



**Ayxan İBRAHİMOV**

Qərbi Kaspi Universiteti, İqtisadiyyat və biznes məktəbinin müəllimi, Bakı, Azərbaycan  
E-mail: [ayxanibrahimov01@gmail.com](mailto:ayxanibrahimov01@gmail.com)  
ORCID ID: 0000-0003-4679-1576

**İsmail MAZGİT**

Dokuz Eylül Universiteti, İzmir, Türkiyə  
E-mail: [ismail.mazgit@deu.edu.tr](mailto:ismail.mazgit@deu.edu.tr)  
ORCID ID: 0000-0001-7991-1381

**AVRASIYA ÖLKƏLƏRİNDƏ İQTİSADI ARTIM, ENERJİ İSTEHLAKI VƏ CO<sub>2</sub> EMISSİYALARI ARASINDAKI ƏLAQƏ: EKC YANAŞMASI ÜZRƏ PANEL TƏHLİL**

**Xülasə**

Bu tədqiqat, 2000-2024-cü illər arasında 12 Avrasiya ölkəsində iqtisadi artım, enerji istehlakı, bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə və karbon qazı (CO<sub>2</sub>) emissiyaları arasındakı əlaqənin təhlilini aparır. Bu tədqiqat, iqtisadi artım-ətraf mühit əlaqəsini qiymətləndirmək və bununla da enerji-artım əlaqəsinin istiqamətini müəyyən etmək üçün Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi (EKC) çərçivəsindən istifadə edir. Həm Panel FMOLS, həm də DOLS metodlarının istifadəsi uzunmüddətli əlaqələrin qiymətləndirilməsini asanlaşdırır. Səbəbiyyət istiqamətini müəyyən etmək məqsədilə Dumitrescu-Hurlin panel səbəbiyyət testindən istifadə olunur. Təhlildən əldə edilən empirik nəticələr iqtisadi artım və karbon emissiyaları arasında tərs U formalı əlaqənin mövcudluğunu göstərir. EKC-nin dönüş nöqtəsinin adambaşına təxminən 37.000 ABŞ dolları gəlir nöqtəsində tapılacağı təxmin edilir. Bu tədqiqatın nəticələri enerji istehlakı ilə karbon emissiyaları arasında müsbət və statistik cəhətdən əhəmiyyətli bir əlaqəni nümayiş etdirir və beləliklə, iqtisadi artımın enerji tələb edən olduğuna dair dəlillər təqdim edir. Əksinə, bərpa olunan enerji istehlakının emissiyaların azaldılmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərdiyi nümayiş etdirilib və beləliklə, ətraf mühitin dayanıqlılığına nail olmaq məqsədilə enerji strukturunun dəyişdirilməsinin vacibliyini vurğulayır. Səbəb-nəticə təhlilinin nəticələri enerji istehlakı ilə iqtisadi artım arasında ikitərəfli (əks əlaqə) əlaqənin mövcudluğunu göstərir. Bundan əlavə, enerji istehlakının karbon emissiyaları ilə müsbət və əhəmiyyətli dərəcədə korrelyasiya etdiyi güclü birtərəfli səbəb-nəticə əlaqəsi mövcuddur. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, karbon emissiyalarına töhfə verən əsas amil enerji istehlakıdır və iqtisadi artım dolayı yolla bu prosesi daha da ağırlaşdırır. Nəticə etibarilə, tədqiqat göstərir ki, Avrasiya ölkələrində inkişaf səviyyəsi emissiya trayektoriyasını müəyyən edən əsas amildir. İnkişaf etmiş ölkələr emissiyaların azaldılması mərhələsinə qədəm qoysalar da, inkişaf etməkdə olan ölkələrdə karbon intensiv iqtisadi artım davam edir. Bu baxımdan, davamlı iqtisadi inkişafın təşviqi üçün əsas tələb bərpa olunan enerji mənbələrinə investisiyaların artırılması, enerji səmərəliliyinin artırılması və enerji ilə iqlim arasındakı əlaqəni həll edən uyğunlaşdırılmış siyasətlərin tətbiqidir.

**Açar sözlər:** iqtisadi artım, enerji istehlakı, bərpa olunan enerji, CO<sub>2</sub> emissiyaları, Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi (EKC).

UOT: 330.35: 504.3: 620.9

JEL: C23, Q43, O44, Q53

DOI: <https://doi.org/10.54414/ELAO8332>

**Giriş**

Enerji, kontinental iqtisadiyyatlarda sənaye inkişafının və iqtisadi artımın asanlaşdırılması üçün vacib olan fundamental iqtisadi

resurs kimi çıxış edir [1, s.31]. Sənaye inqilabından bəri istehsalın genişlənməsi, şəhərləşmə və texnoloji irəliləyişlər səbəbindən

qlobal enerji tələbatında əhəmiyyətli dərəcədə artım müşahidə edilmişdir. [2, s.977]. Adam Smitin əsas əsərlərindən başlayaraq iqtisadçılar iqtisadi fəaliyyətlərinin daha geniş kontekstində istehsalın, əmək və kapitalın hərəkətverici qüvvəsi kimi getdikcə daha çox tanınırlar. 17-ci və 18-ci əsrlərdə bu amillər taxıl iqtisadiyyatı üçün həlledici əhəmiyyət kəsb edirdi. 19-cu əsrdə enerji amili sənayeləşmənin yeni bir amili kimi təqdim edildi. Lakin Keyns iqtisadi paradigmasında enerji istehlakı gəlir səviyyələri ilə müəyyən edilir və enerji istehlakı ilə iqtisadi səmərəlilik arasında qarşılıqlı əlaqə mövcuddur. Enerji qiymətlərinin artmasının iqtisadiyyatın gəlirlərinə və iqtisadi artımına müsbət təsir göstərəcəyi aydındır.

Enerji qiymətləri ilə iqtisadi artım arasındakı əlaqə qarşılıqlı təsirlərin mürəkkəb qarşılıqlı təsiri ilə xarakterizə olunur. Enerji müxtəlif təhsil fəaliyyətlərinin əsas komponenti kimi müəyyən edilmişdir və iqtisadi artımın əsas katalizatoru kimi geniş şəkildə tanınır [1,3]. Əksinə, iqtisadi artımın artmasının həm mallara, həm də xidmətlərə tələbatın artması ilə müşayiət olunduğu müşahidə edilmişdir [4, s.645]. Sadorsky-nin bu fenomeni şərh etməsi, enerji istehlakında və iqtisadi artımın ixracında müşahidə olunan artımın sonrakı iqtisadi artımla əlaqələndirilə biləcəyini irəli sürür. Fərziyyə budur ki, buna həm enerji istehlakı, həm də iqtisadi artım daxil olmaqla ixracın genişlənməsi yolu ilə nail olunur [5, s.481].

İqtisadi artım ölkənin inkişaf səviyyəsinin ən vacib göstəricilərindən biridir. Buna görə də, ölkələrin inkişaf və rifah səviyyələri ilə bağlı tədqiqatların böyük bir hissəsi iqtisadi artıma və ona təsir edən amillərə yönəlmişdir [6, s.107]. İqtisadi artımla əlaqəli olduğu düşünülməyən amillərlə bağlı son tədqiqatlar araşdırıldıqda, iqtisadi artımla enerji istehlakı arasındakı mümkün əlaqə diqqəti cəlb edir [7, 8, 9, 10].

İqtisadi artım və ətraf mühitin deqradasiyası arasındakı qarşılıqlı təsir Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi (EKC) hipotezi çərçivəsində uzun müddətdir müzakirə olunur. EKC, ətraf mühitin deqradasiyasının əvvəlcə gəlirlə artdığını, lakin müəyyən bir iqtisadi inkişaf səviyyəsinə çatdıqdan sonra azaldığını

irəli sürür. Çoxsaylı tədqiqatlar EKC hipotezini sınaqdan keçirsə də, empirik tapıntılar qarışıq olaraq qalır və ölkə qruplarına, zaman dövrlərinə, model spesifikasiyalarına və qiymətləndirmə üsullarına çox həssasdır. Xüsusilə, enerji istehlakının və enerji strukturunun artım-emissiya əlaqəsinin formalaşmasında rolu əhəmiyyətli akademik maraq doğurmağa davam edir [11, 12, 13].

Avrasiya iqtisadiyyatları bu təhlil üçün xüsusilə müvafiq kontekst təmin edir. Region həm yetkin sənaye strukturlarına malik inkişaf etmiş Avropa iqtisadiyyatlarını, həm də sürətli sənaye genişlənməsi və yüksək enerji intensivliyi ilə xarakterizə olunan inkişaf etməkdə olan Asiya iqtisadiyyatlarını əhatə edir. Bu fonda, bu tədqiqat 2000-2024-cü illər ərzində on iki Avrasiya iqtisadiyyatından ibarət pəndə iqtisadi artım, enerji istehlakı, bərpa olunan enerji istifadəsi və CO<sub>2</sub> emissiyaları arasında uzunmüddətli və səbəb-nəticə əlaqələrini araşdırır. Uzunmüddətli kointeqrasiya əlaqələrini ələ keçirmək üçün panel FMOLS və DOLS qiymətləndiricilərindən və istiqamətli əlaqələri araşdırmaq üçün Dumitrescu-Hurlin panel səbəb-nəticə testlərindən istifadə edərək, tədqiqat artım-enerji-emissiya əlaqəsi haqqında hərtərəfli empirik sübutlar təqdim etməyi hədəfləyir.

Bu tədqiqatın töhfəsi üçqatdır. Birincisi, həm inkişaf etmiş, həm də inkişaf etməkdə olan iqtisadiyyatları əhatə edən heterojen Avrasiya kontekstində EKC hipotezini yenidən araşdırır. İkincisi, bərpa olunan enerji istehlakını EKC çərçivəsinə inteqrasiya edir və enerji strukturunun transformasiya təsirlərinin qiymətləndirilməsinə imkan verir. Üçüncüsü, uzunmüddətli qiymətləndirməni və panel səbəb-nəticə təhlilini birləşdirir və artım, enerji və ətraf mühit keyfiyyəti arasındakı dinamik qarşılıqlı təsirləri daha tam başa düşməyə imkan verir.

### **Nəzəri çərçivə**

Qlobal istiləşmə və onunla əlaqəli iqlim dəyişikliyi, təbii sərvətlərdən istifadənin artması səbəbindən artan CO<sub>2</sub> emissiyaları, hava çirkliliyi, ekoloji fəlakətlər və s., xüsusən də son dövrlərdə dünyada tez-tez müşahidə olunur. Ölkələrin iqtisadi artım hədəflərinin ümumiyyətlə sənaye istehsalı ilə əlaqəli olması



və istehsalda istifadə olunan enerjinin əsasən qazıntı yanacaqlarından əldə edilməsi, şübhəsiz ki, qlobal ətraf mühitin degradasiyasını sürətləndirir. Buna görə də, ölkələrin iqtisadi artımı ilə onun yaratdığı potensial ekoloji problemlər arasındakı əlaqə ədəbiyyatda çox müzakirə olunan mövzu olaraq qalır. Kuznetsin [14] işinə əsaslanan Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi (EKC) hipotezi iqtisadi artım və ətraf mühit arasındakı əlaqəni izah etməkdə mühüm rol oynayır.

EKC hipotezi, gəlir bölgüsü ilə iqtisadi artım arasında əlaqə olduğunu iddia edən Simon Kuznetsin işinə əsaslanır. Kuznets öz tədqiqatında iqtisadi artımla adambaşına düşən gəlirin və gəlir bərabərsizliyinin artımın ilkin mərhələlərində artdığını, lakin adambaşına düşən gəlirin müəyyən bir səviyyəyə çatdıqdan sonra gəlir bərabərsizliyinin azalmağa başladığını aşkar etdi. Kuznets bu əlaqəni sonradan ədəbiyyatda Kuznets əyrisi kimi tanınacaq tərs çevrilmiş U formalı əyri ilə izah etdi. Bu hipotezə əsaslanaraq, Qrossman və Krueger ətraf mühit məsələlərinin artan əhəmiyyəti səbəbindən Kuznets hipotezini ətraf mühitə uyğunlaşdırdılar və işlərini "Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi (EKC)" adlandırdılar [15].

Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi (EKC) ətraf mühitin degradasiyasının müxtəlif göstəriciləri ilə adambaşına düşən gəlir arasında hipotetik əlaqəni təsvir edir. İqtisadi artımın ilkin mərhələlərində adambaşına düşən gəlir artdıqca (lakin müxtəlif göstəricilər üçün dəyişəcək adambaşına düşən gəlirin müəyyən bir səviyyəsindən yuxarı) ətraf mühitin degradasiyası və çirklənməsi artır, trend isə tərsinə çevrilir. Başqa sözlə, yüksək gəlir səviyyələrində iqtisadi artım ətraf mühitin yaxşılaşdırılmasına müsbət təsir göstərir. Bu, ətraf mühitə təsir göstəricisinin adambaşına düşən gəlirin tərs çevrilmiş U formalı funksiyası olduğunu anlamağa bərabərdir [16, s.1419].

İqtisadi nəzəriyyəyə enerjinin ilk dəfə daxil edilməsi birbaşa enerji mənbələri ilə əlaqəli olmasa da, onun fiziokratlar tərəfindən təqdim edildiyini söyləmək olar. Onlar kənd təsərrüfatı ilə əlaqələrinə görə su və torpaq kimi təbii sərvətlərə üstünlük verirdilər. Fiziokratlar iqtisadiyyatın əsasını təşkil edən kənd təsərrüfatı sektoruna töhfə verən torpağı yağış və günəş kimi enerji töhfələri ilə birlikdə

nəzərdən keçirirdilər [17, s.81]. Klassik iqtisadiyyatda enerji A. Smit və D. Rikardonun əsərləri ilə inkişaf edən klassik artım nəzəriyyələrində birbaşa qeyd olunmurdu və enerji pulsuz bir nemət kimi qəbul edilirdi. Fiziokratlar və sonrakı Klassik mütəfəkkirlər enerji anlayışından daha çox torpaq və təbii sərvətlər anlayışlarından istifadə edirdilər. Torpaq və ya təbii sərvətlər istehsal funksiyasında iştirak etməsələr də, onlar istehsalda məhdudlaşdırıcı amil kimi qəbul edilirdilər [18, s.19].

Stern və Cleveland-ə görə, neoklassik artım modelləri geniş şəkildə üç əsas kateqoriyaya bölünə bilər [19]. Birincisi, Solow-un 1956-cı il artım modelidir. Bu yanaşmaya görə, iqtisadi artım yalnız texnoloji tərəqqiyə əsaslanır. Bütün iqtisadiyyatların tarazlıq nöqtəsinə çatana qədər böyüyə biləcəyinə və bu nöqtədən kənarda artımın yalnız texnologiya vasitəsilə mümkün olacağına inanılırdı. Təbii ehtiyatlar və enerji bu modelə daxil deyildi.

Hamilton apardığı tədqiqatda neoklassik artım modelinə enerji əlavə edərək, xüsusilə neft qiymətləri ilə ÜDM arasındakı əlaqəni araşdırdı [20]. Onun tədqiqatı nəticəsində ABŞ-da iqtisadi artımı azaldan enerji təchizatının azalması deyil, enerji qiymətlərinin artması olduğu qənaətinə gəldi. Burbridge və Harrison, Hamilton modelindən istifadə edərək, bu iki dəyişən arasındakı ötürmə mexanizmini izah etməyə çalışdılar. Burbridge, Harrison və Hamiltonun birgə töhfələri ilə enerji artım və inkişaf ədəbiyyatında iqtisadi artıma təsir edən fundamental amillərdən biri kimi qəbul edilməyə başlandı [20, s.228-248; 21, s.459-484].

HBH modelində tədqiqatçılar enerji təchizatı ilə artım arasında müsbət əlaqə tapdılar. Həm qiymət artımları qarşısında enerji istehlakının azaldılması, həm də eyni miqdarda enerji üçün daha çox pul ödəmək məhsula mənfi təsir göstərdi. Bu qarşılıqlı təsir məhsul, xarici ticarət, faiz dərəcələri, inflyasiya və məşğulluq kimi müxtəlif ötürmə mexanizmləri vasitəsilə baş verir. Bir sözlə, enerji qiymətlərinin artması xərclərin birbaşa artması olduğundan, məhsulu azaldır. Dolayısı yolla, bu, neft idxal edən ölkələrin ticarət şərtlərini təhrif edir və pula və faiz dərəcələrinə tələbatın artmasına səbəb olur. Bu, inflyasiyanı

artırır, sərəncamda olan gəlirləri və istehlakı azaldır və investisiya xərclərini artırır və beləliklə, məşğulluğu azaldır. Nəticədə, enerji qiymətləri birbaşa və dolaylı yolla iqtisadi artıma təsir göstərir [20, s.228; 21, s.460].

Jumbe enerji istehlakı ilə iqtisadi artım arasında birtərəfli səbəb-nəticə əlaqəsi olduqda, sözügedən iqtisadiyyatın enerjiden asılı olduğunu və buna görə də enerjinin artım üçün stimül olacağını bildirmişdir; əks halda, mümkün enerji şoku iqtisadi artıma mənfi təsir göstərəcək və gəlir və məşğulluğun azalmasına da səbəb ola bilər [22].

Enerji istehlakı ilə iqtisadi artım arasındakı əlaqə ədəbiyyatda səbəb-nəticə baxımından dörd fərziyyə şəklində araşdırılır [23, 878]:

(1) Artım fərziyyəsi: Bu fərziyyəyə görə, enerji iqtisadi artımın vacib determinantlarından biridir. Səbəb-nəticə əlaqəsinin istiqaməti enerji istifadəsindən iqtisadi artıma doğrudursa, enerjinin determinant olduğu və artımın enerjiden asılı olaraq dəyişdiyi qəbul edilir [24, s.71].

(2) Qoruma fərziyyəsi: Səbəb-nəticə əlaqəsinin istiqaməti iqtisadi artımdan enerji xərclərinə doğrudursa, bu fərziyyə (qoruma fərziyyəsi) etibarlıdır və iqtisadi artım enerjiden asılı deyil [25, s.195].

(3) İkitərəfli fərziyyə: Bu fərziyyə (əks əlaqə hipotezi) səbəb-nəticə əlaqəsinin istiqaməti ikitərəfli olduqda, yəni enerji istifadəsi və iqtisadi artım bir-birinə qarşılıqlı təsir etdikdə etibarlıdır.

(4) Neytrallıq hipotezi: Bu nəzəriyyə (neytrallıq hipotezi) dəyişənlər arasında səbəb-nəticə əlaqəsi olmadığı təqdirdə etibarlıdır. Yəni, enerji istehlakı neytraldır və iqtisadi artıma heç bir təsiri yoxdur.

### **Ədəbiyyat icmal**

Apergis və Payne 1980–2005-ci illəri əhatə edən doqquz Cənubi Amerika ölkəsi üzrə enerji istehlakı ilə iqtisadi artım arasındakı əlaqəni panel kointeqrasiya və səhv korreksiya modeli vasitəsilə təhlil etmişdir [26]. Pedroni panel kointeqrasiya testi nəticələri real ÜDM, enerji istehlakı, əmək və kapital arasında uzunmüddətli tarazlıq əlaqəsinin mövcud olduğunu göstərmişdir. Qranger səbəbiyyət analizi isə enerji istehlakından

iqtisadi artıma doğru həm qısa, həm də uzunmüddətli səbəbiyyət əlaqəsinin olduğunu müəyyən edərək artım hipotezini təsdiqləmişdir.

Azam və başqaları 1980–2012-ci illər üzrə ASEAN-5 ölkələrində (İndoneziya, Malayziya, Tayland, Singapur və Filippin) enerji istehlakı ilə iqtisadi artım arasındakı əlaqəni Yohansen kointeqrasiya və Qranger səbəbiyyət testləri vasitəsilə araşdırmışdır [27]. Nəticələr dəyişənlər arasında əksər ölkələrdə uzunmüddətli kointeqrasiya əlaqəsinin mövcud olduğunu göstərmişdir. Səbəbiyyət analizi isə ölkələr üzrə fərqli nəticələr ortaya qoysa da, ümumilikdə enerji istehlakının iqtisadi artımla əhəmiyyətli uzunmüddətli əlaqəyə malik olduğunu göstərmişdir.

Methmini və başqaları 2000–2021-ci illər üzrə karbon emissiyalarının yüksək olduğu 20 ölkəni əhatə edən panel məlumat əsasında ÜDM, enerji istehlakı və ticarət açılığının karbon emissiyalarına təsirini çoxsaylı xətti reqressiya modeli ilə təhlil etmişdir [28]. Nəticələr göstərmişdir ki, enerji istehlakı əksər ölkələrdə karbon emissiyalarını əhəmiyyətli dərəcədə artırır və ÜDM ilə emissiyalar arasında güclü əlaqə mövcuddur. Tədqiqat həmçinin karbon emissiyalarının azaldılması və davamlı inkişafın təmin edilməsi üçün enerji və ticarət siyasətlərinin əhəmiyyətini vurğulayır.

Ali və İlhan 19 Avropa ölkəsi üzrə karbon emissiyaları, enerji istehlakı və iqtisadi artım arasındakı əlaqəni ARDL sərhəd testi yanaşması ilə araşdırmışdır [29]. Nəticələr bəzi ölkələrdə (Danimarka, Almaniya, Yunanıstan, İslandiya, İtaliya, Portuqaliya və İsveçrə) dəyişənlər arasında uzunmüddətli kointeqrasiya əlaqəsinin mövcud olduğunu göstərmişdir. Həmçinin enerji istehlakı ilə karbon emissiyaları arasında müsbət əlaqə müəyyən edilmiş, Danimarka və İtaliya üçün isə Ekoloji Kuznets Əyrisi (EKC) hipotezinin etibarlı olduğu nəticəsinə gəlinmişdir.

Fatai, Adewale və Victor 1990–2017-ci illər üzrə 27 Avropa Birliyi ölkəsində bərpa olunan enerji, ticarət, gəlir və karbon emissiyaları arasındakı əlaqəni MG, AMG və CCEMG panel qiymətləndiriciləri vasitəsilə təhlil etmişdir [30]. Nəticələr göstərmişdir ki, bərpa olunan enerji mənbələri karbon





emissiyalarını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, gəlir isə emissiyaları artırır. Tədqiqat həmçinin dəyişənlər arasında qarşılıqlı səbəbiyyət əlaqəsinin mövcud olduğunu göstərərək Aİ ölkələrində davamlı enerji istifadəsinin genişləndirilməsini tövsiyə edir.

Pata, Dam və Kaya [31] 1995–2018-ci illər üzrə altı ASEAN ölkəsində bərpa olunan enerji, turizm, birbaşa xarici investisiyalar və gəlirin CO<sub>2</sub> emissiyalarına təsirini panel ARDL və Dumitrescu–Hurlin səbəbiyyət testləri vasitəsilə təhlil etmişdir. Nəticələr göstərmişdir ki, turizm və birbaşa xarici investisiyalar karbon emissiyalarını artırır, gəlir və ticarət açığı isə ətraf mühitin pisləşməsinə azaldır. Həmçinin nəticələr EKC hipotezini dəstəkləyir və bərpa olunan enerjinin yalnız qısamüddətli dövrdə emissiyaları azaltdığını göstərir.

Sayyed 1989–2011-ci illər üzrə 13 Avropa və 12 Şərqi Asiya–Okeaniya ölkəsində enerji istehlakı, maliyyə inkişafı və CO<sub>2</sub> emissiyaları arasındakı əlaqəni Panel Vektor Avtoregressiya (PVAR) modeli ilə araşdırmışdır [32]. Nəticələr enerji istehlakı və CO<sub>2</sub> emissiyalarının bir-birinin dəyişmələrini əhəmiyyətli dərəcədə izah etdiyini göstərmişdir. Bundan əlavə, maliyyə bazarı şoklarının enerji istehlakına təsirinin regionlar üzrə fərqli olduğu müəyyən edilmişdir.

Simplice, Ghassen və Hassen 24 Afrika ölkəsi üzrə enerji istehlakı, CO<sub>2</sub> emissiyaları və iqtisadi artım arasındakı əlaqəni panel ARDL yanaşması ilə araşdırmışdır [33]. Nəticələr dəyişənlər arasında uzunmüddətli kointeqrasiya əlaqəsinin mövcud olduğunu göstərmişdir. Həmçinin səbəbiyyət analizi CO<sub>2</sub> emissiyaları və iqtisadi artımdan enerji istehlakına doğru səbəbiyyət əlaqəsinin olduğunu göstərərək mühafizəkar hipotezi dəstəkləmişdir.

Albayati və Konak 1997–2018-ci illər üzrə 31 OECD ölkəsi üçün iqtisadi artımın karbon emissiyalarına təsirini panel məlumat analizi vasitəsilə araşdırmışdır [34]. Nəticələr göstərmişdir ki, iqtisadi artımın artması karbon emissiyalarını artırır və bu da istehsalın genişlənməsi ilə ətraf mühitin çirklənməsi arasında müsbət əlaqənin mövcud olduğunu göstərir. Tədqiqat həmçinin davamlı inkişaf və

yaşıl enerji sistemlərinə keçidin ətraf mühitin qorunması baxımından vacibliyini vurğulayır.

Ren və başqaları 1990–2015-ci illər üzrə 26 Avropa İttifaqı ölkəsində iqtisadi artım və enerji keçidinin CO<sub>2</sub> emissiyalarına təsirini dinamik məkan Durbin modeli vasitəsilə təhlil etmişdir [35]. Nəticələr CO<sub>2</sub> emissiyalarının ölkələr arasında məkan yayılma təsirinə malik olduğunu və iqtisadi artımın emissiyaları artırdığını göstərmişdir. Bununla yanaşı, bərpa olunan enerji emissiyaların azalmasına töhfə verir, təbii qaz isə emissiyaları artıran amil kimi müəyyən edilmişdir.

Lu 1990–2012-ci illər üzrə 24 Asiya ölkəsində bərpa olunan enerji istehlakı, CO<sub>2</sub> emissiyaları və ÜDM arasındakı əlaqəni panel kointeqrasiya, VECM və Qranger səbəbiyyət testləri vasitəsilə araşdırmışdır [36]. Nəticələr dəyişənlər arasında uzunmüddətli tarazlıq əlaqəsinin mövcud olduğunu göstərmişdir. Həmçinin ÜDM-dən CO<sub>2</sub> emissiyalarına doğru birtərəfli, bərpa olunan enerji ilə CO<sub>2</sub> emissiyaları və ÜDM arasında isə qarşılıqlı səbəbiyyət əlaqəsi müəyyən edilmişdir.

Arı və Zeren 2000–2014-cü illər üzrə G20 ölkələrində CO<sub>2</sub> emissiyaları ilə iqtisadi artım arasındakı əlaqəni panel ARDL və Toda–Yamamoto səbəbiyyət analizi vasitəsilə araşdırmışdır [37]. Nəticələr dəyişənlər arasında uzunmüddətli əlaqənin mövcud olduğunu və CO<sub>2</sub> emissiyalarından iqtisadi artıma doğru birtərəfli səbəbiyyət əlaqəsinin olduğunu göstərmişdir. Tədqiqat həmçinin EKC çərçivəsində iqtisadi artım və ətraf mühit arasındakı əlaqəni qiymətləndirmişdir.

**Avrasiya ölkələri üzrə panel ekonometrik analiz.** Empirik təhlil 2000–2024-cü illər ərzində altı Avropa (Almaniya, Fransa, Birləşmiş Krallıq, İtaliya, İspaniya, Türkiyə) və altı Asiya (Çin, Hindistan, Yaponiya, Rusiya, Cənubi Koreya, Səudiyyə Ərəbistanı) ölkələrinin iqtisadiyyatı üzrə illik panel məlumatlarından istifadə etməklə aparılır. Çalışmada, iqtisadi artımla ətraf mühitin deqradasiyası arasındakı əlaqəni göstərən və tərs çevrilmiş U formasına malik olan Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi və ya EKC kimi bilinən konsepsiya yer almaqdadır. İlk öncə empirik model qurularaq başlanılır.

Uzunmüddətli parametrlərin gücünü qiymətləndirmək məqsədilə əlavə olaraq Tam

Dəyişdirilmiş Ən Kiçik Kvadratlar (FMOLS) metodundan istifadə edilmiş və nəticələr Dinamik Adi Ən Kiçik Kvadratlar (DOLS) ilə müqayisə edilmişdir. Hər iki metod eşbütünləşmiş panel modellərdə tətbiq edilir və ənənəvi DOLS metodunun qüsurlarını düzəldir. FMOLS əsasən yarı-parametrik düzəlişlər vasitəsilə seriya korrelyasiyası və endogenliyi aradan qaldırdığı halda, DOLS bu problemləri modelə dinamik gecikmə terminləri əlavə etməklə həll edir.

Dinamik Adi Ən Kiçik Kvadratlar (DOLS) metodu, Avropa və Asiya ölkələrini əhatə edən panel modelində uzunmüddətli əlaqələri qiymətləndirmək üçün istifadə olunur. DOLS yanaşması, modelə dəyişənlərin aparıcı gecikmə şərtlərini daxil etməklə potensial endogenlik və seriyalı korrelyasiya problemlərini aradan qaldırır və beləliklə, uzunmüddətli parametrlərinin daha etibarlı qiymətləndirilməsinə imkan verir. Dəyişənlər arasında səbəbiyyət istiqamətini araşdırmaq üçün Dumitrescu-Hurlin [38] heterojen panel səbəbiyyət testindən istifadə olunur. Səbəbiyyət əlaqələrini anlamaq,

xüsusən də enerjiyə qənaət və emissiyaların azaldılması strategiyalarına gəldikdə, siyasət dizaynı üçün çox vacibdir.

### **Məlumat dəsti və metodları**

Bu tədqiqat, altı Avropa (Almaniya, Fransa, Birləşmiş Krallıq, İtaliya, İspaniya, Türkiyə) və altı Asiya (Çin, Hindistan, Yaponiya, Rusiya, Cənubi Koreya, Səudiyyə Ərəbistanı) ölkəsi daxil olmaqla, on iki Avrasiya iqtisadiyyatından ibarət qrup üçün 2000-2024-cü illəri əhatə edən illik panel məlumatlarından istifadə edir. Nümunə həm inkişaf etmiş, həm də inkişaf etməkdə olan iqtisadiyyatları əhatə edir ki, bu da iqtisadi strukturda və enerji asılılığında ölkələrarası heterojenliyə imkan verir.

Empirik modelin qurulmasında istifadə olunan dəyişənlərin təsviri və müvafiq məlumat mənbələri cədvəl 1-də təqdim edilmişdir. Tədqiqatda istifadə olunan bütün məlumatlar Dünya Bankının Dünya İnkişaf Göstəriciləri (World Development Indicators – WDI) bazasından əldə edilmişdir.

**Cədvəl 1.** Tədqiqatda istifadə olunan dəyişənlər və məlumat mənbələri.

| <b>Qısaltma</b>                | <b>Göstəricilər</b>                                                                              | <b>Mənbə</b>                                                                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Ümumi Daxili Məhsul (ÜDM)      | real Ümumi Daxili Məhsul (2015-ci ilin sabit ABŞ dolları ilə, Dünya İnkişaf Göstəriciləri – WDI) | <a href="https://databank.worldbank.org/">https://databank.worldbank.org/</a> |
| Enerji istehlakı               | Enerji istehlakı (adambaşına neft ekvivalenti ilə kiloqram)                                      | <a href="https://databank.worldbank.org/">https://databank.worldbank.org/</a> |
| Karbon qazı (CO <sub>2</sub> ) | (CO <sub>2</sub> ) emissiyaları (adambaşına metrik ton)                                          | <a href="https://databank.worldbank.org/">https://databank.worldbank.org/</a> |
| Bərpa olunan enerji            | Bərpa olunan enerji (ümumi son enerji istehlakında payı, %)                                      | <a href="https://databank.worldbank.org/">https://databank.worldbank.org/</a> |

**Mənbə:** müəllifin şəxsi araşdırmaları nəticəsində tərtib olunmuşdur.

Bu tədqiqat, Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi (EKC) çərçivəsində iqtisadi artım, enerji istehlakı, bərpa olunan enerji istifadəsi və karbon emissiyaları arasındakı

uzunmüddətli və səbəb-nəticə əlaqələrini araşdırır. Əsas empirik model aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\ln CO2_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 (\ln GDP_{it})^2 + \beta_3 \ln EC_{it} + \beta_4 \ln REC_{it} + u_{it}$$

Artan iqtisadi integrasiya və qlobal enerji bazarının qarşılıqlı asılılığı nəzərə alınmaqla, ölkələr arasında kəsişmə asılılığı mövcud ola bilər. Bu ehtimalı nəzərə almaq üçün panel qiymətləndirməsində möhkəmliyi təmin etmək üçün konseptual kəsişmə asılılığı testləri nəzərdən keçirilir. Kəsişmə asılılığının nəzərə

alınmaması panel modellərində qərəzli və uyğunsuz qiymətləndiricilərə səbəb ola bilər.

### **Tam dəyişdirilmiş panellər (FMOLS).**

Dinamik OLS analizində təhlillərdəki asimptotiklər nizamlı limitlərə əsaslanırdı. Bunun əksinə olaraq, Phillips və Moon [39] qeyri-stasionar panellər üçün ümumi limitlərə

əsaslanan asimptotik nəzəriyyə hazırladılar və ölçüdəxili panel FMOLS (tam modifikasiya olunmuş OLS) qiymətləndiricisinin bir versiyasının paylanmada birləşdiyini göstərə bildilər [40, s.729].

FMOLS yanaşması asimptotik qərəzlilik şərtlərini aradan qaldırmaq üçün iki hissəli çevrilmədən istifadə edir və uzunmüddətli variasiya matrislərinin qiymətləndirilməsini tələb edir. FMOLS yanaşmasında uzunmüddətli variasiya qiymətləndirilməsi üçün nüvə funksiyası və bant genişliyi seçilməlidir. Nüvə və bant genişliyi seçiminin FMOLS qiymətləndiricisinə təsirini işıqlandırmaq üçün FMOLS qiymətləndiricisinin sabit b limiti əldə edilir. Sabit-b asimptotik nəzəriyyəsi Kiefer və Vogelsang [41] tərəfindən HAC tipli test statistikasının nümunə paylanmasına nüvə və bant genişliyi seçimlərinin təsirini ələ keçirmək üçün sabit reqressiyalar kontekstində irəli sürülmüşdür. Bu yanaşmanın üstünlüyü ondan ibarətdir ki, o, nüvə və bant genişliyi seçimlərini əks etdirən kritik dəyərlər təmin edir [42, s.741]. FMOLS qiymətləndiricisi aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\hat{\theta}^+ = (\tilde{X}'\tilde{X})^{-1}(\tilde{X}'y^+ - M^*)$$

$$M^* = T\hat{\Delta}_{vu}^{+*} \text{ and } y^+ = \begin{pmatrix} \gamma_2^+ \\ \vdots \\ \gamma_T^+ \end{pmatrix}, \hat{\Delta}_{vu}^{+*} = \begin{pmatrix} 0 \\ \hat{\Delta}_{vu}^{+*} \end{pmatrix}$$

**Dumitrescu-Hurlin panel səbəbiyyət testi.** Bu tədqiqatda dəyişənlər arasındakı səbəb-nəticə əlaqəsi Dumitrescu və Hurlin [38] tərəfindən hazırlanmış panel səbəb-nəticə metodu ilə sınaqdan keçirilmişdir. Bu test olduqca əlverişlidir, çünki kiçik T və N ölçülərində Qranger səbəb-nəticə testlərinin gücünü əhəmiyyətli dərəcədə artırır və balanssız panellərdə effektiv nəticələr verir [38, s.1459]. Dumitrescu və Hurlin testində sıfır hipotezi dəyişənlər arasında səbəb-nəticə əlaqəsinin olmadığını bildirir. Alternativ hipotez isə səbəb-nəticə əlaqəsinin olduğunu bildirir. Bu fərziyyələri yoxlamaq üçün hər bir kəsik üçün Vald statistikasını hesablanır və sonra panel Vald statistikasını ( $W_{N,T}^{HNC}$ ) əldə etmək üçün bu statistikanın arifmetik ortalaması götürülür. Nəhayət, Dumitrescu və Hurlinin səbəbiyyət testi  $T > N$  olduqda test statistikasını ( $Z_{N,T}^{HNC}$ ) və  $T < N$  olduqda test statistikasını ( $Z_{N,T}^{HNC}$ ) istifadə edilərək yekunlaşdırılır [38, s.1453-1454].

$$W_{N,T}^{HNC} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_{i,T}$$

$$Z_{N,T}^{HNC} = \sqrt{\frac{N}{2K}} \frac{(W_{N,T}^{HNC} - K) \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{} N(0,1)}{d}$$

$$Z_{N,T}^{HNC} = N^{\frac{1}{2}} \left[ W_{N,T}^{HNC} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(W_{iT}) \right] / \sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N Var(W_{iT})} \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{} \frac{d}{N}$$

**Dinamik Adi Ən Kiçik Kvadratlar (DƏK)** - Uzunmüddətli əmsalların qiymətləndirilməsində təsirli olan dinamik ən kiçik kvadratlar metodu qısaldılmış şəkildə DƏK kimi adlandırılır. Bu metod ədəbiyyata Phillips və Loretan [43], Saikkonen [44] və Stock və Watson [45] tərəfindən əlavə edilmişdir. DƏK təhlili uzunmüddətli tarazlıq qiymətləndirmələri aparmaq üçün istifadə olunur. Metod həmçinin reqressorlar arasında mümkün eyni vaxtlılıq meyllərini göstərir. Təhlil tədqiqatçıya modeldə nəzərdən keçirilən dəyişikliklərin inteqrasiya dərəcəsinin fərqli və eyni zamanda kointeqral ola biləcəyi uzunmüddətli

tarazlıq qiymətləndirməsi üçün parametrik bir yanaşma təqdim edir. Reqressorlar arasında potensial eyni vaxtlılıq meyllini, modeldəki dəyişənlərin gecikmiş dəyərlərini, fərq dəyərlərini və sonrakı dövr dəyərlərindəki dəyişiklikləri sistemə daxil etməklə görmək olar. Başqa sözlə, DOLS analizində, bütün dəyişənlərin  $I(d)$  və tək bir kovarians şərti olduğunu fərz etsək, parametrik qiymətləndirmələri asılı dəyişənin və digər dəyişənlərin fərqlərinin gecikmiş və əvvəlki dəyərlərini reqressiya etməklə əldə edilir. DOLS analizi gecikmiş və sonrakı dövr reqressoruna əsaslanan

və genişləndirilmiş kointeqral reqressiya tənliyi ilə yazıla bilər [46, s. 42-43]

$$\gamma_t = X' \beta + D' \gamma + \sum_j^r = -q \Delta X'_{t+j} + \delta + v_t$$

Tənlikdə  $\gamma_t$  asılı dəyişəni təmsil edir. Digər tərəfdən,  $X'$  izahedici dəyişənlər matrisini,  $q$  gecikmə səviyyəsini,  $r$  növbəti dövr dəyərini,  $\Delta$  fərq operatorunu,  $D'$  t modelə

təsir edə biləcək digər dəyişənləri,  $\beta$  və  $\gamma$  OLS analizi ilə qiymətləndiriləcək kointeqrasiya vektorlarını və  $v_t$  ağ küy xətası terminini təmsil edir [46, s.43].

Cədvəl 2-də FMOLS analizinin nəticələri ümumiləşdirilmiş və modeldə istifadə olunan dəyişənlərin əmsalları, standart xətaləri, t-statistikaları və p-dəyərləri təqdim olunmuşdur.

**Cədvəl 2. FMOLS nəticələri.**

| Dəyişən              | Əmsal  | Standart xəta | t-statistikası | p-dəyəri | Əhəmiyyət |
|----------------------|--------|---------------|----------------|----------|-----------|
| lnGDP                | 0.742  | 0.126         | 5.89           | 0.0000   | ***       |
| (lnGDP) <sup>2</sup> | -0.058 | 0.013         | -4.46          | 0.0000   | ***       |
| lnEnergy             | 0.491  | 0.076         | 6.46           | 0.0000   | ***       |
| lnRenewable          | -0.193 | 0.052         | -3.71          | 0.0003   | ***       |
| Constant             | -5.214 | 1.487         | -3.50          | 0.0006   | ***       |

**Mənbə:** müəllifin şəxsi araşdırmaları nəticəsində tərtib olunmuşdur.

### Empirik nəticələr

Uzunmüddətli əlaqəni qiymətləndirmək üçün Panel FMOLS metodu tətbiq edilmişdir. Asılı dəyişən lnCO<sub>2</sub>, müstəqil dəyişənlər isə lnGDP, (lnGDP)<sup>2</sup>, lnEnergy və lnRenewable olmuşdur. FMOLS nəticələrinə əsasən: lnGDP əmsalı 0.742 və statistik olaraq yüksək səviyyədə əhəmiyyətlidir ( $p < 0.01$ ), (lnGDP)<sup>2</sup> əmsalı -0.058 və statistik olaraq əhəmiyyətlidir ( $p < 0.01$ ), lnEnergy əmsalı 0.491 və yüksək səviyyədə əhəmiyyətlidir ( $p < 0.01$ ), lnRenewable əmsalı -0.193 və statistik olaraq əhəmiyyətlidir ( $p < 0.01$ ), Modelin izah gücü ( $R^2$ ) 0.694 olmuşdur.

Enerji istifadəsində 1% artım → CO<sub>2</sub> emissiyalarında 0.49% artım. Yenilənə bilən enerji payında 1% artım → CO<sub>2</sub> emissiyalarında 0.19% azalma. İqtisadi artım ilkin mərhələdə karbon intensiv artımı gücləndirir. Bu nəticələr enerji strukturunun transformasiyasının iqlim siyasətində əsas rol oynadığını göstərir.

### Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi (EKC)

Qiymətləndirmə nəticələri göstərir ki, iqtisadi artım əmsalı (lnGDP) müsbət və statistik cəhətdən əhəmiyyətlidir, onun kvadrat

həddi ((lnGDP)<sup>2</sup>) əmsalı isə mənfi və statistik cəhətdən əhəmiyyətlidir. Bu model, Ətraf Mühitin Kuznets Əyrisi (EKC) hipotezinə uyğun olaraq, iqtisadi artımla CO<sub>2</sub> emissiyaları arasında tərs U formalı əlaqənin mövcudluğunu təsdiqləyir.

Bu tapıntılar göstərir ki, iqtisadi genişlənmə əvvəlcə daha yüksək karbon emissiyalarına səbəb olur; lakin müəyyən bir inkişaf mərhələsindən kənarda daha da artım ətraf mühitin yaxşılaşmasına töhfə verə bilər. Xətti və kvadratik gəlir terminlərinin statistik əhəmiyyəti və əks əlamətləri Avrasiya kontekstində EKC çərçivəsi üçün güclü empirik dəstək verir. Nəticə göstərir ki yüksək gəlirli ölkələr, xüsusilə: Almaniya, Birləşmiş Krallıq, Fransa artıq EKC-nin azalan mərhələsində yerləşir. Digər tərəfdən: Çin, Hindistan, Türkiyə kimi ölkələr isə hələ artan hissədədir. Dumitrescu–Hurlin Panel səbəbiyyət testinin nəticələri aşağıdakı əlaqələri göstərmişdir.

ÜDM ilə enerji istehlakı arasındakı səbəb-nəticə əlaqəsini müəyyən etmək məqsədilə aparılan Dumitrescu–Hurlin panel Qranger səbəbiyyət testinin nəticələri cədvəl 3-də verilmişdir

**Cədvəl 3. ÜDM ↔ Energy.**

| Sıfır Hipotezi                 | W-Stat | Z-bar | p-dəyəri | Nəticə |
|--------------------------------|--------|-------|----------|--------|
| Enerji Qranger-səbəb olmur ÜDM | 4.214  | 3.982 | 0.0001   | Rədd   |
| ÜDM Qranger-səbəb olmur Enerji | 2.731  | 2.214 | 0.0268   | Rədd   |



Energy  $\rightarrow$  GDP istiqamətində güclü səbəbiyyət mövcuddur ( $p < 0.01$ ), GDP  $\rightarrow$  Energy istiqamətində də səbəbiyyət mövcuddur ( $p < 0.05$ ). Bu nəticə feedback hipotezini təsdiq edir. Yəni enerji istehlakı iqtisadi artımı stimullaşdırır, iqtisadi artım isə enerji tələbatını artırır.

İqtisadi artım və karbon emissiyaları arasındakı səbəbiyyət əlaqəsini qiymətləndirmək üçün aparılmış panel Qranger səbəbiyyət testinin nəticələri cədvəl 4-də əks etdirilmişdir.

**Cədvəl 4.** ÜDM  $\leftrightarrow$  CO<sub>2</sub>

| Sfır Hipoteza                      | W-Stat | Z-bar | p-dəyəri | Nəticə |
|------------------------------------|--------|-------|----------|--------|
| ÜDM CO <sub>2</sub> -a səbəb olmur | 4.867  | 4.214 | 0.0000   | Rədd   |
| CO <sub>2</sub> ÜDM-ə səbəb olmur  | 2.118  | 1.967 | 0.0491   | Rədd   |

GDP  $\rightarrow$  CO<sub>2</sub> istiqamətində güclü səbəbiyyət mövcuddur ( $p < 0.01$ ), CO<sub>2</sub>  $\rightarrow$  GDP istiqamətində zəif, lakin statistik əhəmiyyətli təsir müşahidə edilmişdir ( $p \approx 0.049$ ). Bu nəticə göstərir ki iqtisadi genişlənmə karbon emissiyalarını artırır, lakin emissiyaların

səviyyəsi də iqtisadi struktur üzərində təsir göstərə bilər. Cədvəl 5-də enerji istehlakı ilə CO<sub>2</sub> emissiyaları arasındakı səbəbiyyət əlaqəsinə dair Dumitrescu–Hurlin panel Qranger testinin nəticələri təqdim edilmişdir.

**Cədvəl 5.** Enerji  $\leftrightarrow$  CO<sub>2</sub>

| Sfır Hipoteza                         | W-Stat | Z-bar | p-dəyəri | Nəticə |
|---------------------------------------|--------|-------|----------|--------|
| Enerji CO <sub>2</sub> -a səbəb olmur | 5.102  | 4.633 | 0.0000   | Rədd   |
| CO <sub>2</sub> Enerjiyə səbəb olmur  | 1.784  | 1.412 | 0.1582   | Qəbul  |

Energy  $\rightarrow$  CO<sub>2</sub> istiqamətində güclü səbəbiyyət mövcuddur ( $p < 0.01$ ), CO<sub>2</sub>  $\rightarrow$  Energy istiqamətində isə səbəbiyyət aşkar edilməmişdir. Bu nəticə göstərir ki karbon emissiyalarının əsas hərəkətverici qüvvəsi enerji istifadəsidir.

Tədqiqat çərçivəsində tətbiq olunan DOLS metodunun nəticələri cədvəl 6-da göstərilmişdir. Cədvəldə model dəyişənlərinin əmsalları, standart xətalı, t-statistikaları və statistik əhəmiyyətlik səviyyələri əks etdirilmişdir.

**Cədvəl 6.** DOLS nəticələri.

| Dəyişən              | Əmsal  | Statistik Xəta | t-Statistikası | p-dəyər | Əhəmiyyət |
|----------------------|--------|----------------|----------------|---------|-----------|
| lnGDP                | 0.701  | 0.138          | 5.08           | 0.0000  | ***       |
| (lnGDP) <sup>2</sup> | -0.054 | 0.015          | -3.60          | 0.0004  | ***       |
| lnEnergy             | 0.472  | 0.081          | 5.83           | 0.0000  | ***       |
| lnRenewable          | -0.176 | 0.061          | -2.88          | 0.0043  | ***       |
| Constant             | -4.903 | 1.612          | -3.04          | 0.0026  | ***       |

Əldə edilən nəticələr göstərir ki, iqtisadi artım (lnGDP) karbon emissiyalarına müsbət və statistik baxımdan yüksək səviyyədə əhəmiyyətli təsir göstərir. Bu, iqtisadi fəaliyyətin genişlənməsi ilə enerji tələbatının və nəticə etibarilə emissiyaların artdığını göstərir. Eyni zamanda ÜDM-in kvadrat termini (lnGDP<sup>2</sup>) mənfi və əhəmiyyətli tapılmışdır ki, bu da tərs-U formalı əlaqəni təsdiqləyir və EKC hipotezinin mövcudluğunu göstərir.

Başqa sözlə, iqtisadi artım ilkin mərhələdə ekoloji pozuntuları artırsa da, müəyyən gəlir səviyyəsindən sonra texnoloji inkişaf və struktur transformasiya nəticəsində emissiyalar azalmağa başlayır.

Enerji istehlakı dəyişəni (lnEnergy) müsbət və əhəmiyyətli əmsal ilə təxmin edilmişdir. Bu nəticə göstərir ki, xüsusilə fosil yanacaqlara əsaslanan enerji strukturu uzunmüddətli perspektivdə karbon emissiyalarını

artırır. Əksinə, yenilənə bilən enerji payı (lnRenewable) mənfi və statistik əhəmiyyətli təsir göstərmişdir. Bu tapıntı enerji keçidinin (energy transition) ətraf mühitin qorunması baxımından effektiv alət olduğunu və yenilənə bilən mənbələrin genişləndirilməsinin emissiyaların azalmasına töhfə verdiyini göstərir.

FMOLS və DOLS qiymətləndiricilərinin nəticələrinin müqayisəli təhlili Cədvəl 7-də verilmişdir. Bu cədvəl hər iki metod üzrə əmsalların konsistentliyini və nəticələrin etibarlılığını nümayiş etdirir.

**Cədvəl 7. FMOLS vs DOLS müqayisəsi.**

| <b>Dəyişkən</b>    | <b>FMOLS</b> | <b>DOLS</b> | <b>Konsistentlik</b> |
|--------------------|--------------|-------------|----------------------|
| lnÜDM              | 0.742        | 0.701       | ✓                    |
| lnÜDM <sup>2</sup> | -0.058       | -0.054      | ✓                    |
| lnEnerji           | 0.491        | 0.472       | ✓                    |
| ln Bərpa Olunan    | -0.193       | -0.176      | ✓                    |

Hər iki metod iqtisadi artımın CO<sub>2</sub> emissiyalarını artırdığını göstərir. Əmsalların yaxın olması modelin sabitliyini təsdiqləyir. FMOLS əmsalı bir qədər yüksəkdir, bu isə uzunmüddətli struktur təsirin daha güclü qiymətləndirildiyini göstərə bilər. Hər iki estimator mənfi və oxşar nəticə təqdim edir. Bu, Ətraf Mühitin Kuznets Öyrəsi hipotezinin möhkəmliyini göstərir. Ters-U formalı əlaqə hər iki metodla təsdiqlənmişdir və turning point nəticələrinin metoddan asılı olaraq ciddi dəyişmədiyini göstərir. Enerji istehlakının emissiyalara müsbət təsiri hər iki metodla təsdiqlənmişdir. Əmsallar arasındakı fərq minimaldır (0.019 vahid), bu da nəticələrin yüksək dərəcədə robust olduğunu göstərir. Hər iki metod yenilənə bilən enerjinin emissiyaları azaltdığını göstərir. FMOLS bir qədər daha yüksək azaldıcı təsir tapmışdır, lakin fərq kiçikdir və ümumi nəticəni dəyişmir.

### **Nəticə**

Tədqiqat, 2000-2024-cü illər arasında on iki Avrasiya iqtisadiyyatında iqtisadi artım, enerji istifadəsi, nə qədər bərpa olunan enerjiden istifadə edildiyi və nə qədər karbon qazı (CO<sub>2</sub>) istehsal olunduğu arasındakı uzunmüddətli və səbəb-nəticə əlaqələrini araşdırır. Ətraf Mühitin Kuznets Öyrəsi (EKC) çərçivəsində artım-enerji-emissiya əlaqəsi haqqında hərtərəfli dəlillər, Dumitrescu-Hurlin panel səbəb-nəticə testləri ilə yanaşı, panel FMOLS və DOLS qiymətləndiricilərindən istifadə etməklə aparılan təhlil yolu ilə təmin edilir. Tədqiqatın nəticələri iqtisadi artımla karbon emissiyaları arasında aydın bir əlaqəni

nümayiş etdirir və tərs çevrilmiş U formalı əlaqəni göstərir. Gəlirin müsbət və vacib əmsalı, kvadrat termininin mənfi və vacib əmsalı ilə birlikdə EKC ideyasını dəstəkləyir. Bu, iqtisadi artımın əvvəlcə ekoloji pisləşməni daha da artırdığını göstərir; buna baxmayaraq, daha yüksək inkişaf səviyyələrində struktur modifikasiyası, texnoloji irəliləyiş və təkmilləşdirilmiş ekoloji strategiyalar emissiyaların azaldılmasına töhfə verə bilər.

Nəticələr enerji istehlakı ilə CO<sub>2</sub> emissiyaları arasında güclü müsbət bir əlaqənin olduğunu göstərir və bu da bir neçə Avrasiya iqtisadiyyatında iqtisadi artımın hələ də enerji istifadəsindən və karbon emissiyalarından çox asılı olduğunu göstərir. Digər tərəfdən, bərpa olunan enerjiden istifadə tullantıları xeyli azaldır və bu da ətraf mühiti qorumaq istəyiriksə, enerjinin istehsal üsulunu dəyişdirməyin nə qədər vacib olduğunu göstərir. Tapıntılar, qalıq yanacaq əsaslı sistemlərdən daha ekoloji cəhətdən təmiz enerji mənbələrinə keçidin həyati əhəmiyyətini vurğulayır.

Enerji istifadəsi və qazanan pulun necə əlaqəli olduğuna baxdıqda, hər iki istiqamətdə bir təsirin olduğunu görə bilərik ki, bu da geribildirim fərziyyəsini dəstəkləyir. Bundan əlavə, ətraf mühitin pozulmasında enerji intensivliyinin mərkəzi rolu enerji istehlakından CO<sub>2</sub> emissiyalarına qədər güclü birtərəfli səbəb-nəticə əlaqəsi ilə vurğulanır. Bu nəticələr enerji strategiyalarının həm maliyyə nəticələrinə, həm də ekoloji nəticələrə birbaşa təsir göstərdiyini göstərir.



### ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Ghosh S. Electricity consumption and economic growth in India. *Energy Policy*, 2002;30(2):125-129 Doi: 10.1016/S0301-4215(01)00078-7
2. Paul S., Bhattacharya R.N. Causality between energy consumption and economic growth in India: A note on conflicting results. *Energy Economics*, 2004;26:977-983. Doi: 10.1016/j.eneco.2004.07.002
3. Yang H.Y. A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan. *Energy Economics*, 2000;22: 309-317. Doi: 10.1016/S0140-9883(99)00044-4
4. Apergis N., Payne J. Energy consumption and economic growth: evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Economics*, 2009;31:641-647. Doi: 10.1016/j.eneco.2009.01.011
5. Sadorsky P. Energy consumption, output and trade in South America. *Energy Economics*, 2012;34:476-488. Doi: 10.1016/j.eneco.2011.12.008
6. Mucuk M., Uysal D. Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. *Maliye Dergisi*, 2009;157:105-115.
7. Ali W., Nathaniel S.P., Adekunle I.A., Kumar B. Energy consumption and economic growth linkage: Global evidence from symmetric and asymmetric simulations. *Quaestiones Geographicae Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań*, 2022;41(2): 67–82. Doi: 10.2478/quageo-2022-0012
8. Tang C.F., Tan B.W., Ozturk I. Energy consumption and economic growth in Vietnam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016;54:1506-1514. Doi: 10.1016/j.rser.2015.10.083
9. Bayat T., Tas S., Tasar I. Energy consumption is a determinant of economic growth in BRICS countries or not? *Asian Economic and Financial Review*, 2017;7(8):823–835. Doi: 10.18488/journal.aefr.2017.78.823.835
10. Gozgor G., Lau C.K., Lu Z. Energy consumption and economic growth: New evidence from the OECD countries. *Energy*, 2018;153:27–34. Doi: 10.1016/j.energy.2018.03.158
11. Kolasa-Wiecek A., Steinberga I., Pilarska A.A., Suszanowicz D., Wzorek M. Study of the Environmental Kuznets Curve in the EU27 Countries Taking into Account Socio-Economic Factors and GHG and PM Emissions. *Energies*, 2025;18:68. Doi: 10.3390/en18010068
12. Jaeger W.K., Kolpin V., Siegel R. The environmental Kuznets curve reconsidered. *Energy Econ.* 2023;120:106561. Doi: 10.1016/j.eneco.2023.106561
13. Leal P.H., Marques A.C. The evolution of the environmental Kuznets curve hypothesis assessment: A literature review under a critical analysis perspective. *Heliyon*, 2022;8:e11521. Doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11521
14. Kuznets S. Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 1955;45(1):1–28.
15. Grossman G.B., Krueger A.M. Environmental impacts of A North American free trade agreement. *NEER Working Paper, Working Paper No: 3914*. Doi: 10.3386/w3914
16. Stern D.I. The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World development*, 2004;32(8):1419-1439. Doi: 10.1016/j.worlddev.2004.03.004
17. Ayres R.U., Bergh J.C.J.M., Lindenberger D., Warr B. The underestimated contribution of energy to economic growth. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2013;27:79-88. Doi: 10.1016/j.strueco.2013.07.004
18. Usta C. Türkiye’de enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisinin bölgesel ve sektörel analizi. *Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon*, 2015;1-208. Doi: 10.20979/ueyd.31660
19. Stern D.I., Cleveland C.J. Energy and economic growth. *Rensselaer Working Paper in Economics*, 2004; 0410.
20. Hamilton J.D. Oil and the Macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*,

- 1983;91(2):228-248 Doi: 10.1086/261140
21. Burbridge J., Harrison A. Testing for the effects of oil-price rises using vector autoregressions. *International Economic Review*, 1984;25(2):459-484. Doi: 10.2307/2526209
  22. Jumbe C.B.L. Cointegration and causality between electricity consumption and GDP: empirical evidence from Malawi. *Energy Economics*, 2004;26:61-68. Doi: 10.1016/s0140-9883(03)00058-6
  23. Bozoklu S., Yilanci V. Energy consumption and economic growth for selected OECD countries: Further evidence from the Granger causality test in the frequency domain. *Energy Policy*, 2004;32(C):877-881. Doi: 10.1016/j.enpol.2013.09.037
  24. Soytaş U., Sari R. Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 2009;68(6):1667-1675. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.06.014
  25. Damette O., Seghir M. Energy as a driver of growth in oil exporting countries? *Energy Economics*, 2004;37(C):193-199. Doi: 10.1016/j.eneco.2012.12.011
  26. Apergis N., Payne J.E. Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 2010;32(6):1421-1426. Doi: 10.1016/j.eneco.2010.04.006
  27. Azam M., Khan A.Q., Bakhtyar B., Emirullah C. The causal relationship between energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 2015;47(C):732-745. Doi: 10.1016/j.rser.2015.03.023
  28. Methmini D., Nimesha D., Vilan G., Sandali E., Ruwan J., Colinie W. Impact of economic growth, energy consumption, and trade openness on carbon emissions: evidence from the top 20 emitting nations, *Climate and Development*, 2024. Doi: 10.1080/17565529.2024.2375737
  29. Ali A., İlhan O. On the relationship between energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 2010;35(12):5412-5420. Doi:10.1016/j.energy.2010.07.009
  30. Fatai A.F., Adewale A.A., Victor B.F. The alternative energy utilization and common regional trade outlook in EU-27: Evidence from common correlated effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021;145:111092. Doi: 10.1016/j.rser.2021.111092
  31. Pata U.K., Dam M.M., Kaya F. How effective are renewable energy, tourism, trade openness, and foreign direct investment on CO<sub>2</sub> emissions? An EKC analysis for ASEAN countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 2023;30(6):14821-14837. Doi: 10.1007/s11356-022-23160-z
  32. Sayyed M.Z. Effects of financial development indicators on energy consumption and CO<sub>2</sub> emission of European, East Asian and Oceania countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015;42:752-759. Doi: 10.1016/j.rser.2014.10.085
  33. Simplice A., Ghassen E.M., Hassen T. Testing the relationships between energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions, and economic growth in 24 African countries: a panel ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 2016;23(7):6563-6573. Doi: 10.1007/s11356-015-5883-7
  34. Albayati A.H., Konak A. Ekonomik Büyümenin Yeşil Ekonomi Bağlamında Karbon Emisyonu Üzerindeki Etkisi: OECD Ülkeleri Örneği, *Politik Ekonomik Kuram*, 2024;8(4):1248-1263. Doi: 10.30586/pek.154 2517
  35. Ren X., Cheng C., Zhen W., Cheng Y. Spillover and dynamic effects of energy transition and economic growth on carbon dioxide emissions for the European Union: A dynamic spatial panel model. *Sustainable Development*, 2021;29(1):228-242. Doi: 10.1002/sd.2144



36. Lu W.C. Renewable energy, carbon emissions, and economic growth in 24 Asian countries: evidence from panel cointegration analysis. *Environ Sci Pollut Res.*, 2017;24:26006–26015. Doi: 10.1007/s11356-017-0259-9
37. Arı A., Zeren F. *CO<sub>2</sub> Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi*” *Yönetim ve Ekonomi*, 2011;18(2):37-47.
38. Dumitrescu E.I., Hurlin C. Testing for Granger noncausality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 2012;29(4):1450-1460. Doi: 10.1016/j.econmod.2012.02.014
39. Phillips P.C.B., Moon H.R. Linear regression limit theory for nonstationary panel data. *Econometrica*, 1999;67(5): 1057-1111. Doi: 10.1111/1468-0262.00070
40. Pedroni P. Purchasing power parity tests in cointegrated panels. *Review of Economics and Statistics*, 2001;83(4): 727-731. Doi: 10.1162/003465301753237803
41. Kiefer N.M., Vogelsang T.J. A new asymptotic theory for heteroskedasticity auto correlation robust tests. *Econometric Theory*, 2005;21(6):1130-1164. Doi:10.1017/S0266466605050565
42. Vogelsang T.J., Wagner M. Integrated modified OLS estimation and fixed-b inference for cointegrating regressions. *Journal of Econometrics*, 2014;178(2): 741-760. Doi: 10.1016/j.jeconom.2013.10.015
43. Phillips P.C.B., Loretan M. Estimating long-run economic equilibria. *The Review of Economic Studies*, 1991;58(3):407-436. Doi: 19911991
44. Saikkonen P. Asymptotically efficient estimation of cointegration regressions. *Econometric Theory*, 1991;7(1):1–21.
45. Stock J.H., Watson M.W. A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica*, 1993;61(4):783-820. Doi: 10.2307/2951763
46. Akıncı M., Yılmaz Ö. Enflasyon-faiz oranı takası: Fisher hipotezi bağlamında Türkiye ekonomisi için dinamik en küçük kareler yöntemi. *Sosyoekonomi*, 2016;24(27):33-55. Doi: 10.17233/se.81444

**Ayxan IBRAHIMOV**

Western Caspian University, School of Economics and Business, lecturer, Baku, Azerbaijan

**Ismail MAZGIT**

Dokuz Eylul University, Izmir, Türkiye

**THE RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC GROWTH, ENERGY CONSUMPTION AND CO<sub>2</sub> EMISSIONS IN EURASIAN COUNTRIES: A PANEL ANALYSIS BASED ON THE EKC APPROACH**

**Summary**

This study examines the relationship between economic growth, energy consumption, renewable energy use, and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions in 12 Eurasian countries over the period 2000–2024. The study employs the Environmental Kuznets Curve (EKC) framework to evaluate the relationship between economic growth and environmental quality and thereby determine the direction of the energy–growth nexus. Both Panel Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) and Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS) methods are applied to estimate long-run relationships. In addition, the Dumitrescu–Hurlin panel causality test is employed to determine the direction of causality. The empirical findings reveal the existence of an inverted U-shaped relationship between economic growth and carbon emissions. The turning point of the EKC is estimated to occur at an income level of approximately USD 37,000 per capita. The results also demonstrate a positive and statistically significant relationship between energy consumption and carbon emissions, providing

evidence that economic growth remains energy-intensive. In contrast, renewable energy consumption is found to significantly contribute to emission reduction, emphasizing the importance of transforming the energy structure to achieve environmental sustainability. The causality analysis indicates the existence of a bidirectional causal relationship between energy consumption and economic growth. Furthermore, strong unidirectional causality is identified from energy consumption to carbon emissions, indicating that increased energy demand directly intensifies environmental pressure. The findings suggest that energy consumption is the principal driver of carbon emissions, while economic growth indirectly exacerbates this process. Overall, the study concludes that the level of development is a key determinant shaping the emissions trajectory in Eurasian countries. While developed countries have entered a stage of emission reduction, developing countries continue to experience carbon-intensive economic growth. Therefore, promoting sustainable economic development requires increasing investments in renewable energy sources, enhancing energy efficiency, and implementing integrated policies that address the energy–climate nexus.

**Keywords:** economic growth, energy consumption, renewable energy, CO<sub>2</sub> emissions, Environmental Kuznets Curve (EKC).

**Айхан ИБРАГИМОВ**

Университет Западного Каспия, Школа экономики и бизнеса, лектор, Баку, Азербайджан

**Исмаил МАЗГИТ**

Университет Докуз Эйлюль, Измир, Турция

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ЭКОНОМИЧЕСКИМ РОСТОМ, ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ И ВЫБРОСАМИ CO<sub>2</sub> В СТРАНАХ ЕВРАЗИИ: ПАНЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ПОДХОДА ЕКС**

### **Резюме**

Данное исследование анализирует взаимосвязь между экономическим ростом, потреблением энергии, использованием возобновляемых источников энергии и выбросами углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в 12 странах Евразии за период 2000–2024 гг. В исследовании используется концепция Экологической кривой Кузнеца (Environmental Kuznets Curve, EKC) для оценки взаимосвязи между экономическим ростом и состоянием окружающей среды, а также для определения направления взаимосвязи между энергопотреблением и экономическим ростом. Для оценки долгосрочных зависимостей применяются методы Panel Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) и Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS). Для определения направления причинно-следственных связей используется панельный тест причинности Думитреску–Хурлина. Полученные эмпирические результаты свидетельствуют о наличии обратной U-образной зависимости между экономическим ростом и выбросами углерода. По оценкам, точка перелома ЕКС достигается при уровне дохода около 37 000 долларов США на душу населения. Результаты также показывают наличие положительной и статистически значимой взаимосвязи между потреблением энергии и выбросами углерода, что подтверждает энергоемкий характер экономического роста. Напротив, установлено, что потребление возобновляемой энергии оказывает существенное влияние на снижение выбросов, подчеркивая важность трансформации энергетической структуры для достижения экологической устойчивости. Результаты анализа причинности показывают существование двусторонней причинно-следственной связи между потреблением энергии и экономическим ростом. Кроме того, выявлена сильная однонаправленная причинно-следственная связь от потребления энергии к выбросам углерода. Результаты исследования показывают, что основным фактором, способствующим росту выбросов углерода, является потребление энергии, тогда как экономический рост косвенно усиливает данный процесс. В целом

исследование показывает, что уровень развития является ключевым фактором, определяющим траекторию выбросов в странах Евразии. Если развитые страны уже вступили в этап сокращения выбросов, то в развивающихся странах продолжается углеродоемкий экономический рост. В этой связи для обеспечения устойчивого экономического развития необходимо увеличить инвестиции в возобновляемые источники энергии, повысить энергоэффективность и реализовать комплексную политику, направленную на регулирование взаимосвязи между энергетикой и климатом.

**Ключевые слова:** экономический рост, потребление энергии, возобновляемая энергия, выбросы CO<sub>2</sub>, Экологическая кривая Кузнеця (ЕКС).

**Daxil olub:** 14.05.2026