimning moslashuv tezligi mo'tadilligini ko'rsatadi. Ya'ni uzoq muddatli muvozanatdan og'ishlarning 30 foizi 1 yil ichida to'g'rilanib ketadi. Boshqacha aytganda, qisqa muddatli tebranishlardan (masalan, sanoat ishlab chiqarishi yoki TTXI oqimining keskin o'zgarishi) so'ng mamlakatning iqtisodiy va ekologik tizimlari 3-4 yil ichidan o'zining barqaror holatiga keladi.

Modelning mustahkamligi. ARDL-ECM modelining mustahkamligi CUSUM va CUSUMSQ testlari yordamida tekshirildi. Ushbu testlar model parametrlarining o'rganilgan davr davomida barqarorligini hamda qoldiqlar dispersiyasida strukturaviy beqarorlik mavjudligini aniqlashda keng qo'llaniladi.



2-rasm. CUSUM va CUSUMSQ testlari natijalari

CUSUM testi model koeffitsiyentlarining vaqt davomida barqarorligini baholaydi. Test natijalari kumulyativ yig'indi o'rganilgan davrning ikkinchi yarmida 5 foizlik kritik

chegaralardan vaqtincha (taqriban 2007-2017 yillar) chiqib ketganini ko'rsatdi, bu esa parametrlarning yengil darajadagi beqarorligini anglatadi. Mazkur holat keskin tarkibiy siljishlarni emas, balki koeffitsiyentlarning bosqichma-bosqich o'zgarib borishini ifodalaydi. O'zbekiston iqtisodiyotining transformatsion xususiyati va ayniqsa 2017 yildan keyin amalga oshirilgan keng ko'lamli islohotlar inobatga olinsa, bunday holat iqtisodiy mantiqqa mos tushadi va modelning noto'g'ri tuzilganini anglatmaydi.

Bundan farqli o'laroq, CUSUMSQ testi o'rganish davri davomida qoldiqlar kvadratlari kumulyativ yig'indisining 5 foizlik kritik chegaralar ichida qolganini ko'rsatdi. Ushbu natija qoldiqlar dispersiyasining barqarorligini va modelda keskin tarkibiy siljishlar yoki favqulodda o'zgarishlar mavjud emasligini tasdiqlaydi. CUSUMSQ testining bunday natijalari modelning umumiy dispersiya tuzilmasi ishonchli ekanini ko'rsatadi.

Umuman olganda, qoldiqlar dispersiyasining barqarorligi va ECTning manfiy hamda statistik ahamiyatli bo'lishi ARDL-ECM modelining mustahkamligini tasdiqlaydi va baholangan qisqa hamda uzoq muddatli munosabatlarning ishonchliligini ta'minlaydi.

Xulosa va takliflar.

O'tkazilgan tadqiqot 1991-2024-yillar davomida O'zbekistonda iqtisodiy o'sish va ekologik vaziyat o'rtasidagi bog'liqlikni kompleks ekonometrik tahlil qilish imkonini berdi. ARDL modelining qo'llanilishi o'zgaruvchilar o'rtasida uzoq muddatli kointegratsion bog'liqlik mavjudligini tasdiqladi. Bu esa makroiqtisodiy siyosatning atrof-muhit holatiga ta'siri tizimli xarakterga ega ekanligidan dalolat beradi.

Ishning eng muhim natijasi YaIMning o'sishi ham uzoq, ham qisqa muddatli davrda ekologik samaradorlikning oshishi bilan kechayotganidan iborat. Ushbu ko'rsatkichning o'zgarish dinamikasida aniqlangan tarkibiy siljish esa 2017 yildan keyingi islohotlarning haqiqatda samara keltirganidan darak beradi. Biroq, TTXIning emissiyalarga ta'siri borasida teskari vaziyat kuzatilgan: qisqa va uzoq muddatda xorijiy investitsiyalar atmosfera havosining ifloslanishiga lib kelgan.

Model natijalari ko'rsatdiki sanoat ishlab chiqarishining o'sishi CO₂ emissiyasini qisqartiradi. Ammo bog'liqlikning 10 foizli darajada statistik ahamiyatli emasligi bu xulosani ilmiy dalil sifatida qabul qilishga to'sqinlik qiladi. Aynan shu fikrni aholi jon boshiga energiya iste'moli va emissiyalar o'rtasidagi bog'liqlikka nisbatan ham qo'llash mumkin.

Xatolarni tuzatish koeffitsiyentining manfiyligi ($ECT = -0.3$) milliy iqtisodiyotdagi qisqa muddatli o'zgarishlarning uzoqli muddatli muvozanatga singib ketishini ko'rsatadi. Bu esa iqtisodiyotning ichki va tashqi ta'sirlarga yetarlicha moslashuvchanligidan darak beradi.

Yuqoridagi tahlil va xulosalardan kelib chiqib, O'zbekistonda iqtisodiy o'sish va ekologik barqarorlik o'rtasida ajralish (decoupling) jarayonini jadallashtirish maqsadida quyidagilar *taklif* etiladi:

1. Yashil sanoat siyosatini yuritishda CO₂ emissiyasini kamaytirish bo'yicha masqadlarni gorizontaal belgilash, uning ijrosini ta'minlashda vertikal siyosat yuritish (masalan, Xitoyning «1+N» modeli).

2. TTXIning CO₂ emissiyasi miqdoriga ta'siri koeffitsiyenti musbat, ammo kichik ekanligini hisobga olib, yangi investitsiya loyihalari uchun ekologik komplayens tartibini yanada kuchaytirish. Bunda jahon tajribasini inobatga olgan holda texnologiyalarning ekologik samaradorlik mezonlarini joriy qilish hamda quyi samarali texnologiyalarga taqiq belgilash.

3. Energiya iste'molining emissiya hajmiga ta'siri borasida aniq xulosaning olinmaganligi mamlakat elektr ta'minoti tizimida qo'shimcha islohotlar olib borish zaruriyatiga ishora qiladi. Bunda ekologik zararli va energiya sig'imi yuqori korxonalarning faoliyatini qayta ko'rib chiqish ko'p jihatdan samara keltirishi mumkin

Adabiyotlar/Lumepamypa/References:

- Aghion, P., et al. (2016) 'Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry.' *Journal of Political Economy*, 124, pp. 1–51. <https://doi.org/10.1086/684581>
- Ahmad, M., et al. (2018) 'Carbon emissions, energy use, gross domestic product and total population in China.' *Economics and Environment*, 65, 13.
- Banerjee, A., Dolado, J. and Mestre, R. (1998) 'Error-correction Mechanism Tests for Cointegration in a Single-equation Framework.' *Journal of Time Series Analysis*, 19, pp. 267–283. <https://doi.org/10.1111/1467-9892.00091>
- Bieth, R.C.E. (2021) 'The influence of Gross Domestic Product and human development index on CO2 emissions.' In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, p. 012034.
- Brown, R.L., Durbin, J. and Evans, J.M. (1975) 'Techniques for testing the constancy of regression relationships over time.' *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 37, pp. 149–163.
- Caporale, G.M., et al. (2021) 'Analysing the relationship between CO2 emissions and GDP in China: a fractional integration and cointegration approach.' *J Innov Entrep*, 10, 32. <https://doi.org/10.1186/s13731-021-00173-5>
- Chindo, S., et al. (2015) 'Energy consumption, CO2 emissions and GDP in Nigeria.' *GeoJournal*, 80, pp. 315–322. <https://doi.org/10.1007/s10708-014-9558-6>
- Cole, M.A., Rayner, A.J. and Bates, J.M. (1997) 'The environmental Kuznets curve: an empirical analysis.' *Environment and Development Economics*, 2, pp. 401–416.
- Davidson, R. and MacKinnon, J.G. (2004) *Econometric theory and methods*. New York: Oxford University Press.
- Dickey, D.A. and Fuller, W.A. (1979) 'Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root.' *Journal of the American Statistical Association*, 74, pp. 427–431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
- Dinda, S. (2004) 'Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey.' *Ecological Economics*, 49, pp. 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Dogan, E. and Aslan, A. (2017) 'Exploring the relationship among CO2 emissions, real GDP, energy consumption and tourism in the EU and candidate countries: Evidence from panel models robust to heterogeneity and cross-sectional dependence.' *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, pp. 239–245.
- Hatmanu, M., Cautisanu, C. and Iacobuta, A.O. (2022) 'On the relationships between CO2 emissions and their determinants in Romania and Bulgaria. An ARDL approach.' *Applied Economics*, 54, pp. 2582–2595. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1998328>
- Mitić, P., Munitlak Ivanović, O. and Zdravković, A. (2017) 'A cointegration analysis of real GDP and CO2 emissions in transitional countries.' *Sustainability*, 9, 568.
- Narayan, P.K. (2005) 'The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests.' *Applied Economics*, 37, pp. 1979–1990. <https://doi.org/10.1080/00036840500278103>
- Pachiyappan, D., et al. (2021) 'Short and long-run causal effects of CO2 emissions, energy use, GDP and population growth: evidence from India using the ARDL and VECM approaches.' *Energies*, 14, 8333.
- Pao, H.-T. and Tsai, C.-M. (2011) 'Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI and GDP: evidence from a panel of BRIC countries.' *Energy*, 36, pp. 685–693.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. and Smith, R.J. (2001) 'Bounds testing approaches to the analysis of level relationships.' *Journal of Applied Econometrics*, 16, pp. 289–326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- Phillips, P.C. and Perron, P. (1988) 'Testing for a unit root in time series regression.' *Biometrika*, 75, pp. 335–346.
- Raximov, A. (2023) 'The Impact of Economic Growth on Air Pollution in Uzbekistan: an Empirical Analysis.' *Economic Development and Analysis*, 1, pp. 131–139.
- Xalimjonov, N., Toxirov, S. and Jumamuratov, S. (2025) 'ANALYZING N-SHAPED ENERGY VERSUS ENVIRONMENT MODEL: EVIDENCE FROM UZBEKISTAN.' *Innovation Science and Technology*, 1.