

Հայաստանի տնտեսական արդյունավետության պարամետրային և ոչ պարամետրային գնահատումը

Մկրտչյան Թաթուլ Մ.

Տնտեսագիտության դոկտոր, պրոֆեսոր,

Հայաստանի պետական տնտեսագիտական համալսարան (Երևան, ՀՀ)

<https://orcid.org/0000-0003-2057-8590>

tatulmkrтчyan@yahoo.com

Նավասարդյան Միքայել Ա.

Մակրոէկոնոմիկայի ամբիոն, ասպիրանտ

Հայաստանի պետական տնտեսագիտական համալսարան (Երևան, ՀՀ)

<https://orcid.org/0000-0002-5474-6401>

navasardianmichael@gmail.com

ՀՏԳ՝ 338.3; EDN: LXSLXI; JEL: O40, D24, C10, C43

DOI: 10.58587/18292437-2024.1-147

Հանգուցաբառեր՝ արտադրության սահման, տնտեսական արդյունավետություն, ընդհանուր գործոնային արտադրողականություն, իրական ՀՆԱ, արտադրական ռեսուրսներ, Մալմքվիսթի համաթիվ, ստոխաստիկ սահմանի մոդել

Параметрическая и непараметрическая оценка экономической эффективности

Армении

Мкртчян Татул М.

Доктор экономических наук, профессор,

Армянский Государственный Экономический Университет (Ереван, РА)

Навасардян Михаил А.

Армянский Государственный Экономический Университет

Кафедра макроэкономики, аспирант (Ереван, РА)

Аннотация. В современной экономике используются два основных подхода к оценке эффективности производства: граничный и неграничный. Каждый из них может быть рассчитан параметрическим и непараметрическим способами. Неграничный подход основан на теории, согласно которой страна технически эффективна, иными словами, фактический объем производства сам по себе является максимально возможным выпуском. Принимая во внимание, что согласно пограничному подходу эффективность определяется как фактическое положение выпуска относительно границы производства, что считается ощутимым преимуществом по сравнению с неграничным подходом. На основе данных 2000-2021 годов для 47 стран со средним уровнем дохода, включая Армению, мы рассчитали эффективность производства ВВП каждой страны параметрическим и непараметрическим способами с использованием стохастической модели границы и индекса Малмквиста соответственно. Армения имеет более низкий показатель эффективности, чем в среднем по исследуемым странам за рассматриваемый период, однако с точки зрения роста эффективности рейтинг страны относительно высок. В первые десять лет наблюдаемого периода рост уровня жизни РА не был вызван ростом эффективности, в отличие от следующего десятилетия. Эффективность производства ВВП РА в основном обусловлена технической эффективностью. Стране необходимо расширить границы производства и повысить эффективность масштаба.

Ключевые слова: граница производства, экономическая эффективность, совокупная факторная производительность, реальный ВВП, производственные ресурсы, индекс Мальмквиста, модель стохастической границы

Parametric and non-parametric evaluation of economic efficiency of Armenia

Mkrтчyan Tatul M.

Doctor of economic sciences, professor,

Armenian State University of Economics (Yerevan, RA)

Navasardyan Michael A.

Armenian State University of Economics

Department of Macroeconomics, Postgraduate student (Yerevan, RA)

Abstract. In modern economics, two main approaches are used to measure production efficiency: frontier and non-frontier. Each of them can be calculated in parametric and non-parametric ways. The non-frontier approach is based on the theory that the country is technically efficient, in other words, the actual output itself is the maximum possible output. Whereas, according to the frontier approach, efficiency is defined as the actual output's score relative to the production frontier, which is considered a tangible advantage over the non-frontier approach. Based on the data of 2000-2021, for 47 middle-income countries, including Armenia, we calculated the GDP production efficiency of each country in parametric and non-parametric ways using the stochastic frontier model and the Malmquist index, respectively. Armenia has a lower efficiency score than the average for the countries studied for the period under review, however, in terms of efficiency growth, the country's rating is relatively high. In the first ten years of the observed period, the increase in the RA standard of living was not caused by an increase in efficiency, unlike the next decade. The efficiency of RA GDP production is mainly determined by technical efficiency. The country needs to expand production frontier and improve scale efficiency.

Key words: production frontier, economic efficiency, total factor productivity, real GDP, production resources, Malmquist index, stochastic frontier model

Արտադրության արդյունավետության դերի կարևորությունը տնտեսական աճի վրա ունեցած ազդեցության տեսանկյունից, մասնագիտական հանրային մոտ, կարծես թե այլևս կասկած չի հարուցում: Սակայն դրանից բխող խնդիրների շուրջ արձանագրվել են տարաբնույթ կարծիքներ ու մեկնաբանումներ, և մինչ օրս տնտեսագետները դեռ չեն եկել ընդհանուր այնպիսի հայտարարի, որ լիովին կծածկի առաջադրված թեմատիկ բացերը և վիճելի ասպեկտները:

Դասական արտադրական ֆունկցիայում արտադրված արդյունքը կախված է աշխատուժից, կապիտալից և ընդհանուր գործոնային արտադրողականությունից (ԸԳԱ), որն ընդգրկում է ոչ միայն առանձին գործոնների արտադրողականությունները, այլև արտադրության կազմակերպման ու օպտիմալացման, ինչպես նաև նոր տեխնոլոգիաների կիրառման միջոցով ձևավորված հավելյալ արժեքը:

ԸԳԱ գնահատման եղանակները և գործիքակազմը տարանջատվում են ըստ 2 չափանիշի: Դրանցից մեկը վերաբերում է որոշում կայացնող միավորի (ՈԿՄ) վարքագծի վերաբերյալ այն ենթադրությանը, որ այն տեխնիկապես արդյունավետ է, այլ կերպ ասած՝ փաստացի արդյունքն ինքնին առավելագույն հնարավոր արդյունքն է: Իսկ այս դրույթի շուրջ մասնագիտական գրականության մեջ ձևավորվել է 2 կարծիք, և ըստ դրանց՝ ԸԳԱ գնահատման երկու մոտեցում՝ ոչ սահմանային և սահմանային: Ըստ առաջինի՝ վերոնշյալ ենթադրությունն ընդունվում է: Երկրորդի պարագայում ԸԳԱ գնահատման խնդրի լուծումը ծագում է «սահման» բառի բնույթից: Արտադրության սահմանը վերաբերում է հնարավոր լավագույն արդյունքին, նկարագրում է առավելագույն ելքերի ամբողջությանը, որը կարելի է ձեռք բերել առկա ռեսուրսների և տեխնոլոգիայի կազմով, իսկ ծախսերի սահմանը՝ հնարավոր նվազագույն ծախսերին՝ առկա ռեսուրսների գների և արդյունքի պայմաններում: Սահմանային մոտեցումը տարբերվում է նաև տարածված միջին

ֆունկցիայի մոտեցումից: Վերջինս հանախ գնահատվում է փոքրագույն քառակուսիների եղանակով՝ միտված լինելով գտնել ընտրանքի տվյալներին առավելագույնս համապատասխանող և զուգամիտող ուղին [7]:

Սահմանային և ոչ սահմանային մոտեցումների դասակարգումը մեթոդաբանական և, ըստ այդմ, մեկնաբանման տեսանկյունից կարևոր նշանակություն ունի, քանի որ սահմանային մոտեցումը թույլ է տալիս բացահայտել տեխնիկական արդյունավետության դերը ՈԿՄ-ի գրանցած արդյունքի ձևավորման մեջ, մինչդեռ ոչ սահմանային մոտեցումը ենթադրում է, որ ընկերությունները տեխնիկապես արդյունավետ են [1, էջ 1]: Տեխնիկական արդյունավետությունը ենթադրում է դեպի արտադրության սահման տեղաշարժի միտում, այսինքն՝ մուտքերի և տեխնոլոգիաների արդյունավետ օգտագործմանը՝ ուսումնառության ընթացքում գիտելիքների կուտակման, նոր տեխնոլոգիաների տարածման, բարելավված կառավարման փորձի և այլ այնպիսի գործոնների շնորհիվ, որոնք մոտեցնում են տվյալ պահին հնարավոր առավելագույն արդյունքին: ԸԳԱ-ի փոփոխության սահմանային գնահատման գործընթացում տարանջատվում է արդյունավետության երկու դրսևորում՝ տեխնոլոգիական առաջընթաց, որը մեթոդաբանական տեսանկյունից նկարագրում է արտադրության սահմանի փոփոխությունը, և տեխնիկական արդյունավետություն՝ իրական արդյունքի՝ արտադրության սահմանի նկատմամբ դիրքը [11, p. 372]:

Ըստ ԸԳԱ-ի գնահատման մոտեցումների խմբավորման երկրորդ չափանիշի, այն է թե՛ գնահատման վիճակագրական մեթոդի և դրա հիմքում ընկած ենթադրությունների՝ արդյունավետության գնահատման մեթոդները երկուսն են՝ պարամետրային և ոչ պարամետրային:

Հաշվի առնելով սահմանային մոտեցման վերոնշյալ առավելությունը և դրա լայն կիրառումը հետազոտական շրջանակներում՝ կենտրոնացվել ենք ԸԳԱ գնահատման սահմա-

նային մոտեցման վրա, ընդ որում՝ և՛ պարամետրային, և՛ ոչ պարամետրային եղանակներով:

Սահմանային ոչ պարամետրային մեթոդներից կարող ենք առանձնացնել տվյալների պարփակման եղանակը (ՏՊԵ), որի շրջանակում ԸԳԱ-ի գնահատման առավել տարածված գործիք է Մալմքվիսթի ԸԳԱ համաթիվը: t ժամանակահատվածի համար Մալմքվիսթի համաթիվը հեռավորության այն երկու ֆունկցիաների հարաբերակցությունն է, որոնք արտադրության տեխնոլոգիայի հաստատուն պայմաններում չափում են նախորդ ($t-1$) և դիտարկվող (t) ժամանակահատվածի գործունեւարդյունք համակցության համամասնական առավելագույն փոփոխությունը: Իսկ արդեն Մալմքվիսթի ԸԳԱ համաթիվը երկու ենթահամաթիվերի միջին երկրաչափականն է: Դրանց տարբերությունն էլ կայանում է արտադրության տեխնոլոգիաների մեջ՝ մեկի դեպքում այն վերաբերում է նախորդ, մյուսի դեպքում դիտարկվող ժամանակահատվածին: Այսպիսով, յուրաքանչյուր ՈԿՄ-ի համար դիտարկվող ժամանակահատվածում ԸԳԱ-ի փոփոխությունը (նախորդի համեմատ) նկարագրող համաթիվը հաշվարկելու համար նախ անհրաժեշտ է հաշվել հեռավորության 4 ֆունկցիա. դրանցից յուրաքանչյուրը գծային ծրագրավորման առանձին խնդիր է [20, էջ14]:

$$M(y_t, x_t, y_{t-1}, x_{t-1}) = \sqrt{\left[\frac{D_{t-1}(x_t, y_t)}{D_{t-1}(x_{t-1}, y_{t-1})} \times \frac{D_t(x_t, y_t)}{D_t(x_{t-1}, y_{t-1})} \right]} \quad (1)$$

Համաթիվը ներկայացնում է ՈԿՄ-ի ԸԳԱ-ն (x_t, y_t) կետում (x_{t-1}, y_{t-1}) կետի համեմատ: Եթե համաթիվի արժեքը մեծ է, փոքր կամ հավասար 1-ից, ապա այդ ժամանակահատվածում ՈԿՄ-ն համապատասխանաբար կամ առաջընթաց է գրանցել (արտադրողականության մակարդակի բարձրացում), կամ՝ հետընթաց (արտադրողականության մակարդակի նվազում), կամ էլ ԸԳԱ-ն չի փոխվել:

Մաթեմատիկական որոշ ձևափոխություններից հետո Մալմքվիսթի ԸԳԱ համաթիվի առաջին կարգի տարանջատումը թույլ է տալիս բաժանել երկու՝ մեկնաբանման տեսանկյունից բովանդակային բաղադրիչների՝ տեխնոլոգիական արդյունավետության փոփոխության (ՏԱՓ) և տեխնիկական կամ բուն արտադրության գործընթացը բնորոշող արդյունավետության փոփոխության (ԱՓ) (բանաձև 2): Առաջինը վերաբերում է նոր տեխնոլոգիաների ներդրման արդյունքում արտադրության արդյունավետության փոփոխությանը (ՏԱՓ), այլ կերպ ասած՝ տեխնոլոգիական առաջընթացին, երկրորդը՝ գործունեւարդյունավետության և

ՈԿՄ-ի կողմից առկա գործունեւարդյունավետության փոփոխությանը՝ գործունային արդյունավետության փոփոխությանը (ԳԱՓ):

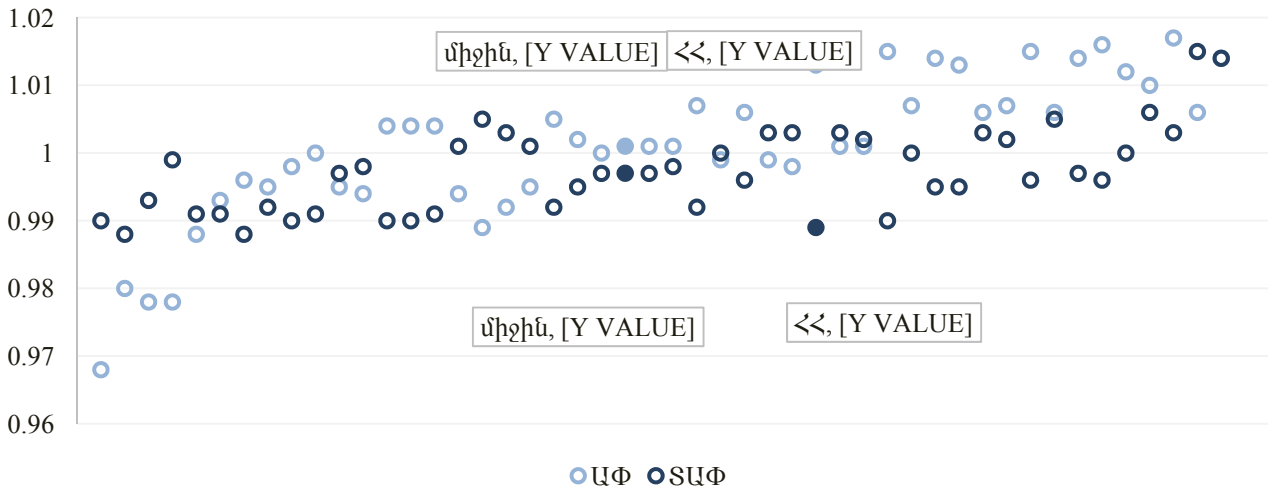
$$M(y_t, x_t, y_{t-1}, x_{t-1}) = \frac{D_t(x_t, y_t)}{D_{t-1}(x_{t-1}, y_{t-1})} \times \sqrt{\left(\frac{D_{t-1}(x_t, y_t)}{D_t(x_{t-1}, y_{t-1})} \times \frac{D_{t-1}(x_t, y_t)}{D_t(x_{t-1}, y_{t-1})} \right)} \quad (2)$$

Ավելին, ԱՓ-ն բացատրվում է երկու հանգամանքով՝ գուտ արդյունավետության փոփոխությամբ (ՉԱՓ) և մասշտաբից արդյունավետության փոփոխությամբ (ՄԱՓ), որն էլ կարող ենք համարել 2-րդ կարգի տարանջատում: Ստացվում է՝

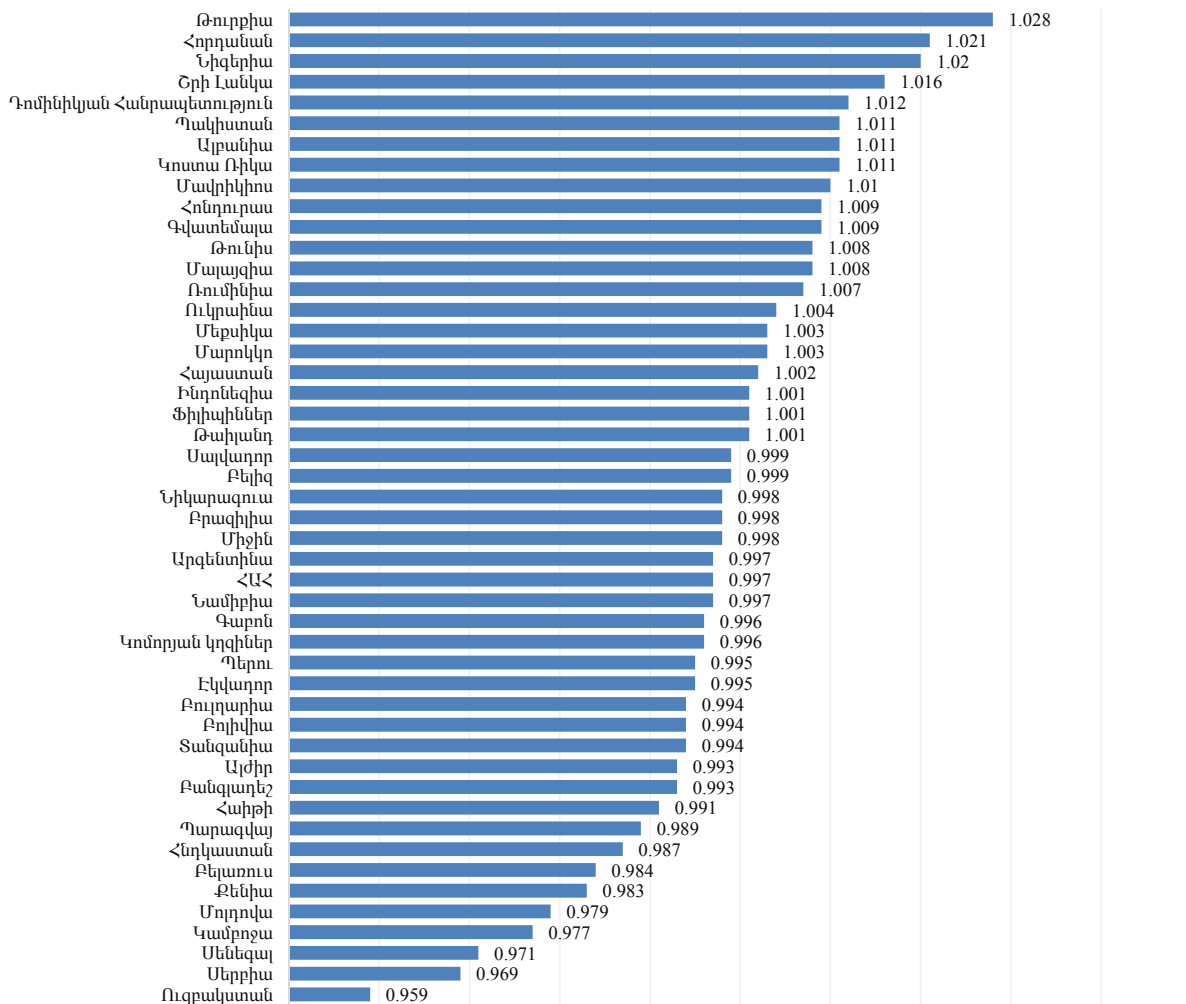
$$\text{Մալմքվիսթի ԸԳԱ համաթիվ} = \text{ՏԱՓ} \times \text{ԱՓ} = \text{ՏԱՓ} \times \text{ՉԱՓ} \times \text{ՄԱՓ} \quad (3)$$

Մալմքվիսթի ԸԳԱ համաթիվը հաշվարկել ենք ըստ Համաշխարհային բանկի (ՀԲ) դասակարգման միջին եկամուտ ունեցող 47 երկրների 2000-2021 թթ-ի նյութերով: Այս դասին պատկանող երկրներից ոչ բոլորն են ընդգրկվել մեր գնահատման շրջանակում, որի պատճառը դրանց մի մասի տվյալների անկատարությունն է, օրինակ՝ ցուցանիշներից որևէ մեկի համար երկրի ժամանակային շարքի բացակայությունը:

Համաթիվը կառուցվում է դասական արտադրական ֆունկցիայի հիման վրա: Նախ որոշվում են այն ցուցանիշները, որոնք բնութագրում են արտադրության գործունեւարդյունքը և արդյունքը: Տեխնիկական դրանք համարվում են համակարգի՝ համապատասխանաբար մուտքային և ելքային ցուցանիշներ: Դասական արտադրական ֆունկցիայում մուտքային ցուցանիշները կապիտալը և աշխատուժն են, ելքայինը՝ արտադրության արդյունքը: Սակայն ժամանակակից մակրոտնտեսագիտական հետազոտությունները փաստում են, որ էներգետիկ ռեսուրսը ևս տնտեսական աճի հիմնական գործոններից է և հաճախ այն՝ որպես անկախ գործոն, դրվում է Զոր-Դուգլասի արտադրական ֆունկցիայի հիմնական գործոնների կողքին [3; 6; 13; 14]: Այսպես, որպես արտադրության մուտքային գործոններ վերցրել ենք աշխատուժի [5], իրական համախառն կապիտալի կուտակման [18] և էներգիայի առաջնային սպառման ցուցանիշները [12], իսկ որպես արդյունք՝ իրական ՀՆԱ-ն [17]: Տեխնիկական լուծումները և բուն համաթիվի հաշվարկը իրականացվել են Զուխնալանդի համալսարանի Արդյունավետության և արտադրողականության վերլուծության կենտրոնի կողմից մշակված DEAP [16] վիճակագրական ծրագրային փաթեթի միջոցով:



Քձապատկեր 1. Միջին եկամուտ ունեցող երկրների 2000-2021 թթ-ի միջին ԱՓ-երը և ՏԱՓ-երը



Քձապատկեր 2. Միջին եկամուտ ունեցող երկրների ԸԳԱՓ՝ 2000-2021 թթ-ի ցուցանիշների միջին երկրաչափականը (Քձապատկերը կազմվել է հեղինակի կողմից, հաշվարկները հեղինակային են)

Քձապատկեր 1-ում ներկայացված են հաշվարկման ընդհանուր արդյունքները դիտարկվող բոլոր երկրների համար: 2000-2021 թթ-ին միջին եկամուտ ունեցող երկրների ԸԳԱ փոփոխությունը (ԸԳԱՓ) անկում է ապրել միջինում 2%-ով, որը ձևավորվել է ԱՓ-ի դրական 0.1% և

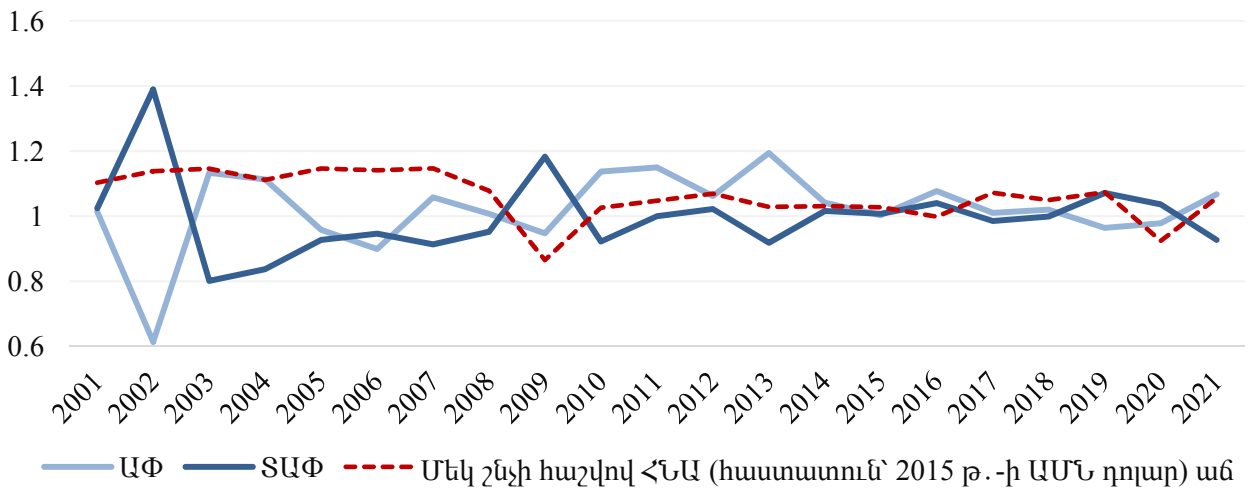
ՏԱՓ-ի բացասական 0.3% փոփոխությունների արդյունքում, ի տարբերություն ՀՀ-ի, որի ԸԳԱՓ-ը աճել է 0.2%-ով, ընդ որում՝ գրանցվել է ՏԱՓ-ի բացասական (-1.1%), իսկ ԱՓ-ի դրական արդյունք (1.3%): Այսպիսին է պատկերը 47-ից 30 երկրներում, որտեղ ՏԱՓ-ը ավելի ցածր է, քան

ԱՓ-ը: Մյուս կողմից ՏԱՓ-ը 21 տարիների ընթացքում միջինում անկում է ապրել 30 երկրներում, այդ թվում նաև ՀՀ-ում (0.989), մինչդեռ ԱՓ-ը միայն 18-ում, այդ թվում նաև ՀՀ-ում (1.013): Այսինքն՝ կարելի է եզրակացնել, որ դիտարկվող ժամանակահատվածում միջին եկամուտ ունեցող երկրների մեծամասնությունում բուն արտադրության գործընթացը դարձել է ավելի արդյունավետ, սակայն արտադրության սահմանի մասով ընդլայնման կարիք կա, այսինքն՝ տնտեսությունների թողարկած իրական արդյունքը մոտ է սահմանին և տեխնոլոգիական արդիականացման կարիք կա: Այդպիսով նորագույն տեխնոլոգիաների վրա հիմնված տնտեսության ձևավորման և դրա կառավարման անհրաժեշտությունը մնում է զարգացման նոր մակարդակ տեղափոխման համար առաջնային պայման:

Դիտարկվող երկրների շրջանում, ըստ Մալմքվիսթի ԸԳԱ համաթվի, ամենաբարձր ցուցանիշը Թուրքիային է՝ 1.028 (գծապատկեր 2), իսկ ըստ համաթվի բաղադրիչների՝ պատկերն այլ է: Ըստ ՏԱՓ-ի՝ առաջատարը Հորդանանն է (1.015), ըստ ԱՓ-ի և ՄԱՓ-ի՝ Նիգերիան (երկու ցուցանիշն էլ 1.17), ըստ ՉԱՓ-ի՝ (1.015): Ինչ վերաբերում է վերջին տեղերը զբաղեցրած երկրներին, հետաքրքիրն այն է, որ վերջիններից 5-ը՝ Ուզբեկստանը, Մերիան, Մենեզալը, Կամբոջան և Մոլդովան, գրանցել են ԱՓ ավելի ցածր ցուցանիշ, քան ՏԱՓ-ը: Ըստ համաթվի

բաղադրիչների՝ ՀՀ զբաղեցրած դիրքերից լավագույնը 6-րդն է՝ ըստ ՄԱՓ-ի, իսկ վատագույնը՝ ըստ ՏԱՓ-ի դասակարգման՝ վերջից 3-րդ հորիզոնականն է՝ 0.989 արժեքով:

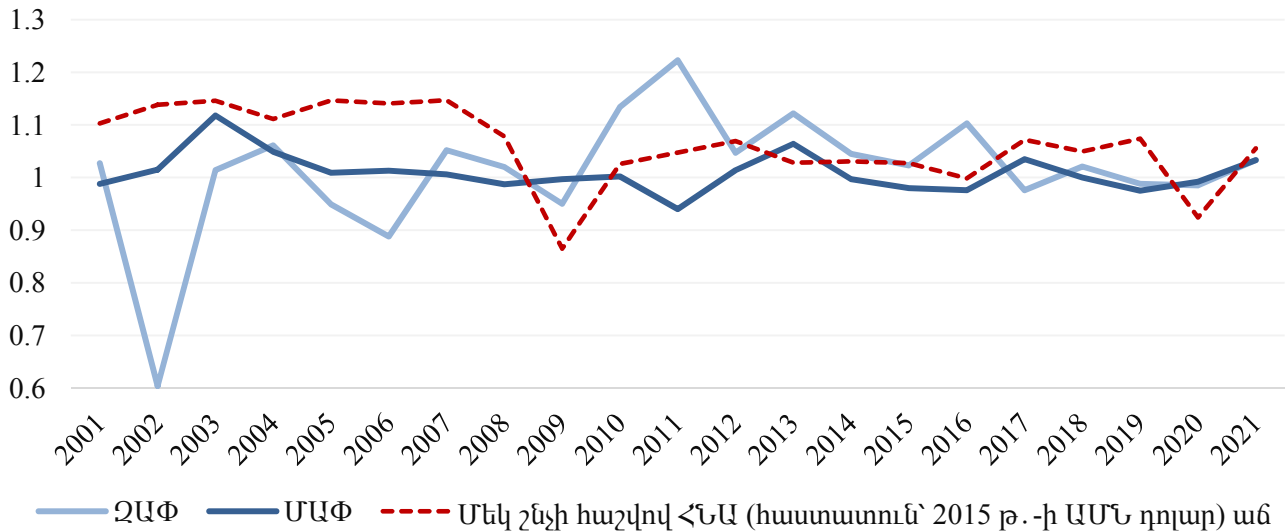
Անդրադառնանք ՀՀ ցուցանիշների դինամիկային դիտարկվող ժամանակահատվածում: Գծապատկեր 3-ում համադրել ենք ՀՀ բուն արտադրական արդյունավետության, տեխնոլոգիական արդյունավետության և 1 շնչի հաշվով իրական ՀՆԱ փոփոխությունները: Վերջինս միջինում (միջին երկրաչափականը) կազմել է մոտ 1.06, որը ավելի բարձր է երկրի Մալմքվիսթի համաթվի բաղադրիչներից ցանկացածի փոփոխությունից: Ավելին, դիտարկվող 21 տարիներից 18-ում դրա գծով դրական տեղաշարժ է գրանցվել: Ցուցանիշը անկում է ապրել միայն ճգնաժամային 2009, 2016 և 2020 թթ-ին: Մինչդեռ ՀՀ ԸԳԱՓ-ը դրական է եղել ընդամենը 12 անգամ: Նույնչափ անկում է գրանցվել նաև ՏԱՓ-ի մասով: Համաթվի բաղադրիչների և ՀՆԱ-ի միջև կորելացիոն կապերը մինչև երրորդ լազր բացասական են: Բաղադրիչները երեք տարի անց են միայն դրական ազդում երկրի ՀՆԱ փոփոխության վրա: Իսկ մեկ շնչի հաշվով ՀՆԱ փոփոխությունների և համաթվի ու դրա բաղադրիչների միջև կապերի միջև չկա տրամաբանական եզրահանգման հենք: Անկախ ազդեցության բնույթից նշված դեպքերից ոչ մեկում կորելացիոն նշանակալի կապ չի հայտնաբերվել:



Գծապատկեր 3. ՀՀ ԱՓ, ՏԱՓ և մեկ շնչի հաշվով իրական ՀՆԱ-ի դինամիկան (Գծապատկերը կազմվել է հեղինակի կողմից, հաշվարկները հեղինակային են)

Գծապատկեր 4-ում ներկայացված են ՀՀ ԱՓ երկու բաղադրիչների՝ ՉԱՓ և ՄԱՓ դինամիկան, որոնք նույնպես համադրել ենք մեկ շնչի հաշվով իրական ՀՆԱ-ի հետ: Նախ փաստենք ՉԱՓ փոփոխությունների կտրուկ վարքագիծը և հակառակ՝ կայուն պատկերը ՄԱՓ զարգացումներում: Ընդ որում՝ ՉԱՓ զարգացումները պարբերաշրջանային բնույթ ունեն: Դիտարկվող ժամանակահատվածում ՉԱՓ-ը դրական է եղել 14 տարիների ընթացքում, իսկ ՄԱՓ-ը՝ 11: Միջինում երկուսն էլ անել են: Նկատենք՝ 2001-2011 թթ-ին ՀՀ ՉԱՓ միտումը դրական է, դրանից հետո նվազել է մինչև գրեթե զրոյական մակարդակ: ՄԱՓ զարգացումները շատ ավելի չնչին են ու ցուցում են երկրի արտադրության ընդլայնման նախապայմանների բացակայությունը:

Ամփոփելով ՀՀ ԸԳԱ ոչ պարամետրային գնահատումը՝ կարող ենք փաստել, որ երկրի ԸԳԱ-ն 2000-2021 թթ.-ի ընթացքում միջինում աճել է, որը տեղի է ունեցել առավելապես արտադրական գործընթացի արդյունավետության բարելավման միջոցով, մինչդեռ երկիրը արտադրության սահմանի ընդլայնման խնդիր ունի, որը ցուցում է ոչ միայն ՏԱՓ և ՄԱՓ ցուցանիշների դինամիկան հատկապես վերջին տարիների ընթացքում, այլև երկրի զբաղեցրած 45-րդ հորիզոնականը՝ ըստ դիտարկված միջին եկամուտ ունեցող 47 երկրների ՏԱՓ վարկանիշային աղյուսակի: Երկիրը, ըստ Մամլքվիսթի ԸԳԱ համաթվի, 18-րդն է՝ Ուկրաինայից, Մարոկկոյից և Մեքսիկայից հետո, ըստ ԱՓ-ի՝ 8-րդը:



Գծապատկեր 4. ՀՀ ԶԱՓ, ՄԱՓ և մեկ շնչի հաշվով իրական ՀՆԱ դինամիկան (Գծապատկերը կազմվել է հեղինակի կողմից, հաշվարկները հեղինակային են)

ԸԳԱ-ի գնահատման սահմանային մեթոդների շրջանակում, որպես ՏՊԵ-ին այլընտրանք, մասնագիտական գրականությունն առաջադրում է ստոխաստիկ սահմանի վերլուծությունը (ՄԱՎ): Վերջինս ներկայացնում է տեխնիկական արդյունավետության գնահատման՝ էկոնոմետրիկ տեխնիկայի վրա հիմնված պարամետրային մեթոդ, որտեղ պետք է հստակեցվի արտադրական ֆունկցիան: Այս մոտեցումը նույնպես հիմնված է արտադրության սահմանի գաղափարի վրա, և արդյունավետությունը համապատասխանում է ՈԿՄ տեսական և դիտարկված վարքագծերի միջև եղած հեռավորությանը [9, էջ 520]: Մի կողմից երկու մոտեցումն էլ ունեն որոշակի առավելություններ և թերություններ, ուստի հաճախ դրանք երկուսն էլ հաշվարկվում են և համեմատվում ստացված արդյունքները: Մյուս կողմից, չնայած նրան, որ երկուսն էլ վերաբերում են արդյունավետության քանակական գնահատականի դուրսբերմանը, դրանք առաջադրված խնդիրը լուծում են տարբեր չափումներում և արդյունքները նույնպես տարբեր կերպ են մեկնաբանվում:

Ստոխաստիկ սահմանի խնդրի բնույթին նույնպես անդրադառնանք պանելային տվյալների համատեքստում: j հատ ՈԿՄ և t հատ ժամանակահատվածի պայմաններում դիտարկենք ՈԿՄ-ների թողարկումը, որին համապատասխանում է որոշակի արտադրական ֆունկ-

ցիա: Անարդյունավետության բացակայության «ուտոպիայում» t -րդ ժամանակահատվածում j -րդ ՈԿՄ-ն կարտադրի

$$Y_{jt} = f(X_{jt}, \beta), j=1,2, \dots, j, t=1,2, \dots, T, \quad (4)$$

որտեղ X_{jt} -ն թողարկմանը մասնակցող գործոնների արժեքների վեկտորն է t -րդ ժամանակահատվածում, β -ն՝ անհայտ պարամետրերի վեկտորը: Ստոխաստիկ սահմանի վերլուծության հիմնարար տարրն այն է, որ յուրաքանչյուր ՈԿՄ արտադրում է ավելի քիչ, քան կարող է՝ դրսևորելով որոշակի անարդյունավետություն:

$$Y_{jt} = f(X_{jt}, \beta) \xi_{jt}, j=1,2, \dots, j, t=1,2, \dots, T, \quad (5)$$

որտեղ ξ_{jt} -ն t -րդ ժամանակահատվածում ՈԿՄ-ի արդյունավետությունը նկարագրող բաղադրիչն է, որը որոշված է $(0, 1]$ միջակայքում: Եթե այն ընդունում է միավոր արժեք, ապա ՈԿՄ-ն արտադրության ֆունկցիայում «մարմնավորված» տեխնոլոգիայի շնորհիվ հասնում է օպտիմալ արդյունքի: Ենթադրվում է նաև, որ արդյունքը գերծ չէ պատահական ցնցումների ազդեցությունից.

$$Y_{jt} = f(X_{jt}, \beta) \xi_{jt} \exp(v_{jt}), j=1,2, \dots, J, t=1,2, \dots, T \quad (6)$$

Կատարելով $v_{jt} = -\ln(\xi_{jt})$ նշանակումը և հավասարման երկու կողմերը բնական հիմքով լոգարիթմելով՝ կստանանք ստոխաստիկ սահմանի մոդելի բազային սպեցիֆիկացիան.

$$\ln(Y_{jt}) = \beta_0 + \sum \beta \ln(X_{jt}) + v_{jt} - v_{jt}, j=1,2, \dots, j, t=1,2, \dots, t \quad (7)$$

Այսպիսով ՄՄՄ-ն հիմնված է տեսական այն գաղափարի հիման վրա, որ ոչ մի տնտեսական գործակալ չի կարող գերազանցել իդեալական «սահմանը», և այս ծայրահեղությունից շեղումը վերագրվում է արտադրության անարդյունավետությունը: Մոդելավորման մեջ այս գաղափարն իրացվել է ռեգրեսիոն մոդելի սխալի բաղադրյալ բնույթի մեջ: ՄՄՄ-ի սխալը ներառում է երկու ենթաբաղադրիչ՝ մեկը վերաբերում է պատահական էֆեկտներին, մյուսը՝ տեխնիկական անարդյունավետությանը: v_{jt} -ն j -րդ ՈԿՄ-ի թողարկման՝ պատահական էֆեկտների ազդեցությունը կրող փոփոխականն է t -րդ ժամանակահատվածում, և ենթադրվում է, որ դրանք բոլորն անկախ են և նորմալ բաշված, իսկ v_{jt} -ն այն պատահական փոփոխականն է, որը բացատրում է j -րդ ՈԿՄ-ի արտադրության տեխնիկական անարդյունավետությունը t -րդ ժամանակահատվածում:

Stata վիճակագրական հավելվածը տրամադրում է ՄՄՎ-ի համար համապատասխան գործիքակազմը և հրամանները, հանձին `sfpanel`-ի [2], որը նախատեսված է պանելային տվյալների հիման վրա ստոխաստիկ սահմանային մոդելների գնահատման համար: Այն թույլ է տալիս գնահատել անարդյունավետության մոդելների շատ ավելի լայն շրջանակ, այդ թվում նաև մեր ուսումնասիրության մեջ կիրառվող մոդելը («իրական» հաստատուն էֆեկտի մոդելը [4]), քան պաշտոնական `xtfrontier`-ը [15]:

ՄՄՄ կառուցման համար հիմք է հանդիսացել տվյալների միևնույն ծածկույթը, ինչ նախորդիվ գնահատված Մամբլիսթի ԸԳԱ համաթվի պարագայում, միայն մի տարբերությամբ՝ ցուցանիշները բնական հիմքով լոգարիթմվել են, որպեսզի համապատասխանեցվեն մի կողմից արտադրական ֆունկցիայի գնահատման արդյունքում ստացվելիք էլաստիկության գործակիցների մեկնաբանման տրամաբանությամբ, մյուս կողմից՝ կիրառվող վիճակագրական հավելվածի մուտքային տվյալների կանոններին:

Աղյուսակ 1-ում ներկայացված է կառուցված ՄՄՄ-ի բնութագիրը, որտեղ առաջինը ուշադրություն դարձնենք Ուոլդի խի քառակուսի վիճակագրությանը (Wald $\chi^2(3)$): Վերջինս կիրառվում է ստուգելու համար այն հիպոթեզը, թե արդյոք բոլոր բացատրող փոփոխականների ռեգրեսիոն գործակիցները զրո են: Փակագծերում նշված թիվը ցույց է տալիս բաշխման ազատության աստիճանը, որը սահմանվում է մոդելում անկախ փոփոխականների քանակով: Հիպոթեզը մերժելու համար ներկայացված հավանականությունը ($\text{Prob} > \chi^2$), որը մեր պարագայում զրո է, հիմք է տալիս մերժելու առաջադրված գրոյական վարկածը, այսինքն՝ 0.01 նշանակալիության մակարդակում կարող ենք փաստել, որ ստացված գործակիցներից գոնե մեկը զրո չէ: Նույն կերպ կարող ենք մերժել առանձին գործակիցների զրո լինելու հիպոթեզները z վիճակագրության միջոցով: Այսպիսով առանձին ռեգրեսորները և մոդելն ինքնին նշանակալի են:

Աղյուսակ 1. ՄՄՄ-ի առաջնային բնութագիրը

(Աղյուսակը կառուցվել է հեղինակի կողմից, հաշվարկները հեղինակային են)

True fixed-effects model (exponential)						Number of obs = 1034
Group variable: country						Number of groups = 47
Time variable: time						Obs per group: min = 22
				avg = 22.0		max = 22
						Prob > chi2 = 0.0000
						Wald chi2(3) = 5194.79
Log likelihood = 458.0341						
ln_gdp	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Frontier						
ln_capital	.8008836	.0203754	39.31	0.000	.7609486	.8408186
ln_energy	.2319913	.0403918	5.74	0.000	.1528249	.3111578
ln_labour	.2011035	.0593993	3.39	0.001	.084683	.3175241
Usigma						
_cons	-4.964663					
Vsigma						
_cons	-4.059704					
sigma_u	.0835482					
sigma_v	.131355					
lambda	.636049					

Անդրադառնալով ՄՄՄ հիմնական գաղափարին՝ մոդելի սխալի բաղադրիչների տարանջատմանը՝ հաջորդիվ գնահատենք, թե ՄՄՄ սխալի բաղադրիչի որ մասն է բացատրում արտադրության անարդյունավետությունը, այսինքն՝ բացահայտենք՝ որքանով է տեխնիկական անարդյունավետությունը բացատրում փաստացի ցուցանիշների շեղումը արտադրության գնահատված ստոխաստիկ սահմանից: Ներկայացնելով մոդելի սխալի ընդհանուր դիսպերսիան՝ որպես երկու ենթաբաղադրիչների դիսպերսիաների գումար՝

$$\sigma^2 = \sigma_0^2 + \sigma_v^2 \quad (8)$$

կարող ենք հաշվարկել գամմա պարամետրը՝ սխալի անարդյունավետությունը նկարագրող բաղադրիչի դիսպերսիայի հարաբերությունը մոդելի սխալի ընդհանուր դիսպերսիային.

$$\gamma = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_v^2} \approx 0.3 \quad (9)$$

Ստացված արժեքը վկայում է, որ իրական և գնահատված արդյունքի, կամ որ նույնն է՝ թողարկման իրական ծավալի և արտադրության սահմանի ծավալի միջև առկա շեղման մոտ 30%-ն է բացատրվում տեխնիկական անարդյունավետությամբ: Սա փաստում է՝ միջին եկամուտ ունեցող երկրների պարագայում միջինում իրական թողարկման հեռավորությունը արտադրության սահմանից մոտ երկու երրորդ մասով

Աղյուսակ 2. Հավասարության և անհավասարության սահմանափակումների համատեղ փորձարկման կրիտիկական արժեքի վերին և ստորին սահմանները [8]

Նշանակալիության մակարդակ	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
կրիտիկական արժեք	3.475	5.528	7.045	8.542	10.501	11.971	15.357

Մոդելի՝ գոյություն ունենալու իրավունքը փաստելուց հետո ամփոփենք մոդելի առաջնային արդյունքները: Նկատենք՝ ՈԿՄ-ների թողարկումը մասշտաբից աճող հատույց ունի: Ամենամեծ էլաստիկության գործակիցը կապիտալ գործոնինն է (0.8), իսկ էներգիայի և աշխատուժի պարագայում դրանք բավականին մոտ են իրար (մոտ 0.2):

Հաջորդիվ անդրադառնանք մոդելի բուն արդյունքին, ասել է թե՛ երկրների արդյունավետությանը: predict հրամանը թույլ է տալիս մոդելի սխալից դուրս բերել անարդյունավետության գրանցված ցուցանիշները: Դրանք որոշված են 0-ից 1 միջակայքում, ստորին սահմանը բնութագրում է ՈԿՄ բացարձակ անարդյունավետությունը, 1-ը՝ լավագույն արդյունքը արդյունավետության տեսանկյունից:

2000-2021 թթ-ին միջին եկամուտ ունեցող երկրներից 47-ի շրջանում միջին արդյունքը բավականին բարձր է՝ 0.92 (գծապատկեր 5), ամենաբարձ արժեքը գրանցվել է Տանզանիայում

պայմանավորված է պատահական ցնցումներով, և մեկ երրորդ մասն է միայն պայմանավորված անարդյունավետությամբ:

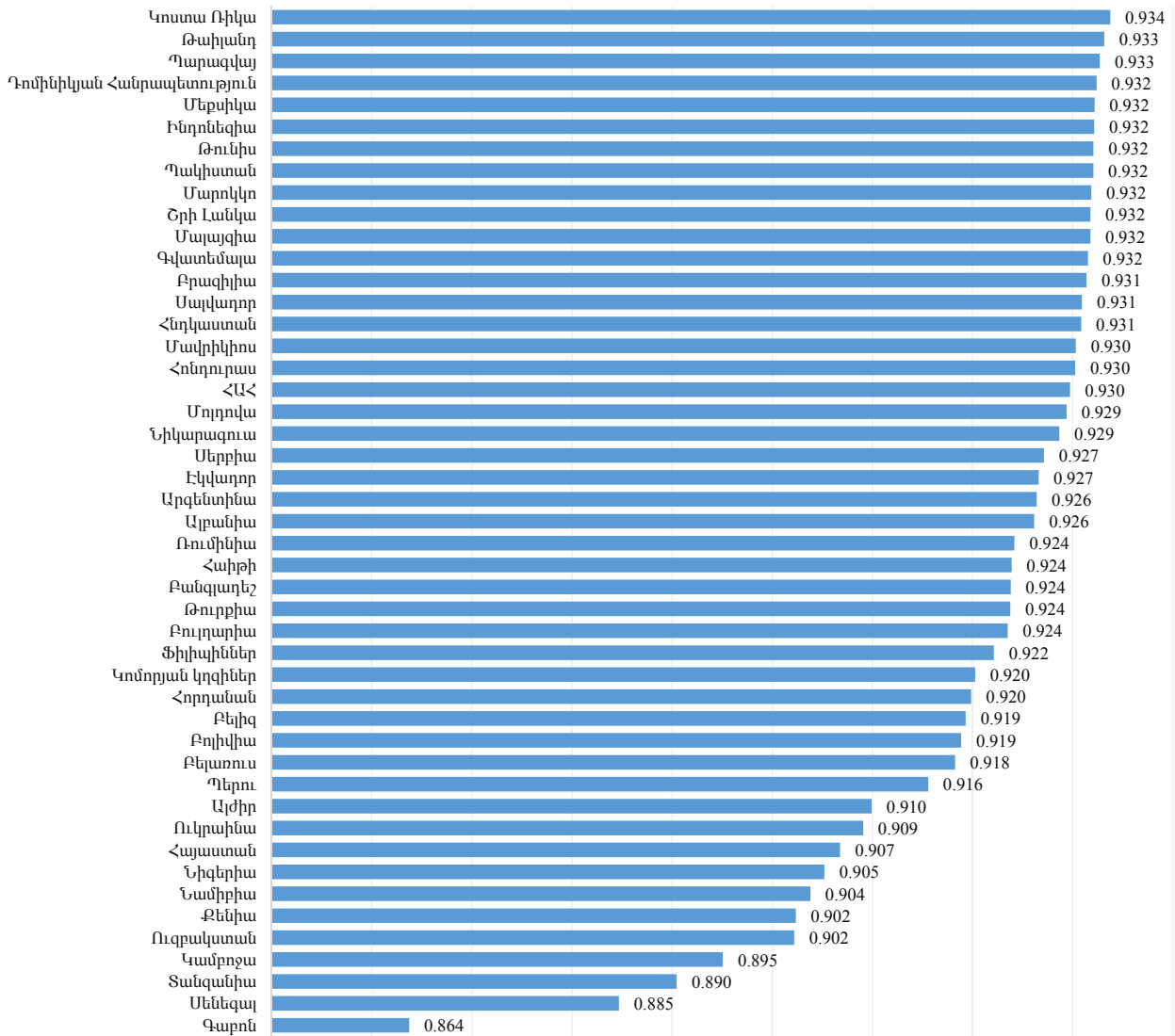
Վերջում ստուգենք հենց ՄՄՄ կիրառելու նշանակալիությունը, այսինքն՝ հաստատենք դրա նախապատվությունը սովորական գծային ռեգրեսիոն մոդելի նկատմամբ: Կումբակարը և այլք առաջադրել են հավանականության (likelihood) հարաբերակցության թեստ [10], որի վիճակագրության հաշվարկի մեջ օգտագործվում են մի դեպքում սովորական նվազագույն քառակուսիների եղանակով հաշվարկված մոդելի հավանականությունը՝ $L(H_0)$, մյուս դեպքում՝ ՄՄՄ հավանականությունը՝ $L(H_1)$: Այնուհետև ստորև ներկայացված բանաձևով հաշվարկվող վիճակագրությունը պետք է համեմատել ըստ համապատասխան ազատության աստիճանի և նշանակալիության մակարդակի հաշվարկված կրիտիկական արժեքների հետ:

$$-2[L(H_0) - L(H_1)] = 458.0341 / 43.873052 \approx 828 \quad (10)$$

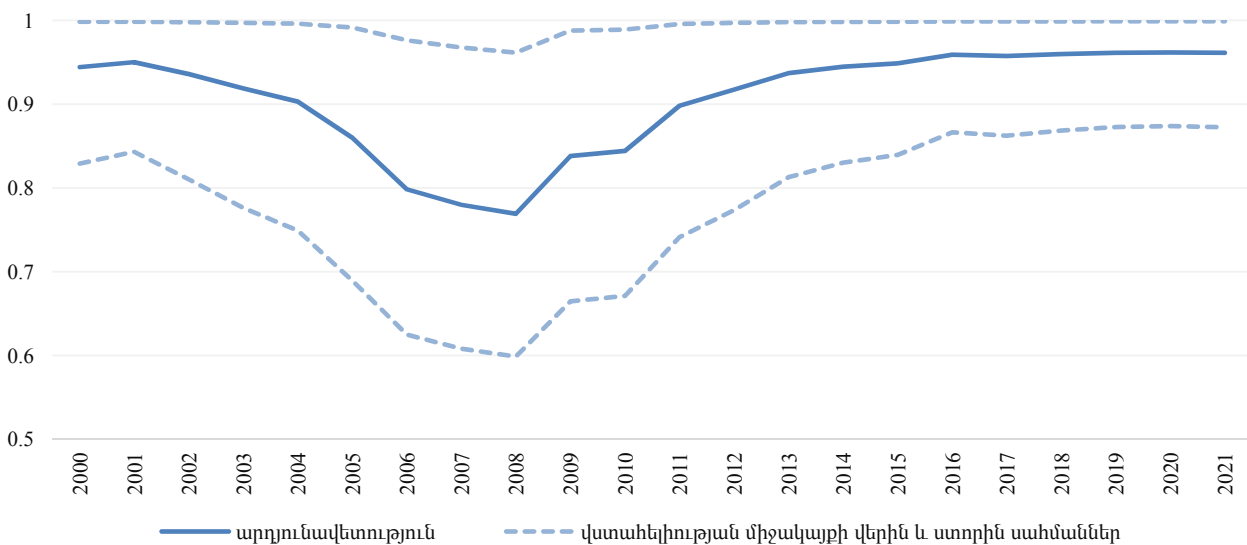
Եթե հաշվարկված արժեքը մեծ է կրիտիկական արժեքից, կարող ենք մերժել զրոյական հիպոթեզն այն մասին, որ ՄՄՄ-ն նախընտրելի չէ սովորական գծային մոդելից: Մեր պարագայում այն մեծ է աղյուսակ 2-ում ներկայացված ազատության 3-րդ աստիճանում և նշանակալիության բոլոր մակարդակներում հաշվարկված կրիտիկական արժեքներից:

2000 թ-ին (0.97), ամենացածրը՝ Գվատեմալայում 2019 թ-ին (0.6): Դիտարկվող ժամանակահատվածում միջինում ՀՆԱ առավել արդյունավետ արտադրություն է գրանցվել Կոստա Ռիկայում, Թաիլանդում և Պարագվայում, ամենացածրը՝ Տանզանիայում, Սենեգալում և և Գաբոնում:

Երկրների վարկանիշները, ըստ ՄՄՄ մոդելի կիրառման արդյունքում ստացված արդյունավետության և Մայմքվիթի համաթվի, բավականին տարբերվում են: Միջին եկամուտ ունեցող երկրները զգալիորեն տարբեր արդյունքներ են գրանցել ըստ արտադրության արդյունավետության և դրա փոփոխությունների առումով: Սակայն երկու հաշվարկները համամիտում են այնքանով, որ Մայմքվիթի ԸԳԱ համաթվի, որն ինքնին փոփոխություն է նկարագրում, և ՄՄՄ արդյունավետության ցուցանիշների փոփոխությունները զուգամիտում են. դրանց շարքերի միջև դրական կորելացիոն կապ կա (0.62):



Գծապատկեր 5. Միջին եկամուտ ունեցող երկրների ՀՆԱ թողարկման արդյունավետության մակարդակները միջինում՝ 2000-2021 թթ-ին (Գծապատկերը կազմվել է հեղինակի կողմից, հաշվարկները հեղինակային են)

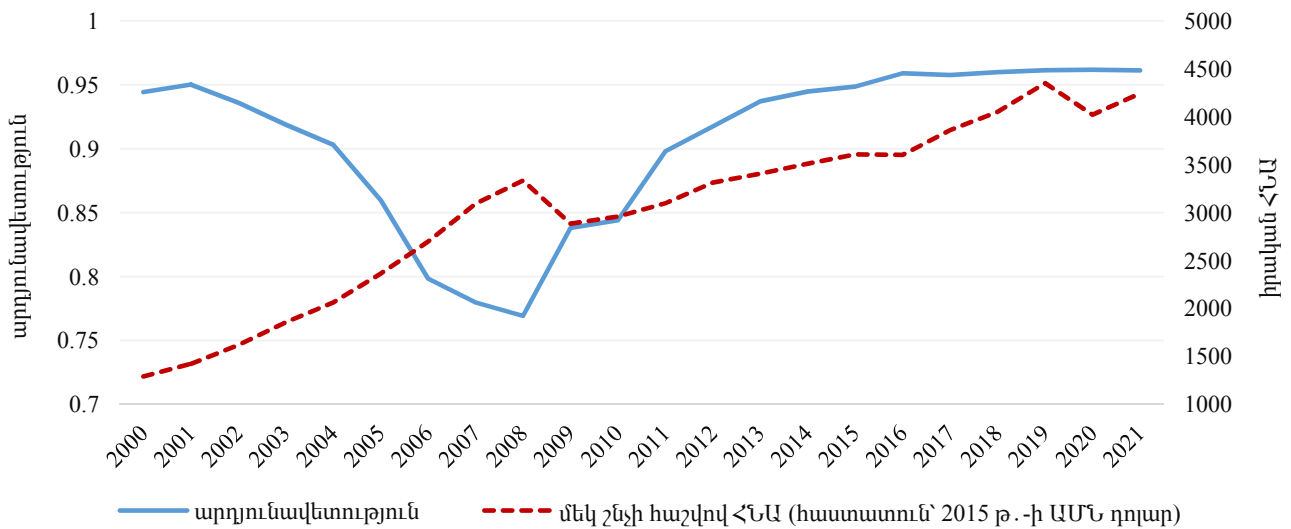


Գծապատկեր 6. ՀՀ ՀՆԱ թողարկման արդյունավետության և դրա վստահելիության միջակայքի վերին և ստորին սահմանների դինամիկան 95% վստահության մակարդակում (Գծապատկերը կազմվել է հեղինակի կողմից, հաշվարկները հեղինակային են)

ՀՀ-ն ՄՄՄ արդյունքում ստացված արդյունավետության վարկանիշով գտնվում է վերջին տասնյակում (39-րդ), մինչդեռ ըստ Մալմքվիսթի ԸԳԱ համաթվի՝ երկիրը 18-րդն է: Այսպես ՀՀ-ն 2000-2021 թթ-ին միջին եկամուտ ունեցող երկրների շրջանում արդյունավետության միջինից էլ ցածր ցուցանիշ ունի՝ 0.91, սակայն դրա աճի մասով համեմատաբար բարձր:

Գծապատկեր 6-ում ներկայացված է ՀՀ արդյունավետության դինամիկան 2000-2021 թթ-ին, որն ընդհանուր առմամբ բնորոշում է երկրի տնտեսության զարգացման ուղին վերջին երկու տասնամյակի ընթացքում: Մինչև 2008 թ-ը երկրի ԸԳԱ-ն անկում է ապրել 17 տոկոսային կետով, այնուհետև աճել է՝ 2021 թ-ին գրանցելով անարդյունավետության 4%-ից էլ ցածր

արդյունք: Իսկ արդեն Գծապատկեր 7-ում, ինչպես Մալմքվիսթի ԸԳԱ համաթվի պարագայում, ՀՀ ՄՄՄ արդյունքում դուրսերկված արդյունավետության դինամիկան համադրել ենք մեկ շնչի հաշվով իրական ՀՆԱ-ի հետ: Դիտարկվող ժամանակահատվածի առաջին տասնամյակում ՀՀ արդյունավետությունը և մեկ շնչի հաշվով իրական ՀՆԱ ցուցանիշը տարամիտում են, այսինքն՝ աճը պայմանավորված չի եղել արդյունավետությամբ, ավելին, վերջինս մղվել է երկրորդային պլան և անկում է ապրել մոտ 17%-ով: Համաշխարհային ֆինանսատնտեսական ճգնաժամից հետո է միայն երկրում արդյունավետության բարձրացման անհրաժեշտությունն առաջացել. հաջորդ տասնամյակում այն բարելավվել է մոտ 19%-ով:



Գծապատկեր 7. ՀՀ արդյունավետության և մեկ շնչի հաշվով իրական ՀՆԱ դինամիկան [19]
(Գծապատկերը կազմվել է հեղինակի կողմից, հաշվարկները հեղինակային են)

Այսպիսով միջին եկամուտ ունեցող երկրների շրջանակում ՀՀ-ն զբաղեցնում է բավականին ցածր դիրքեր: 2000-2021 թթ-ին միջինում առկա ռեսուրսների պայմաններում երկիրն ապահովել է հնարավոր լավագույն արդյունքի 91%-ը: 2000-2010 թթ-ին ՀՀ կենսամակարդակի աճը պայմանավորված չի եղել արդյունավետության բարձրացմամբ՝ ի տարբերություն հաջորդ տասնամյակի: Մյուս կողմից երկրի զբաղեցրած դիրքը նույն երկրների շրջանակում շատ ավելի բարձր է ըստ ԸԳԱ աճի: Վերջինս առավելապես պայմանավորված է տեխնիկական արդյունավետությամբ: Այդպիսով, արդյունավետությունը և տնտեսական աճը որակը բարելավելու համար երկիրը կարիք ունի արտադրության սահմանի ընդլայնման և մասշտաբից արդյունավետության բարձրացման:

Օգտագործված գրականության ցանկ

1. **Atkinson S. E., Cornwell C.**, Journal of Productivity Analysis, 1998, Vol. 10, Issue 1, pp. 35–46, Springer Science and Business Media LLC, <https://doi.org/10.1023/a:1018394231538>
2. **Belotti, F., Daidone, S., Hardi, G., & Atella, V.**, Stochastic Frontier Analysis using Stata, The Stata Journal: Promoting communications on statistics and Stata, 2013, Vol. 13, Issue 4, pp. 719–758, <https://doi.org/10.1177/1536867x1301300404>
3. **Dong Z., Ma H., Shen G.**, Estimating production functions using energy to control for unobserved utilization, Economics Letters, 2021, Vol. 209, p. 110118, Elsevier BV, <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2021.110118>
4. **Greene W.**, Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model, Journal of Econometrics, 2005, Vol. 126, Issue 2, pp. 269–303, <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2004.05.003>

5. International Labour Organization, Labour force by sex and age (thousands) | Annual, ILOSTAT database. Retrieved on February 8, 2022, [Dataset], <https://ilostat.ilo.org/>
6. **Keen S., Ayres R. U., Standish R.**, A Note on the Role of Energy in Production, *Ecological Economics*, 2019, Vol. 157, pp. 40–46, Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.11.002>
7. **Kiani A., Iqbal M., Javed T.**, Total Factor Productivity and Agricultural Research Relationship: Evidence from Crops Sub-Sector of Pakistan's Punjab, *European Journal of Scientific Research*, 2008, 23
8. **Kodde D. A., Palm F. C.**, Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions, *Econometrica*, 1986, Vol. 54, Issue 5, p. 1243, <https://doi.org/10.2307/1912331>
9. **Krljan T., Grbčić A., Hess S., Grubisic N.**, The Stochastic Frontier Model for Technical Efficiency Estimation of Interconnected Container Terminals, *Journal of Marine Science and Engineering*, 2021, Vol. 9, Issue 5, pp. 515-535, <https://doi.org/10.3390/jmse9050515>
10. **Kumbhakar S. C., Wang H.-J., Horncastle, A.**, A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata, 2015, Cambridge University Press, <https://doi.org/10.1017/cbo9781139342070>
11. **Mahadevan R.**, To Measure or Not To Measure Total Factor Productivity Growth? *Oxford Development Studies*, 2003, Vol. 31, Issue 3, pp. 365–378, <https://doi.org/10.1080/1360081032000111742>
12. Our World in Data, Primary energy consumption by world region, Retrieved on October 20, 2022, [Dataset], <https://ourworldindata.org/grapher/primary-energy-consumption-by-region>
13. **Pokrovski V. N.**, Energy in the theory of production, *Energy*, 2003, Vol. 28, Issue 8, pp. 769–788, Elsevier BV, [https://doi.org/10.1016/s0360-5442\(03\)00031-8](https://doi.org/10.1016/s0360-5442(03)00031-8)
14. **Shahbaz M., Benkraiem R., Miloudi A., Lahiani A.**, Production function with electricity consumption and policy implications in Portugal, *Energy Policy*, 2017, Vol. 110, pp. 588–599, Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.08.056>
15. StataCorp LLC, xtfrontier — Stochastic frontier models for panel data, <https://www.stata.com/manuals/xtxtfrontier.pdf>
16. The University of Queensland, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, DEAP Version 2.1, Retrieved October 20, 2022, <https://economics.uq.edu.au/cepa/software>
17. The World Bank, GDP (constant 2015 US\$), World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files, 2022, [Dataset], <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKT.P.KD>
18. The World Bank, Gross fixed capital formation (constant 2015 US\$), World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files, Retrieved on October 20, 2022, [Dataset], <https://data.worldbank.org/indicator/NE.GDI.FTOT.KD>
19. The World Bank, GDP per capita (constant 2015 US\$), World Development Indicators, Retrieved on November 2022, 2022, [Dataset], <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD>
20. **Yan Li**, A firm-level panel-data approach to efficiency, total factor productivity, catchup and innovation and mobile telecommunications reform (1995-2007), CCP Working Paper: 09/6, 2009

Сдана/Հանձնվել է՝ 21.02.2024

Рецензирована/Գրախոսվել է՝ 26.02.2024

Принята/Ընդունվել է՝ 29.02.2024