

VILNIAUS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO ADMINISTRAVIMO FAKULTETAS

EKONOMINĖS ANALIZĖS STUDIJŲ PROGRAMA

Adrija Čaplikaitė

MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

PRODUKTYVUMO AUGIMO INDEKSŲ IR INDIKATORIŲ PALYGINIMAS	PRODUCTIVITY GROWTH INDICES AND INDICATORS: A COMPARISON
---	---

Darbo vadovė: Asist. Dr. Kristina Mažeikaitė

Vilnius, 2025

TURINYS

TURINYS	2
LENTELIŲ SĄRAŠAS	4
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	5
ĮVADAS	6
1. PRODUKTYVUMO INDEKSŲ IR INDIKATORIŲ LITERATŪROS APŽVALGA	8
1.1. Produktyvumo sampratų išsiskyrimas literatūroje	8
1.1.1. Konceptualios paradigmos ir autorių požiūrių poliarizacija	9
1.1.2. TFP kaip likutinio produktyvumo mato problema	10
1.1.3. Produktyvumo indeksai ir indikatoriai: rezultatų ir determinantų atskirtis	11
1.1.4. Produktyvumo matavimo problemos ir COVID-19 įtaka indeksų patikimumui	12
1.2. Produktyvumo indeksų matavimo metodologiniai skirtumai	13
1.2.1. Produktyvumo matavimas ir indeksų išraiškos pagal gamybos funkciją	13
1.2.2. TFP skaičiavimo metodika ir „Solow likutis“	14
1.2.3. Darbo ir kapitalo produktyvumo indeksų metodinis ribotumas	15
1.2.4. Kapitalo matavimo problematika: PIM metodas ir kokybės korekcija	15
1.3. Makroekonominiai produktyvumo indikatoriai	16
1.3.1. Inovacijos, nematerialusis turtas ir skaitmeninė transformacija	17
1.3.2. Žmogiškojo kapitalo kokybė ir adaptacijos galimybės	18
1.3.3. Ekonominis atvirumas, investicijos ir išteklių paskirstymas	18
1.3.4. Institucinis kontekstas, demografiniai lūžiai ir infrastruktūra	19
1.4. Mokslinių tyrimų apžvalga ir tolimesnio tyrimo kryptis	21
2. PRODUKTYVUMO INDEKSŲ IR INDIKATORIŲ PALYGINIMO METODOLOGIJA	23
2.1. Duomenys ir jų paruošimas	23
2.2. Bendro veiksnių produktyvumo (TFP) indekso konstravimas	25
2.3. Šalių grupių formavimas pagal TFP lygį lyginamajai analizei	25
2.4. ES Šalių grupavimas pagal produktyvumo indeksus ir indikatorius	26
2.4.1. Klasterizacijos pagrindas ir tyrimo duomenų atskyrimas	26
2.4.2. Hibridinio klasterizavimo algoritmo taikymas	27
2.4.3. Klasterių palyginimas: Koreguoto Rando indeksas ARI	28
2.4.4. Režimų profiliavimas ir interpretacija	28
2.5. Makroekonominių indikatorių redukavimas: PCA ir FA	28
2.5.1. Duomenų tinkamumo vertinimas	29
2.5.2. Faktorių išskyrimas ir modelio stabilumas	29
2.5.3. Latentinių faktorių ir produktyvumo sąsajų vertinimas	30
2.6. Panelinės vektorinės autoregresijos (PVAR) taikymas	30
2.6.1. Modelio specifikacija ir GMM vertinimas	31
2.6.2. Diagnostika ir patikimumo tikrinimas	31
2.6.3. Impulso-atsako funkcijos (IRF)	31
3. PRODUKTYVUMO INDEKSŲ IR INDIKATORIŲ PALYGINIMO TYRIMO REZULTATAI	32
3.1. Produktyvumo indeksų lyginamosios analizės pagrindiniai pastebėjimai	32
3.2. Klasterizacijos rezultatai	34
3.2.1. Optimalaus klasterių skaičiaus parinkimas	34
3.2.2. Šalių pasiskirstymo klasteriuose pastebėjimai	35
3.2.3. Produktyvumo klasterių profiliai	36

3.2.4.	Indikatorių klasterių profiliai	37
3.2.5.	Produktyvumo ir indikatorių klasterių atitikimas	38
3.2.6.	Ward hierarchinių dendrogramų interpretacija	39
3.3.	Makroekonominių indikatorių pagrindinių komponentų analizės (PCA) rezultatai	41
3.3.1.	Duomenų tinkamumas ir indikatorių atranka	41
3.3.2.	Komponentų skaičius ir struktūra	41
3.3.3.	Latentinių veiksnių ir produktyvumo indeksų sąsajos: tarpvalstybinės ir vidinės dimensijos	43
3.4.	Faktorių analizės (FA) rezultatai	45
3.4.1.	Indikatorių atranka ir pašalinimai	45
3.4.2.	FA trijų faktorių modelio rezultatai	46
3.5.	Dinaminio panelinio VAR (PVAR) analizės rezultatai	47
3.5.1.	Aprašomoji statistika	47
3.5.2.	Bazinis PVAR(1) modelis	48
3.5.3.	Robustiškumo patikra formuojant PVAR(2)	48
3.5.4.	Impulso-atsako funkcijos (IRF)	49
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI		52
ŠALTINIAI		54
SANTRAUKA		62
SUMMARY		63
PRIEDAI		64

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Literatūroje aptinkami požiūriai į produktyvumo dimensijas ir indeksų interpretaciją	10
2 lentelė. Teorinių produktyvumo determinantų ir tyrimo indikatorių sąsajos	20
3 lentelė. Tyrime naudojami produktyvumo indeksai ir indikatoriai (trumpiniai, paaiškinimai, matavimo vienetai, duomenų apimtis ir šaltiniai)	24
4 lentelė. Optimalaus klasterių skaičiaus parinkimas pagal vidutinį silueto koeficientą (k) produktyvumo indeksų lygių bei lygių ir augimo tempų klasterizacijos modeliams	34
5 lentelė. ES šalių priskyrimas produktyvumo ir struktūrinių indikatorių klasteriams keturiais laikotarpiais (2000 - 2024 m.)	35
6 lentelė. ES šalių produktyvumo struktūros tipai pagal Ward klasterizacijos rezultatus, 2000-2024 m.	36
7 lentelė. ES šalių produktyvumo struktūrinių grupių (klasterių) profiliai pagal makroekonominis indikatorius	38
8 lentelė. Produktyvumo indeksų ir struktūrinių indikatorių klasterių atitikimas pagal Koreguotą Rando indeksą (ARI)	38
9 lentelė. Makroekonominių indikatorių individualios ir bendros KMO reikšmės	41
10 lentelė. Varimax rotuota PCA apkrovų matrica (apkrovos $> 0,30$)	43
11 lentelė. Latentinių veiksmų koreliacija su TFP (angl. pooled, between ir within) (* $p < 0,05$)	43
12 lentelė. Latentinių komponentų koreliacijos su produktyvumo augimu (angl. within) (* $p < 0,05$)	45
13 lentelė. Makroekonominių indikatorių komunalitetai (h^2) po faktorinės analizės	46
14 lentelė. Rotuotų faktorių apkrovos (Varimax) (rodomos tik apkrovos $> 0,30$)	47
15 lentelė. PVAR modelio kintamųjų aprašomoji statistika	48
16 lentelė. Bazinio PVAR(1) modelio LPG lygties rezultatai (two-step GMM)	48
17 lentelė. PVAR(2) modelio LPG lygties rezultatai (one-step GMM)	49

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 paveikslas.	<i>Makroekonominių indikatorių transformacija į produktyvumo indeksus</i>	12
2 paveikslas.	<i>2000 - 2008 m. produktyvumo indeksų lygių Ward klasterizacijos dendrograma</i>	39
3 paveikslas.	<i>2020 - 2024 m. produktyvumo indeksų lygių Ward klasterizacijos dendrograma</i>	40
4 paveikslas.	<i>Makroekonominių indikatorių pagrindinių komponentų eigenverčių nuolydžio grafikas (angl. Scree plot)</i>	42
5 paveikslas.	<i>Inovacijų šoko poveikis darbo produktyvumo augimui (IRF)</i>	50
6 paveikslas	<i>Darbo produktyvumo augimo impulsinis atsakas į žmogiškojo kapitalo šoką</i>	51
7 paveikslas.	<i>Darbo produktyvumo augimo impulsinis atsakas į demografinį šoką</i>	51

IVADAS

Darbo temos aktualumas. Produktyvumas yra vienas pagrindinių ekonomikos ir gyvenimo lygio augimo skatinimo rodiklių, kuris leidžia didinti pridėtinę vertę nekintant gamybos veiksnių sąnaudoms. Tačiau pastaraisiais dešimtmečiais Europos Sąjungos (ES) ekonomika susiduria su sisteminiu iššūkiu – lėtėjančiu produktyvumo augimu ir didėjančiu atotrūkiu technologinių galimybių „lubų“. Šis procesas ypač aktualus Vidurio ir Rytų Europos (VRE) šalyse, kurios ilgą laiką rėmėsi „vijimosi“ (angl. *catch-up*) modeliu, grįstu pigia darbo jėga ir tiesioginėmis užsienio investicijomis (TUI). Šiandien šis modelis yra mažiau efektyvus, o perėjimas prie tvaraus bendrojo veiksnių produktyvumo (TFP) ir juo paremtu ekonomikos augimo reikalauja kokybiškų struktūrinių pertvarkų.

Pastaraisiais metais patirti globalūs šokai, 2008 m. finansų krizė ir COVID-19 pandemija, dar labiau išryškino ES šalių produktyvumo trajektorijų nevienalytiškumą. Nepaisant bendros rinkos integracijos, ES valstybės demonstruoja skirtingus atsparumo ir inovacijų pasisavinimo gebėjimus. Todėl tampa vis reikšmingiau įvertinti ne tik faktinę produktyvumo dinamiką, bet ir identifikuoti už produktyvumo rodiklių slypinčias gilesnes struktūrines priežastis: inovacijų ekosistemas, žmogiškojo kapitalo kokybę bei demografinius pokyčius, kurios daro įtaką šalių pasiskirstymui į skirtingus produktyvumo lygius. Šių kintamųjų veikimo dinamikos ir transformacijos į rezultatą (pastebimas realus augimas) trukmės suvokimas yra būtina sąlyga efektyviai ekonominei politikai formuoti.

Analizuojamos temos ištyrimo lygis. Produktyvumo determinantų analizė ekonominėje literatūroje turi galias tradicijas, nuo Solow (1957) augimo modelių iki šiuolaikinių endogeninio augimo teorijų (Romer, 1990; Aghion ir Howitt, 1992). Pastarojo meto studijose akcentuojama, kad ES atotrūkis kyla dėl lėto skaitmenizacijos pritaikymo ir pasisavinimo paslaugų sektoriuje (Van Ark, O'Mahony ir Timmer, 2008; Cetto, Fernald ir Mojon, 2016). VRE regiono kontekste išskiriama institucinių gebėjimų ir inovacijų absorbcijos svarba (Männasoo, Hein ir Ruubel, 2018); Grieveson et al., 2021). Tačiau dažniausiai literatūroje vertinamas tik tiesioginis ir statinis kintamųjų poveikis, pasigendant holistinio požiūrio į tai, kaip šalys formuojasi į atskirus produktyvumo režimus ir kaip struktūriniai šokai veikia dinamiškai ilguoju laikotarpiu, kontroliuojant kintamųjų tarpusavio priklausomybę.

Darbo naujumas. Šio tyrimo naujumas pasireiškia per kompleksinę metodologinę požiūrį, sujungiantį tris pažangius analizės etapus į vientisą sistemą. Pirmiausia, vietoj tradicinio šalių skirstymo pagal geografinius regionus, tyrime taikoma hibridinis klasterizavimas, kuris leidžia identifikuoti realius produktyvumo lygius ir jų transformaciją ekonominių šokų laikotarpiuose. Antra, siekiant sumažinti daugiakolinearumo riziką, kuri dažnai makroekonominuose tyrimuose išreiškiama kaip reikšminga problema, tyrime naudojami duomenų redukavimo metodai (PCA ir

FA), kurie padeda sukonstruoti stabilias latentines dimensijas (žmogiškąjį kapitalą, inovacijas, demografiją). Trečia, tyrimas neapsiriboja statine koreliacija ir pasitelkia panelinį vektorinės autoregresijos (PVAR) modelį, kuris leidžia įvertinti indeksų ir indikatorių dimensijų dinaminį priežastingumą bei analizuoti impulso-atsako funkcijas. PVAR tyrimas atskleidžia kaip struktūrinės investicijos veikia produktyvumą įtraukiant laiko vėlavimus (*lag*).

Darbo problema. Kodėl ES šalys, nepaisant institucinės integracijos, demonstruoja didėjančią produktyvumo trajektorijų divergenciją ir kaip pagrindiniai struktūriniai determinantai (inovacijų sistema, žmogiškasis kapitalas bei demografiniai pokyčiai) dinamiškai lemia šiuos indeksų skirtumus?

Darbo tikslas - įvertinti ES šalių produktyvumo indeksų dinamiką ir kiekybiškai palyginti ekonominių makroindikatorių poveikį jos raidai, naudojant teorinės ir indeksų lyginamosios analizės, klasterizacijos ir dinaminio modeliavimo metodikas.

Darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti mokslinėje literatūroje vyraujančias produktyvumo koncepcijas bei teorines jo augimą lemiančias prielaidas.
2. Identifikuoti ES šalių produktyvumo režimus ir jų evoliuciją 2000 - 2024m. laikotarpiu, taikant lyginamosios analizės ir klasterizacijos metodus.
3. Išskirti makroekonominių indikatorių formuojamus latentinius struktūrinius faktorius naudojant pagrindinių komponentų(PCA) ir faktorių analizės(FA) metodus.
4. Įvertinti suformuotų latentinių struktūrinių veiksnių koreliaciją ir dinaminį priežastingumą su pasirinktais produktyvumo indeksais.
5. Suformuoti tyrimo rezultatais pagrįstas išvadas bei galimus pasiūlymus ekonominės politikos formavimui.

Darbo metodai. Darbe naudojama lyginamoji mokslinės literatūros analizė ir sisteminimas. Darbo tyrime pasitelkiami statistiniai kiekybiniai metodai: hibridinė Ward.D2 klasterizacija, pagrindinių komponentų analizė (PCA), faktorinė analizė (FA) bei dinaminis panelinis vektorinės autoregresijos (PVAR) modeliavimas (GMM metodas). Empirinės dalies duomenų apdorojimui ir ekonometriniais skaičiavimams naudojama programinė įranga R.

1. PRODUKTYVUMO INDEKSŲ IR INDIKATORIŲ LITERATŪROS APŽVALGA

Produktyvumas yra ekonomikos gebėjimo efektyviai panaudoti turimus išteklius matas, apibūdinantis, kiek pridėtinės vertės sukurama iš darbo ir kapitalo sąnaudų (Solow, 1957). Dėl šios funkcijos produktyvumas užima reikšmingą poziciją ekonomikos teorijoje, nes būtent jo augimas leidžia didinti pajamas ir gyvenimo lygį nedidinant proporcingų gamybos veiksmų apimčių (Hall ir Jones, 1999; OECD, 2001). Skirtingų šalių pajamų vienam gyventojui skirtumai dažniausiai siejami su darbo ir kapitalo panaudojimo efektyvumu (o ne kiekiu), kas literatūroje išreiškiama kaip valstybės produktyvumo lygis (Jones, 2016; Syverson, 2011).

Mokslinėje literatūroje produktyvumui įvertinti dažniausiai naudojami trys pagrindiniai rodikliai: darbo produktyvumas (DP), kapitalo produktyvumas (KP) ir bendrasis veiksmų produktyvumas (TFP). Šie indeksai EBPO produktyvumo vadove yra klasifikuojami į dalinius (DP ir KP) ir kelių faktorių (TFP) produktyvumo matavimus (OECD, 2001). Darbo produktyvumas vaizduoja, kiek pridėtinės vertės sukurama vienam darbuotojui ar dirbtai valandai, kapitalo produktyvumas fiksuoja, kaip efektyviai naudojamas fizinis kapitalas, o bendrasis veiksmų produktyvumas parodo ir likutinį efektyvumą, kuris nepaaiškinamas vien tik darbo ir kapitalo pokyčiais (Schreyer ir Zinni, 2021).

Dėl šių produktyvumo indeksų savybių jų dinamika negali būti sutapatinama ir jie negali būti vertinami kaip tarpusavyje pakeičiami rodikliai, kadangi skirtingi indeksai reaguoja į nevienodus struktūrinius ir technologinius pokyčius. Todėl produktyvumo vertinimas tampa ne tik statistine, bet ir konceptualia problema, reikalaujančia platesnio ekonominių procesų konteksto (Syverson, 2017).

1.1. Produktyvumo sampratų išsiskyrimas literatūroje

Nors produktyvumo sąvoka yra plačiai vartojama literatūroje, jos apibrėžimui būdingos įvairios, kai kuriais atvejais tarpusavyje nederančios, interpretacijos (Chew, 1988; Tangen, 2004). Produktyvumo daugiadimensiškumą pabrėžia ir neišskiriamo vieningo produktyvumo matavimo metodo faktas, kadangi produktyvumas nėra tiesiogiai stebimas fizinis dydis, o išvestinis ar likutinis rodiklis, kuris atspindi ekonomikos gebėjimą transformuoti sąnaudas į rezultatus (Solow, 1957; Hulten 2001). Tad, produktyvumas turi būti suprantamas kaip kompleksinis ekonominis reiškiny, kurio interpretacija yra tiesiogiai priklausoma nuo tiriamo konteksto ir pasirinktų teorinių prielaidų. Toliau šiame skyriuje bus plėtojamos dažniausiai literatūroje aptinkamos produktyvumo koncepcijos.

1.1.1. Konceptualios paradigmos ir autorių požiūrių poliarizacija

Produktyvumo konceptas evoliucionavo nuo sąnaudų santykio iki dinaminių gebėjimų analizės supratimo (Teece, Pisano ir Shuen, 1997). Tradicinė neoklasinė ekonomikos paradigma produktyvumą, ypač dalinius produktyvumo indeksus (DP ir KP), glaudžiai sieja su efektyviu darbo ir kapitalo naudojimu (OECD, 2001; Schreyer ir Zinni, 2021). Tačiau, Aghion ir Howitt (2007) kritikuoja produktyvumo per efektyvumą suvokimą, kadangi baziniai DP ir KP indeksai yra riboti ir nefiksuoja kokybinių technologinio progreso pokyčių, tad TFP indeksas turėtų būti taikomas platesniame inovacijų kontekste.

Naujesnėje literatūroje išskiriami ir matavimo nesutarimai dėl nematerialių indikatorių įtraukimo į produktyvumo analizę. Haskel ir Westlake (2018) išskiria nematerialiojo turto vaidmenį analizuojant skaitmenines ekonomikas. Autoriai pastebi, kad tradiciniai produktyvumo rodikliai (kaip DP ir TFP) gali pateikti klaidinančius rezultatus, nes jie neįvertina investicijų į duomenis ir organizacinę įmonių struktūrą. Corrado, Hulten ir Sichel (2009) papildė, kad TFP yra sistemingai iškraipomas neįtraukus nematerialiojo turto, kas parodo matavimo struktūros įtaką bendro veiksmų produktyvumo (TFP) matavimui. Tuo tarpu, kiti tyrimai pastebi, jog net ir esant matavimo paklaidoms, produktyvumo dispersija tarp šalių išlieka struktūrinė, kas patvirtina, kad tyrimuose pastebimi skirtumai tarp šalių atspindi realius ekonominius procesus (Syverson, 2011).

Jau minėtų produktyvumo sąvokų koncepcijų palyginimą su kitais moksliniais šaltiniais galime pamatyti 1 lentelėje. Čia pateikiama literatūros apžvalga papildė produktyvumo sampratą, rekomenduojant į produktyvumo modelius įtraukti ne tik technologinius, bet ir kito pobūdžio indikatorius, kaip institucinius ar vadybinius. Nors anksčiau aptarti autoriai fiksavo fundamentalius matavimo ir koncepcijų pokyčius, vėlesni tyrimai teigia, kad DP, KP ir TFP indeksų dinamika negali būti pilnai paaiškinta neanalizuojant ir neįtraukiant kitų ekonominių determinantų (indikatorių, kurie produktyvumo indeksų skaičiavime tiesiogiai nėra naudojami (Acemoglu et al., 2005; Bloom ir Van Reenen, 2007)). Pavyzdžiui, Hsieh ir Klenow (2009) ir Brynjolfsson ir bendraautorių (2019) tyrimų įžvalgos pabrėžia, kad net ir sparčios technologinės sklaidos sąlygomis, galutiniai produktyvumo rezultatai priklauso nuo išteklių alokacijos efektyvumo bei organizacinio pasirengimo priimti naujas technologijas ar inovacijas. 1 lentelėje detalai neaptarti ir kitoje mokslinėje literatūroje aptinkami produktyvumo indikatoriai bus detaliau analizuojami ir išskiriami 1.3. skyriuje.

1 lentelė.

Literatūroje aptinkami požiūriai į produktyvumo dimensijas ir indeksų interpretaciją

Autoriai	Produktyvumo dimensijos interpretacija	Akcentuojamas indeksas	Kritinė įžvalga / Požiūris
Chew (1988); Tangen (2004)	Produktyvumas interpretuojamas kaip daugialypis matas.	DP / KP	Produktyvumas dažnai tapatinamas su pelningumu, todėl būtina išskirti vidinį efektyvumą nuo išorinio veiksmingumo.
Acemoglu, Johnson & Robinson (2005)	Produktyvumas suprantamas, kaip institucinis šalies pamatas.	TFP	Ilgalaikius produktyvumo skirtumus lemia ne technologijų prieinamumas, o nuosavybės teisių apsauga ir rinkos paskatos.
Hsieh ir Klenow (2009)	Pabrėžiamas resursų alokacijos efektyvumas.	TFP	Net ir turint tas pačias technologijas, TFP skiriasi dėl rinkos iškraipymų, kurie riboja išteklių tekėjimą į produktyviausias įmones.
Bloom ir Van Reenen (2007, 2011)	Vadybos praktikos suprantamos kaip technologinis veiksnys.	DP / TFP	Produktyvumo skirtumus tarp šalių iš dalies paaiškina vadybos kompetencijų skirtumai, o ne vien investicijų lygis.
Hanushek ir Woessmann (2020)	Produktyvumas siejamas su kognityviniais gebėjimais.	DP / TFP	Produktyvumą lemia ne formalus išsilavinimo laikas (metai), o realių kognityvinių įgūdžių kokybė.
Brynjolfsson, Rock ir Syverson (2019)	Analizuojamas „produktyvumo paradoksas 2.0“.	TFP	Skaitmeninių inovacijų poveikis indeksuose pasireiškia su vėlavimu dėl būtinybės investuoti į papildomą nematerialųjį turtą.
David (1990); Gordon (2012)	Produktyvumas vertinamas technologinių revoliucijų ciklų kontekste.	DP / TFP	Egzistuoja struktūrinis laiko tarpas tarp technologinio proveržio ir jo atspindėjimo makroekonominuose rodikliuose.
Denison (1967)	Produktyvumui taikoma augimo šaltinių dekompozicija.	DP / TFP	Produktyvumo augimą sudaro daugybė tarpusavyje susijusių komponentų (pvz., <i>masto ekonomija, žinių sklaida</i>), o ne viena „gryna“ technologija.
Cette, Fernald ir Mojon (2016)	Produktyvumo suvokimas remiamas ilgalaikio lėtėjimo analize.	DP / TFP	Po 2005 m. ES matomas produktyvumo sulėtėjimas siejamas su lėta paslaugų sektoriaus reforma ir reguliaciniais barjeriais.

Šaltinis: sudaryta darbo autorės, remiantis lentelėje paminėtais šaltiniais.

1.1.2. TFP kaip likutinio produktyvumo mato problema

Apibendrinant 1 lentelėje pateiktas mokslinių šaltinių produktyvumo interpretacijas pastebima, jog bendras veiksnių produktyvumas (TFP) turi daugialypę ekonomine interpretaciją. Abramovitz (1956) TFP apibūdino kaip nepaaiškinamą matą, nes šis rodiklis apima ne tik technologinę pažangą, bet ir viską ko nepaaiškina kiti „įdėjimai“ (angl. *inputs*). Šiuolaikiniai autoriai šį pastebėjimą papildė įrodydami, kad neįtraukus nematerialiojo turto, TFP reikšmė sistemingai pervertinama, nes didelė dalis fiksuojamo produktyvumo augimo kyla iš nematerialių investicijų, kurios oficialiuose indekso skaičiavimuose nėra įtraukiamos (Corrado, Hulten ir Sichel, 2009).

Kohli (2015) TFP skaičiavime apibrėžia produktyvumo „juodosios dėžės“ (angl. *black box of productivity*) problema, kad skirtingi makroekonominiai indikatoriai, kaip technologinis tobulėjimas, vadybos kokybė ir organizacijų inovacijos, yra suliejami į vieną liekaną. Būtent pasikliaunant šia liekana yra vertinamas valstybių ar jų sektorių produktyvumas. Tad TFP analizė be platesnio indikatorių konteksto ir be šios „juodosios dėžės“ paaiškinamumo tampa nepakankama šalių produktyvumo skirtumams paaiškinti, ypač atsižvelgiant į tai, kad

technologinis potencialas tyrimuose pasireiškia su ryškiais vėlavimais. Kadangi TFP veikia kaip agreguotai sukauptas likutis, šiame tyrime pasitelkiama daugiamačių indikatorių analizė padeda dekonstruoti (angl. *deconstruct*) šį rodiklį ir identifikuoti specifinius makroekonominis dedamuosius, kurie daro didžiausią įtaką šalių produktyvumo atotrūkiams.

Istorinė patirtis rodo, kad produktyvumo augimo stagnacija technologinių lūžių metu nėra naujas reiškinys. Pavyzdžiui, David (1990) analizuojamas elektros energijos diegimo tyrimas įrodė, kad tik po beveik trijų dešimtmečių technologinis potencialas transformavosi į realų produktyvumo augimą. Gordon (2012) stebėtas JAV „pirmasis produktyvumo paradoksas“ (1973 - 1995 m.) papildė, kad produktyvumo indeksai nepasižymi tiesiogine reakcija į technologines inovacijas, kadangi susiję produktyvumo pokyčiai dažniausiai pastebimi tik po esminių struktūrinių ir organizacinių transformacijų. Tai pagrindžia būtinybę tirti ne tik galutinius retrospektyvą vaizduojančius produktyvumo indeksus, bet ir juos formavusius latentinius makroekonominis veiksnis, kurie gali daryti įtaką ateities produktyvumo potencialui.

1.1.3. Produktyvumo indeksai ir indikatoriai: rezultatų ir determinantų atskirtis

Siekiant tikslumo, šiame darbe išreiškiama teorinė atskirtis tarp dviejų sąvokų grupių: produktyvumo indeksų ir makroekonominis produktyvumo indikatorių.

- **Produktyvumo indeksai** (DP, KP, TFP) šiame darbe suprantami, kaip rezultato indikatoriai. Jie parodo faktinį fiksuotąjį ekonominės veiklos produktyvumo lygį ir yra retrospektyvaus požiūrio.
- **Makroekonominiai indikatoriai** (MTEP išlaidos, švietimo kokybė, institucijos ir kiti) šiame darbe išskiriami, kaip produktyvumo determinantai arba produktyvumą veikiančios jėgos. Hall ir Jones (1999) teigia, kad būtent indikatorinių latentinių veiksnių skirtumai paaiškina, kodėl vienos šalys pasiekia spartų indeksų augimą, o kitų šalių augimas patiria stagnaciją.

Ši taikoma atskirtis pagrįsta tuo, kad produktyvumo analizė negali būti atliekama tiriant tik indeksų dinamiką, nes indikatorių analizė parodo produktyvumo priežastingumą ir suteikia galimybę tolimesniems prognostiniams veiksniams (Syverson, 2011; OECD, 2001).

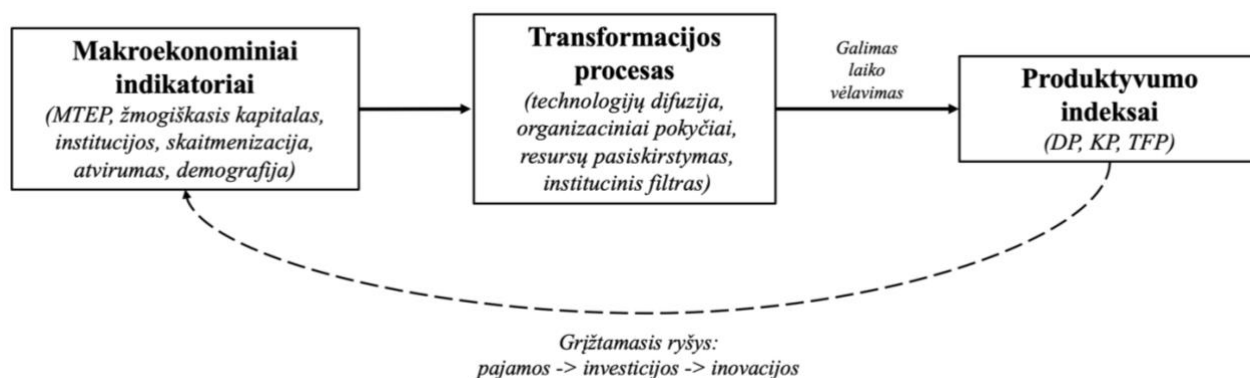
Nors produktyvumo indeksai išskiriami kaip faktiniai produktyvumo lygio matai, jų dinamika nebūtinai tiesiogiai sutampa su stebimais jų determinantų, makroekonominis indikatorių, pokyčiais. Inovacijų investicijų ir TFP augimo santykis gali pasireikšti su reikšmingu vėlavimu, kuris siektų net 5-10 metų (Brynjolfsson, Rock ir Syverson, 2019). Taip pat, kai kuriais atvejais, produktyvumo augimo tempo lėtėjimai nėra pilnai paaiškinami tik indikatorių, tokių kaip inovacijoms skiriamų išlaidų, sumažėjimais. Cetto ir kiti (2016) vertinant 2008m. finansinės krizės padarinius atliktame tyrime nustatė, jog tokiais atvejais svarbus vaidmuo atitenka įvykusioms

institucinės reformoms, finansų rinkų ciklams ir kitiems reikšmingiems struktūriniais pokyčiams darbo rinkoje.

Taip pat, produktyvumo indeksų ir indikatorių, ypač inovacijų, vėluojantį poveikį paaiškina technologijų difuzijos teorija. Comin ir Mestieri (2018) pastebėjo, kad bendrosios paskirties technologijos (angl. *general purpose technologies*) pasižymi lėta sklaida, nes jų ekonominė grąža priklauso nuo papildomų investicijų į organizacinius pokyčius ir žmogiškąjį kapitalą. Kituose tyrimuose, kur naujų informacinių technologijų diegimas nebuvo remiamas vadybos ir darbo reorganizavimo pertvarkymais, produktyvumo efektas beveik nebuvo pastebimas (Bartel, Ichniowski ir Shaw, 2007). Remiantis paminėtais atvejais suprantama, jog tyrimuose taikomi makroekonominiai indikatoriai trumpuoju laikotarpiu nebūtinai virsta produktyvumo augimu, tačiau vis tiek yra laikomi kaip reikšmingi produktyvumo augimą skatinantys veiksniai. Šis transformacijos procesas ir jį veikiantys galimi veiksniai konceptualiai pavaizduoti 1 paveiksle, kur pateikta schema išryškina, kad makroekonominiai indikatoriai veikia produktyvumą ne tiesiogiai, o per organizacinius, institucinius ir technologinės difuzijos mechanizmus, dėl kurių indikatorių poveikis produktyvumo indeksams dažnai pasireiškia su reikšmingu laiko vėlavimu.

1 paveikslas.

Makroekonominių indikatorių transformacija į produktyvumo indeksus



Šaltinis: sudaryta darbo autorės, remiantis Hall ir Jones (1999), Syverson (2011), Comin ir Mestieri (2018), Brynjolfsson, Rock ir Syverson (2019), OECD (2001).

1.1.4. Produktyvumo matavimo problemos ir COVID-19 įtaka indeksų patikimumui

Siekiant kokybiško ir pagrįsto perėjimo, nuo teorinių modelių prie jų empirinio identifikavimo, svarbu kritiškai įvertinti potencialias sistemines matavimo paklaidas, kurios gali iškreipti galutines tyrimų išvadas. Mokslinėje literatūroje akcentuojama, kad produktyvumo indeksų tikslumas yra tiesiogiai priklausomas nuo bazinių kintamųjų, *darbo, kapitalo ir produkcijos*, fiksavimo kokybės. Tačiau, dinamiškai stiprių ekonominių pokyčių etapais

tradiciniai statistiniai metodai galimai ne visada spėja tiksliai atspindėti realius gamybos veiksmų struktūros ar jų panaudojimo intensyvumo pokyčius (Schreyer ir Zinni, 2021). Ši problematika ypač ryški paslaugų sektoriuje, kur, kaip Byrne, Fernald ir Reinsdorf (2016) nurodo, egzistuoja vadinamoji „matavimo iliuzija“, kai produktyvumo augimas gali būti pervertinamas dėl sudėtingumo atskirti kokybės lygio gerėjimą nuo kainų kilimo. Papildomai, Inklaar ir Timmer (2013) išskiria „kapitalo gilinimo“ efektą, kai darbo produktyvumo augimas atspindi darbo pakeitimą kapitalu, o ne realų darbuotojų efektyvumo didėjimą.

Dar daugiau neapibrėžtumo ir iššūkių produktyvumo matavimui sukėlė COVID-19 pandemija. Remiantis OECD (2021), masinis globalinis nuotolinio darbo paplitimas apsunkino faktiškai dirbtų valandų apskaitą. Oficialioje statistikoje dažniausiai registruojamos darbuotojams apmokamos, o ne realiai dirbtos valandos, todėl pandemijos laikotarpiu stebimi darbo produktyvumo svyravimai gali būti ne realių efektyvumo pokyčių, o statistinės apskaitos ypatumų fiksuojamas rezultatas.

Atsižvelgiant į aptartas matavimo problemas, produktyvumo vertinimas tampa priklausomas ne tik nuo ekonominių procesų, bet ir nuo pasirinktų matavimo metodų. Dėl šios priežasties tolesniuose skyriuose yra išskiriami šiame darbe taikomi produktyvumo indeksai (1.2) bei detalizuojami makroekonominiai indikatoriai (1.3), leidžiantys tiksliau interpretuoti stebimą produktyvumo dinamiką.

1.2. Produktyvumo indeksų matavimo metodologiniai skirtumai

Mokslinėje literatūroje produktyvumas nėra suprantamas kaip vienalypė sąvoka, tad produktyvumo vertinimas tiesiogiai priklauso nuo to, kaip pasirenkama aprašyti gamybos technologiją ir sąveiką tarp gamybos veiksmų (Hulten, 2001). Siekiant suprasti skirtumus tarp darbo produktyvumo (DP), kapitalo produktyvumo (KP) ir bendrojo veiksmų produktyvumo (TFP) indeksų, tolimesnėje analizėje bus dekonstruojamas teorinis gamybos funkcijos pagrindas, išskiriami standartizuoti indeksų apibrėžimai bei pateikiami jų matavimo ribotumai.

1.2.1. Produktyvumo matavimas ir indeksų išraiškos pagal gamybos funkciją

Produktyvumo analizėje dažniausiai remiamasi neoklasikine gamybos funkcija, kurioje, pasitelkiant Cobb-Douglas funkciją, galima matematiškai išreikšti produkcijos priklausomybę nuo kapitalo, darbo ir technologinio lygio (Solow, 1957), kaip:

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta} \quad (1)$$

Kur:

Y – produkcija, L – darbo lygis, K – kapitalo lygis, A – technologinis lygis, o α ir β reprezentuoja gamybos veiksnių elastingumus, kurie paaiškina BVP dalį tenkančią kapitalui ir darbui atitinkamai. Nurodyta funkcija daro prielaidą apie pastovią masto grąžą ($\alpha + \beta = 1$), tačiau realiose ekonomikose yra pastebimi šios lygybės nuokrypiai dėl ekonomikos masto ypatybių ar neefektyvumo (Jorgenson & Griliches, 1967).

Pateikta produktyvumo priklausomybė (1) taip pat išskiriama kaip metodologinis pamatas, iš kurio kyla skirtingi produktyvumo vertinimo pagrindai, kadangi atskiriant gamybos veiksnius ar vertinant jų sąveikos efektyvumą, literatūroje išskiriami trys pagrindiniai indeksai:

- **Darbo produktyvumas (DP)** iš gamybos funkcijos gaunamas kaip produkcijos ir darbo sąnaudų santykis (Y/L). DP išskiriamas kaip vienas iš pagrindinių gyvenimo lygio rodiklių, nes ilgalaikė realaus darbo užmokesčio dinamika tiesiogiai priklauso nuo DP augimo (OECD, 2016). Šis indeksas parodo, kiek vertės sukurama per vieną faktiškai dirbtą valandą, kartu atspindint darbuotojų žmogiškąjį kapitalą bei vadybos kompetencijas (Bloom ir Van Reenen, 2007).
- **Kapitalo produktyvumas (KP)** iš (1) gaunamas vertinant pridėtinės vertės santykį su naudojamu fiziniu kapitalo atsargomis (Y/K) (Schreyer ir Zinni, 2021). Aukštas KP rodiklis indikuoja efektyvų įrangos naudojimą ir aukštesnę investicijų grąžą, kuri gali būti siejama su pažangesnio, naujausiomis technologijomis pasitelkiančio kapitalo sklaida (Jorgenson ir Vu, 2016).
- **Bendrasis veiksnių produktyvumas (TFP)** šiuo atveju yra tapatinamas su lygties kintamuoju A , kuris yra liekamasis rodiklis, matuojantis visų gamybos veiksnių apjungimo efektyvumą. Skirtingai nei daliniai indeksai (DP ar KP), TFP fiksuoja grynąjį sąnaudų kiekiu nepaaiškinamus procesus, tokius kaip: technologinę pažangą, inovacijas ar institucinę aplinką (Arrow, 1962; Rodrik, Subramanian ir Trebbi, 2004).

1.2.2. TFP skaičiavimo metodika ir „Solow likutis“

Mokslinėje literatūroje bendrasis veiksnių produktyvumas (TFP) dažniausiai nustatomas taikant augimo apskaitos metodą (angl. *growth accounting*), kuris leidžia išskirstyti bendrąją gamybos apimtį augimą į veiksnių indėlio ir kokybinio efektyvumo veiksnius. Kadangi TFP nėra tiesiogiai stebimas rodiklis, jis vertinamas kaip „likutis“, kuris lieka atėmus kapitalo ir darbo sąnaudų indėlį iš bendrosios pridėtinės vertės augimo (Hulten, 2001). Remiantis Solow (1957) ir OECD (2001) pateikiamomis metodikomis, teorinė TFP augimo lygtis išreiškiama kaip:

$$\Delta \ln(TFP_t) = \Delta \ln(Y_t) - (\bar{\alpha}_t \cdot \Delta \ln(K_t) + (1 - \bar{\alpha}_t) \cdot \Delta \ln(L_t)) \quad (2)$$

Čia:

$\Delta \ln(Y_t)$ - realiosios bendrosios pridėtinės vertės pokytis;

$\Delta \ln(K_t)$ ir $\Delta \ln(L_t)$ - atitinkamai kapitalo ir darbo sąnaudų pokyčiai;

$\bar{\alpha}_t$ - vidutinė kapitalo pajamų dalis bendroje produkcijoje t periodu.

Pateikiama TFP skaičiavimo struktūra (2) užtikrina, jog TFP apimtų ne tik technologinį progresą, bet ir kitus neapskaitomus efektyvumo veiksnius (Schreyer ir Zinni, 2021), kurie tolimesnėje darbo eigoje bus analizuojami kaip latentiniai produktyvumo determinantai. Tačiau, nors Prescott (1998) bendrą veiksmų produktyvumą (TFP) išskiria, kaip vieną esminių pajamų tarp šalių skirtumų paaiškinamąjį, TFP indekso interpretacija reikalauja atsargumo, dėl paminėtos likutinės struktūros, kuri buvo detaliau teoriškai analizuojama 1.1.2. poskyryje.

1.2.3. Darbo ir kapitalo produktyvumo indeksų metodinis ribotumas

Nors darbo produktyvumas (DP) dažnai vertinamas kaip produkcijos ir darbo sąnaudų santykis (Y/L), EBPO (2001) produktyvumo vadove akcentuojama, kad toks vertinimas yra klaidingas, jei nėra atsižvelgiama į kapitalo intensyvumą (angl. *capital deepening*). Tai galima pagrįsti ir matematiškai - DP augimą iš (1) formulės išskaidant į du komponentus.

$$\Delta \ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \alpha \cdot \Delta \ln\left(\frac{K}{L}\right) + \Delta \ln(A) \quad (3)$$

(3) išraiškoje matomos dvi galimos darbo produktyvumo augimo priežastys:

- **Kapitalo gilinimas**, kai darbuotojams suteikiama didesnis kiekis arba aukštesnės kokybės įranga (K/L santykio augimas).
- **TFP augimas**, kai pasiekiamas efektyvesnis esamų resursų panaudojimas ($\Delta \ln(A)$ veiksnio augimas).

Šis DP augimo priežastingumas yra kritinis vertinant ekonomikos tvarumą, nes tuo atveju kai TFP patirtų stagnaciją, o šalies produktyvumo augimas grindžiamas tik kapitalo gilinimu, ekonomika taptų pažeidžiama dėl mažėjančios ribinės kapitalo grąžos. Nurodytu atveju šalis rizikuoja patekti į lėto augimo spąstus, nes vien tik aukštos vertės įrangos kaupimas (be kokybinių technologinių ir organizacinių pokyčių) nesukuria kokybinio ir ilgalaikio produktyvumo potencialo (Herrendorf, Rogerson ir Valentinyi, 2014).

1.2.4. Kapitalo matavimo problematika: PIM metodas ir kokybės korekcija

Vienas didžiausių iššūkių skaičiuojant kapitalo produktyvumą ir bendrąjį veiksmų produktyvumą yra fizinio kapitalo vertinimas. Dažniausiai statistikos portalai naudoja nuolatinių

atsargų metodą (angl. *Perpetual Inventory Method (PIM)*), kuris pagal Schreyer ir Zinni (2021), remiasi prielaida, kad kapitalas (K) yra sukaupytų investicijų (I) srautas, pakoreguotas nusidėvėjimo norma (δ):

$$K_t = I_t + (1 - \delta)K_{t-1} \quad (4)$$

Tačiau PIM metodui dėl kapitalo paslaugų kokybės vertinimo savybių yra išreiškiama kritika mokslinėje literatūroje (Jorgenson ir Vu, 2016). Ši kritika remiasi pavyzdžiu, jog jei dabartiniams naudojamiems įrenginiams, kurių techninės galimybės yra žymiai galingesnės, bet jų vertė atitinka senesnių įrenginių lygį, taikomi statistiniai defliatoriai nepilnai įvertina egzistuojantį kokybės šuolį, kapitalo kiekis (K) bus galimai nuvertintas, o TFP – dirbtinai perversintas. Tai sukuria galimą metodologinį neapibrėžtumą lyginant skirtingų technologinių lygių šalis.

Papildomai, produktyvumo interpretaciją taip pat komplikuoja ir agregavimo asimetrija. Kadangi šalies lygio TFP indeksas yra priklausomas ne tik nuo įmonių technologinio lygio, bet ir nuo resursų pasiskirstymo efektyvumo, kai rinkos didelę dalį užima neefektyviai veikiančios, bet valstybės paramą gaunančios įmonės, patiriamas galimas išteklių „netekėjimas“ į produktyvesnius sektorius (Hsieh ir Klenow, 2009). Tokiais atvejais stebimas aukštas inovacijų indikatorių lygis gali neturėti tiesioginio poveikio TFP indekso augimui dėl egzistuojančio sisteminio išteklių švaistymo.

Aptarti neatitikimai tarp mikroekonominio lygio pastangų ir makroekonominių rezultatų pagrindžia šio darbo tyrime taikomą daugiamačių indikatorių analizę, kurios vykdymu siekiama identifikuoti struktūrines priežastis, lemiančias nevienodą gamybos veiksmų transformaciją į galutinę produkciją.

1.3. Makroekonominiai produktyvumo indikatoriai

Literatūroje produktyvumo skirtumai tarp šalių tradiciškai aiškinami technologinių inovacijų bei institucinių investicijų pasiskirstymu (Aghion ir Howitt, 2009; Acemoglu et al., 2005; Jones, 2016). Tačiau šiuolaikinėje ekonominėje ir politinėje aplinkoje vis dažniau pabrėžiama, kad tokio požiūrio nebepakanka, todėl produktyvumo formavimosi procesai turi būti vertinami kompleksiau. Naujausi empiriniai tyrimai rodo, jog vis svarbesnį vaidmenį užimta inovacijų sklaidos procesai bei ekonomikos pasirengimas skaitmeninei transformacijai.

Šią tendenciją patvirtina Goldin ir bendraautorai (2021), teigiantys, kad bendrasis veiksmų produktyvumas (TFP) vis labiau priklauso nuo ekonomikoje pastebimo atotrūkio tarp technologijų rinkos lyderių ir likusios ekonomikos dalies. Tai reiškia, kad šalies produktyvumo

augimą ir gerovę lemia gebėjimas mažinti šią vidinę atskirtį. Panašias išvadas pateikia Andrews, Criscuolo ir Gal (2016), kurie pabrėžia, kad produktyvumo augimas vis labiau priklauso nuo technologijų difuzijos iš lyderiaujančių (angl. *frontier*) įmonių į likusią ekonomiką, o šio proceso intensyvumą lemia skaitmeninis pasirengimas, rinkų konkurencingumas bei organizacinės praktikos.

Atsižvelgiant į šias ir kitas literatūroje pateikiamas išvagas, šiame skyriuje produktyvumo indikatoriai yra grupuojami į keturias analitines kategorijas, kurios tiesiogiai siejasi su šiame tyrime taikomais empiriniais rodikliais.

1.3.1. Inovacijos, nematerialusis turtas ir skaitmeninė transformacija

Šiuolaikinėje ekonomikoje produktyvumo augimas vis mažiau siejamas su fizinio kapitalo kaupimu ir vis labiau priklauso nuo nematerialiojo turto (angl. *intangible assets*) kūrimo ir kaupimo procesų (Haskel ir Westlake, 2018). Nors tradiciniai inovacijų rodikliai, tokie kaip MTEP išlaidos ar patentų paraiškų pateikimo skaičius, išlieka svarbūs technologinės pažangos matai, pastarieji tyrimai pabrėžia jų ribotumą vertinant skaitmeninę transformaciją (OECD, 2024). Corrado ir bendraautoriai (2024) pažymi, kad investicijos į žinias ir skaitmenines technologijas veikia kaip apsauginis mechanizmas, kuris leidžia įmonėms išlaikyti aukštą TFP lygį bei greičiau prisitaikyti prie patiriamo makroekonominio neapibrėžtumo.

Vis dėlto, nepaisant spartaus informacinių technologijų diegimo, daugelyje išsivysčiusių ekonomikų augimo tempai išlieka lėti, o šis reiškinys literatūroje apibūdinamas kaip „produktyvumo paradoksas 2.0“. Brynjolfsson ir bendraautoriai (2019, 2021) šį paradoksą aiškina patiriama „įsisavinimo krize“, kai naujos technologijos, ypač dirbtinis intelektas, yra pernelyg sudėtingos, kad galėtų generuoti apčiuopiamą produktyvumo prieaugį iškart po jų diegimo. Tai rodo, kad technologinė pažanga reikalauja ne tik investicijų į įrangą, bet ir reikšmingų išlaidų darbuotojų perkvalifikavimui bei naujų verslo modelių kūrimui, o realus poveikis produktyvumo rodikliams pasireiškia tik su laiko vėlavimu. Šį vėluojantį technologinį poveikį sustiprina ir „skaitmeninės divergencijos“ problema, kuri paaiškina, jog nors technologinė pažanga gali didinti produktyvumą, jei ji koncentruojama tik siaurame rinkos lyderių sektoriuje, bendras ekonomikos TFP augimas išlieka ribotas dėl technologijų difuzijos trikdžių (Acemoglu ir Johnson, 2023).

Galiausiai, skaitmeninio ryšio kokybė tampa vienu svarbiausių veiksnių, leidžiančių paslaugų sektoriui įveikti vadinamąjį „produktyvumo sąstingį“. Tradiciškai buvo manoma, kad paslaugų sektorius negali didinti efektyvumo, nes paslaugų teikimas visada reikalauja pastovaus žmogaus laiko kiekio, kuris yra ribojamas išteklių šaltinis. Tačiau šiuolaikinės skaitmeninės technologijos leidžia teikti paslaugas tūkstančiams vartotojų vienu metu, taip sukuriant masto ekonomiką, kuri anksčiau buvo būdinga tik gamybos sektoriui (Syverson, 2017; OECD, 2024).

Todėl skaitmeninio ryšio rodikliai šiame tyrime yra įtraukiami kaip būtina sąlyga, leidžianti technologinį potencialą paversti realiu ekonominiu produktyvumo augimu.

1.3.2. Žmogiškojo kapitalo kokybė ir adaptacijos galimybės

Ekonomikoje pastebimas kintantis žmogiškasis kapitalo supratimas - nuo statinio gamybos veiksnio, į dinaminį gebėjimų matą, kuris lemtų šalies pajėgumą integruoti naujausias technologines inovacijas (Hanushek & Woessmann, 2020). Nors senesnės teorijos neatmeta mokslo metų trukmės prisidėjimo prie produktyvumo (Lucas, 1988), naujausiuose tyrimuose pastebima, kad reikšmingus produktyvumo pokyčius sukuria ne dirbančiųjų diplomų ar pasiekimų skaičius, o specifinių gebėjimų ir skaitmeninio raštingumo bendrasis poveikis (OECD, 2024; World Bank, 2025). Tad šio darbo tyrime įtraukiami aukštojo išsilavinimo įgijimo ir suaugusiųjų dalyvavimo mokantis visą gyvenimą indikatoriai leidžia tiksliau įvertinti šalių darbo jėgos lankstumą esant sparčioms technologinės kaitos sąlygoms.

Taip pat, tyrime naudojamas suaugusiųjų dalyvavimo mokantis visą gyvenimą indikatorius įgyja didesnę reikšmę, kadangi literatūroje yra išskiriama reikšminga struktūrinių įgūdžių neatitikimo (angl. *skills mismatch*) problema. Dėl spartaus DI, automatizavimo procesų ir technologinių naujovių atsiradimo ir vystymosi, žinių „nuvertėjimo“ tempas yra rekordinis (Deming & Noray, 2020). Autoriai taip pat išskiria, kad aukštojo mokslo diplomai be nuolatinio žinių gilinimo ir persikvalifikavimo vis labiau praranda savo ekonominę grąžą, o McGowan ir Andrews (2015) papildo, kad šalyse, kuriose pastebima „išsilavinimo infliacija“, resursai yra naudojami neefektyviai, kadangi aukštos kvalifikacijos darbuotojai užima žemo produktyvumo pozicijas, kas bendrai lėtina darbo produktyvumo augimą. Dėl šių priežasčių, viešųjų išteklių investicijos į švietimą turėtų būti orientuotos į „technologijų pritaikymo įgūdžius“ (angl. *technology - augmenting skills*), arba kitaip įgūdžius, kurių sparčiai tobulėjančios technologijos negalėtų pakeisti (Autor et al., 2022).

1.3.3. Ekonominis atvirumas, investicijos ir išteklių paskirstymas

Šiuolaikinėje literatūroje produktyvumo sklaida vis dažniau siejama su šalies integracijos į globalias vertės grandines gyliu ir kokybe. Nors ekonomikos atvirumas ir tiesioginės užsienio investicijos (TUI) išlieka pagrindiniais technologijų ir žinių perdavimo kanalais (Javorcik, 2004), po 2020 m. sukrėtimų vis didesnę reikšmę įgauna tiekimo grandinių atsparumas ir vadinamasis „draugiškas investavimas“ (angl. *friend-shoring*), kai investicijos nukreipiamos į politiškai ir instituciškai artimas šalis (Antràs ir Chor, 2021). Tai leidžia teigti, kad TUI poveikis produktyvumui vis labiau priklauso nuo institucinio suderinamumo ir politinio stabilumo, kurie

tampa esminėmis sąlygomis siekiant tvarios integracijos į tarptautinės gamybos struktūras (Khan ir kiti, 2023).

Kita reikšminga bendrojo veiksnių produktyvumo (TFP) stagnacijos priežastis daugelyje išsivysčiusių ekonomikų siejama su neefektyviu išteklių paskirstymu. Hsieh ir Klenow (2009) bei Andrews ir Petroulakis (2019) tyrimai išryškino „zombių įmonių“ problemą, kai ištekliai nukreipiami į žemo produktyvumo veiklas, taip nepasiekiant efektyvių masto rezultatų. Visgi naujausi tyrimai rodo, kad kapitalo iškraipymai dažnai atsiranda dėl atsiskyrusių finansų rinkų, kurios neproporcingai remia mažo produktyvumo, tačiau dideliu užstatu pasižyminčias įmones, o ne inovatyvius, tačiau didesne rizika pasižyminčius startuolius (Gopinath et al., 2017). Atsižvelgiant į tai, šiame tyrime naudojami investavimo lygio bei vyriausybės galutinio vartojimo rodikliai leidžia įvertinti, ar šalies piniginė politika sudaro sąlygas dinamiškam išteklių perskirstymui, ar, priešingai, palaiko neproduktyvių ekonominių struktūrų išlikimą.

Taip pat, ekonomikos struktūrinė transformacija įgyja naują reikšmę, kadangi Rodrik (2016) aprašytas perėjimas iš gamybos į paslaugas gali dabar būti papildomas Stiglitz (2024) pastebėjimas, kad gamybos pramonės užimtumo dalis išlieka kritiniu indikatoriumi ne dėl pačių darbo vietų kiekių pokyčių, o dėl sektoriaus gebėjimo generuoti technologinius šalutinius poveikius (angl. *spillovers*) stebimai ekonomikai. Vidurio ir Rytų Europos šalių konvergencijos atveju šis indikatorius gali parodyti, kaip sėkmingai šalis juda link aukštesnės pridėtinės vertės pramonės struktūros (Rodrik, 2016; Stiglitz, 2024).

1.3.4. Institucinis kontekstas, demografiniai lūžiai ir infrastruktūra

Instituciniai veiksniai šiuolaikinėje literatūroje yra traktuojami ne tik kaip užsienio žinių sklaidos „filtras“, bet ir kaip esminė ekosistema, formuojanti šalies technologinį atsparumą. Acemoglu ir bendraautorių (2005) išskiriama teorija pabrėžia nuosavybės teisių apsaugos būtinybę, tačiau naujausi tyrimai akcentuoja ir valstybės gebėjimą kurti lanksčias reguliacines sistemas, kurios skatintų inovacijas, kartu mažindamos socialinį atsiskyrimą (Rodrik, 2016). Šią institucinę bazę papildė fizinė ir skaitmeninė infrastruktūra, kuri, Pasaulio banko (2024) vertinimu, evoliucionuoja į „žaliąją ir pažangiąją“ infrastruktūrą. Tokia infrastruktūra veikia kaip produktyvumo daugiklis, kadangi ji ne tik mažina logistikos kaštus (Calderón & Servén, 2010), bet ir didina energetinį efektyvumą, kuris šiuolaikinėse ekonomikose gali pavirsti kritiniu konkurencingumo veiksniumi.

Produktyvumo dinamikų trajektorijas vis labiau veikia ir demografiniai pokyčiai. Senatvės priklausomybės santykis šiame tyrime vertinamas ne tik kaip darbo pasiūlą ribojantis veiksnys (Maestas et al., 2023), bet ir kaip potencialus inovacijų stabdis. Aksoy ir bendraautoriai (2019) pateikia įrodymų, kad senėjančios visuomenės pasižymi mažesniu rizikos kapitalo mobilumu ir

lėtesne skaitmeninių naujovių sklaida, o tai tiesiogiai neigiama paveikia TFP augimą. Taip pat, aukštos kvalifikacijos specialistų migracija Vidurio ir Rytų Europoje išlieka reikšmingu iššūkiu, kadangi nors Peri (2012) pabrėžia bendrą migracijos naudą globalios ekonomikos mastu, OECD (2024) atkreipia dėmesį, kad aukštos kvalifikacijos ir specifinių talentų asmenų emigracija iš besivejančių ekonomikų sukuria „žinių spragas“, kurios riboja investicijų į vietinius skaitmenizacijos procesus efektyvumą.

Apibendrinant, makroekonominiai produktyvumo determinantai sudaro kompleksinę ir dinamišką sistemą, kurioje technologinės inovacijos, žmogiškojo kapitalo prisitaikymas bei išteklių paskirstymas yra glaudžiai susiję veiksniai. Literatūros analizė rodo, kad produktyvumo augimas šiuolaikinėje ekonomikoje priklauso ne tik nuo sąnaudų efektyvumo didinimo, bet ir nuo kokybinių struktūrinių pokyčių bei institucinio pasirengimo ir prisitaikymo prie patiriamų technologinių lūžių. Remiantis šiomis mokslinėmis įžvalgomis, tolesniam empiriniam tyrimui parinkti indikatoriai yra siejami su aptartomis teorinėmis koncepcijomis, siekiant atskleisti pasirinktų šalių grupių produktyvumo profilius (2 lentelė).

2 lentelė.

Teorinių produktyvumo determinantų ir tyrimo indikatorių sąsajos

Indikatorių grupė	Tyrimo naudojami indikatoriai (kintamieji)	Pagrindiniai autoriai (teorinis pagrindas)	Tikėtinas poveikis produktyvumui
Inovacijos ir skaitmenizacija	MTEP išlaidos, Patentų paraiškos, Skaitmeninis ryšys	Romer (1990), Brynjolfsson et al. (2021), Syverson (2017), Corrado et al. (2024)	Teigiamas (per technologinę pažangą, nematerialųjį turtą ir masto ekonomijos efektus paslaugų sektoriuje)
Žmogiškasis kapitalas	Aukštasis išsilavinimas, Mokymasis visą gyvenimą	Lucas (1988), Hanushek & Woessmann (2020), Deming ir Noray (2020), Autor et al. (2024)	Teigiamas (per absorbcinius gebėjimus ir įgūdžių papildomumą su technologijomis)
Atvirumas ir alokacija	Prekybos atvirumas, TUI įplaukos, Investicijų lygis	Javorcik (2004), Antràs ir Chor (2021), Gopinath et al. (2017)	Teigiamas (per integraciją į GVC) bet galimas neigiamas, jei kapitalas alokuojamas neefektyviai
Struktūra ir valstybė	Gamybos pramonės užimtumo dalis, Vyriausybės vartojimo išlaidos	Rodrik (2016), Stiglitz (2024), Andrews & Petroulakis (2019)	Dviprasmiškas - priklauso nuo pramonės technologinio intensyvumo ir viešųjų išteklių alokacijos efektyvumo
Demografija	Senatvės priklausomybės santykis	Maestas et al. (2023), Aksoy et al. (2019)	Neigiamas (dėl darbo jėgos pasiūlos mažėjimo, lėtesnės inovacijų sklaidos ir mažėjantį verslumą)

Šaltinis: sudaryta darbo autorės, remiantis lentelėje paminėtais šaltiniais.

1.4. Mokslinių tyrimų apžvalga ir tolimesnio tyrimo kryptis

Empirinė literatūra nuosekliai rodo, kad Europos Sąjungos šalių produktyvumo raida pasižymi didele struktūrine įvairove, kurios negalima paaiškinti vien darbo ar kapitalo sąnaudų skirtumais (Hall ir Jones, 1999; Acemoglu, Johnson ir Robinson, 2005). Van Ark ir kt. (2008) bei Cette ir kt. (2016) nustatė, kad pagrindinė ES atotrūkio nuo Jungtinių Amerikos Valstijų technologinės ribos priežastis yra lėta skaitmeninių technologijų sklaida paslaugų sektoriuje. Inklaar ir Timmer (2013) bei Goldin ir kt. (2021) taip pat pabrėžia, kad Pietų ir Šiaurės Europos šalių produktyvumo raidos skirtumai daugiausia siejami su skirtingomis institucijų galimybėmis prisitaikyti prie patiriamų technologinių pokyčių.

Vidurio ir Rytų Europos šalių, įskaitant Lietuvą, atveju tradicinis „vijimosi“ modelis, kurio pagrindu išreiškiama pigi darbo jėga ir tiesioginės užsienio investicijos, tampa vis mažiau patikimu, kadangi perėjimas prie bendruoju veiksnių produktyvumu (TFP) pagrįsto augimo reikalauja atitinkamų struktūrinių pokyčių. Šių konkrečių struktūrų empirinė identifikacija makroekonominio lygmeniu nėra paprasta, dėl tyrimo modeliuose patiriamo didelio duomenų triukšmo ir rodiklių tarpusavio priklausomybės (Männasoo et al., 2018; Grieveson et al., 2021). Dėl šios priežasties šiame tyrime taikoma klasterizacijos metodika, leidžianti šalis grupuoti ne pagal pavienius rodiklius, bet pagal visuminius produktyvumo režimus, kuriuose valstybės gali „įstrigti“ dėl struktūrinių kliūčių (Fagerberg & Verspagen, 2002).

Vertinant produktyvumo determinantus (indikatorius), empirinėje literatūroje vis dažniau susiduriama su dideliu tarpusavyje susijusių makroekonominių kintamųjų skaičiumi. Nors žmogiškasis kapitalas (Benhabib ir Spiegel, 1994), inovacijos (Romer, 1990) ir demografinė struktūra laikomi pagrindiniais TFP veiksniais, jų tarpusavio koreliacija dažnai iškreipia regresinių modelių rezultatus. Siekiant sumažinti šią problemą, taikomi duomenų redukavimo metodai, tokie kaip pagrindinių komponentų (PCA) ir faktorių analizė (FA), kadangi jų pagalba galima gausų indikatorių rinkinį apibendrinti į tarpusavyje nekoreliuojančius struktūrinius veiksnius (Basile et al., 2012).

Taip pat, produktyvumo tyrimuose būtina atsižvelgti ir į dinامينius, laike išsiskleidžiančius poveikius. Tradiciniai fiksuotų efektų modeliai dažnai negeba užfiksuoti vėluojančio inovacijų ar švietimo poveikio (Barro & Sala-i-Martin, 2004). Canova ir Ciccarelli (2013) bei Holtz-Eakin ir kt. (1988) siūlo taikyti panelinį vektorinės autoregresijos modelį, kuris visus kintamuosius traktuoja kaip endogeninius ir leidžia, pasitelkus impulso-atsako funkcijas, įvertinti struktūrinių šokų poveikį produktyvumo augimui.

Galiausiai, literatūros analizė patvirtino, kad darbo, kapitalo ir bendrojo veiksnių produktyvumo indeksai (DP, KP ir TFP) atspindi skirtingas ekonominės veiklos dimensijas ir nėra

tarpusavyje pakeičiami (Syverson, 2017). TFP veikia kaip „juodoji dėžė“, apjungianti technologinius, organizacinius ir institucinius procesus, kurių poveikis produktyvumui dažnai pasireiškia tik po tam tikro laiko (Brynjolfsson, Rock ir Syverson, 2019; Corrado, Hulten ir Sichel, 2009). Todėl šiame darbe apibrėžiama atskirtis tarp produktyvumo indeksų, atspindinčių pasiektus rezultatus, ir makroekonominių indikatorių, apibūdinančių struktūrinį produktyvumo potencialą.

Atsižvelgiant į šiame skyriuje aptartas išvalgas, tyrime taikoma integruota metodologija, kuri apjungia klasterizaciją, pagrindinių komponentų ir faktorių analizę bei panelinį vektorinės autoregresijos modelį. Tokia tyrimo struktūra leidžia empiriškai įvertinti ne tik produktyvumo lygius(indeksus), bet ir jų formavimosi priežastis (indikatorius) 2000 - 2024m. Europos Sąjungos kontekste.

2. PRODUKTYVUMO INDEKSŲ IR INDIKATORIŲ PALYGINIMO METODOLOGIJA

Šiame skyriuje pristatoma tyrimo logika, duomenų paruošimas ir empiriniai metodai, naudojami įvertinti ES šalių produktyvumo indeksų ir juos lemiančių makroekonominių indikatorių sąsajas 2000 - 2024 m. laikotarpiu. Tyrimo eiga vykdoma nuosekliais etapais:

- Produktyvumo indeksų (DP, KP ir TFP) palyginamoji analizė ir ES šalių grupių identifikavimas.
- Makroekonominių indikatorių redukavimas į struktūrinius veiksnius, taikant PCA ir FA;
- Statinių sąsajų tarp struktūrinių veiksnių ir produktyvumo indeksų vertinimas, išskiriant tarp valstybines ir vidines dimensijas;
- Dinaminio poveikio analizė naudojant PVAR modelį.

2.1. Duomenys ir jų paruošimas

Tyrime naudojami duomenys buvo atrenkami laikantis šių kriterijų:

- visi produktyvumo indeksai gauti iš vieningo šaltinio – Eurostat – siekiant užtikrinti palyginamumą;
- makroekonominiai indikatoriai normalizuojami pagal BVP arba gyventojų skaičių;
- visi indeksai perindeksuojami 2015 m. baze;
- į imtį įtraukiamos tik tos ES šalys, kurioms prieinami nuoseklūs duomenys visam laikotarpiui;
- trūkstami stebėjimai esantys ištisinėse laiko eilutėse buvo pridėti naudojant linijinę interpoliaciją, tačiau tik tuo atveju, kai trūkstamas duomenų tarpas neviršijo vienerių metų, priešingu atveju laikotarpiai buvo šalinami iš analizės.

Remiantis pateiktais duomenų reikalavimais, pateikiamos tyrime dalyvaujančios ES šalys ir jų trumpiniai:

Belgija (BE), Bulgarija (BG), Čekija (CZ), Danija (DK), Vokietija (DE), Estija (EE), Airija (IE), Graikija (GR), Ispanija (ES), Prancūzija (FR), Italija (IT), Kipras (CY), Latvija (LV), Lietuva (LT), Liuksemburgas (LU), Vengrija (HU), Malta (MT), Nyderlandai (NL), Austrija (AT), Lenkija (PL), Portugalija (PT), Rumunija (RO), Slovėnija (SI), Slovakija (SK), Suomija (FI) ir Švedija (SE).

Visi į tyrimą įtraukti indeksai ir indikatoriai yra pateikiami 3 lentelėje, kur nurodoma kintamųjų trumpiniai, matavimo vienetai, duomenų apimtis ir šaltiniai. Indeksų ir indikatorių įtraukimo į tyrimą priežastys yra išsamiau aptariamose literatūros analizės 1.2 ir 1.3 dalyse.

3 lentelė.

Tyrimė naudojami produktyvumo indeksai ir indikatoriai(trumpiniai, paaiškinimai, matavimo vienetai, duomenų apimtis ir šaltiniai)

Kintamojo trumpinys	Indeksas/Indikatorius	Matavimo vienetai	Duomenų apimtis	Šaltinis
LP_	Realus Darbo Produktivumas, per dirbtą valaną	Indeksas, 2015 = 100	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
GVA_	Kapitalo Produktivumas, matuojamas kaip pridėtinė vertė per kapitalo vienetą	Indeksas, 2015 = 100	2000 - 2023 m.	<i>Eurostat</i>
TFP_	Bendras veiksmų produktyvumas (TFP), apskaičiuotas pasikliaunant Solow liekana	Indeksas, 2015 = 100	2000 - 2024 m.	<i>Apskaičiuotas naudojant Eurostat duomenis</i>
LPP_	Realaus Darbo produktyvumo augimo tempas	% pokytis, t/t-1	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
LPP3_	Realaus Darbo produktyvumo 3 periodų augimo tempas	% pokytis, t/t-3	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
GVAP_	Kapitalo Produktivumo augimo tempas (t, t-1)	% pokytis, t/t-1	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
GVAP3_	Kapitalo Produktivumo 3 periodų augimo tempas	% pokytis, t/t-3	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
TFPG_	Bendro veiksmų produktyvumo augimo tempas	% pokytis, t/t-1	2001 - 2024 m.	<i>Apskaičiuotas naudojant Eurostat duomenis</i>
TO_	Ekonomikos atvirumas (eksportas + importas)	% nuo BVP	2000 - 2024 m.	<i>Apskaičiuotas naudojant Eurostat duomenis</i>
INVP_	Investavimo lygis	% nuo BVP	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
FDIP_	Tiesioginių Užsienio Investicijų įplaukos	% nuo BVP	2000 - 2024 m.	<i>UN Trade & Development</i>
GCP_	Vyriausybės galutinis vartojimas	% nuo BVP	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
MEP_	Gamybos pramonės užimtumo dalis	% nuo bendro užimtumo	2000 - 2023 m.	<i>UN Industrial Development</i>
GERDP_	MTEP išlaidos	% nuo BVP	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
PATPM_	Patentų aplikacijos (EPO)	skaičius per mil. gyventojų	2004 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
EDUP_	Aukštojo išsilavinimo įgijimas (25 - 64m.)	% nuo populiacijos	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
APLP_	Suaugusių asmenų dalyvavimas mokantis visą gyvenimą (25 - 64m.)	% nuo populiacijos	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
DCP_	Skaitmeninis ryšys	% visų namų ūkių	2004 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>
OADR_	Senatvės priklausomybės santykis (15-64m. Populiacija nuo 65+ m.)	% populiacijos	2000 - 2024 m.	<i>Eurostat</i>

Šaltinis: sudaryta autorės, pagal lentelėje minėtus šaltinius.

Tyrimo duomenys buvo patikrinti dėl savo nuoseklumo, suderinti pagal metus ir šalis bei formatus prieš atliekant tolimesnius skaičiavimus. Tais atvejais, kai trūkumai buvo struktūriniai arba didesni nei vieno metų - tyrimo eiga buvo tęsiama minimaliai sutrumpinant laiko eilutes pagal naudojamų duomenų prieinamumą.

2.2. Bendro veiksmų produktyvumo (TFP) indekso konstravimas

Bendras veiksmų produktyvumas (TFP) šiame tyrime skaičiuojamas remiantis augimo apskaitos metodologija. TFP skaičiavimo formulė:

$$\ln TFP_{it} = \ln Y_{it} - \alpha_{it} \ln K_{it} - (1 - \alpha_{it}) \ln L_{it} \quad (5)$$

kur: Y_{it} žymi realią bendrąją pridėtinę vertę, apskaičiuotą susietais kiekiais (2015) milijonais eurų; K_{it} - kapitalo sąnaudas, išreikštas susietais kiekiais (2015), milijonais eurų; L_{it} - darbo sąnaudas, išreikštas darbo valandomis per kapitalo vienetą; α_{it} - i šalies kapitalo pajamų dalį t metais.

Kapitalo pajamų dalis (α_{it}) apskaičiuojama santykiu tarp gamybos veiklos pertekliaus ir bendros pridėtinės vertės. Ši laikui kintanti dalis atspindi gamybos struktūrų ir pajamų pasiskirstymo skirtumus tarp šalių.

Dėl optimesnio palyginamumo ir siekio pašalinti masto skirtumus tarp pasirinktų šalių, TFP duomenys buvo indeksuoti:

$$TFP_i^{indeksas} = 100 \times \exp(\ln TFP_i - \ln TFP_{ref}) \quad (6)$$

kur: TFP_{ref} - pasirinktų šalių vidutinė bendro veiksmų produktyvumo reikšmė skaičiuojamais i metais, kur ref indeksavimo metai pasirinkti - 2015m. pagal kitų produktyvumo indeksų duomenis.

2.3. Šalių grupių formavimas pagal TFP lygį lyginamajai analizei

Šalių skirstymui į keturias grupes buvo pasirinkti referenciniai 2023 m. apskaičiuoti TFP duomenys, dėl tyrimo duomenų prieinamumo ir tolimesnio palyginamumo. Apskaičiuoti šių metų vidurkis(μ) ir standartinis nuokrypis(σ), kurių gautos reikšmės 106.9 ir 15.3 atitinkamai. Naudojantis standartinio nuokrypio atstumu ir vidurkio reikšme (1 Priedas), tiriamos Europos Sąjungos šalys paskirstytos į keturias grupes:

I-oji produktyvumo šalių grupė:

- Grupei priskiriamos šalių indeksų vertės:

$$TFP_{i,2023} < \mu - \frac{\sigma}{2} \quad (7)$$

- Grupei priklausančios šalys: Graikija (GR), Italija (IT), Kipras (CY), Belgija (BE), Danija (DK), Prancūzija (FR), Nyderlandai (NL).

II-oji produktyvumo grupė:

- Grupei priskiriamos šalių indeksų vertės:

$$\mu - \frac{\sigma}{2} < TFP_{i,2023} < \mu \quad (8)$$

- Grupei priklausančios šalys: Suomija (FI), Vengrija (HU), Airija (IE), Portugalija (PT), Estija (EE), Austrija (AT), Čekija (CZ).

III-oji produktyvumo grupė:

- Grupei priskiriamos šalių indeksų vertės:

$$\mu < TFP_{i,2023} < \mu + \frac{\sigma}{2} \quad (9)$$

- Grupei priklausančios šalys: Vokietija (DE), Ispanija (ES), Latvija (LV), Švedija (SE), Slovėnija (SI), Lietuva (LT).

IV-oji grupė:

- Grupei priskiriamos šalių indeksų vertės:

$$\mu + \frac{\sigma}{2} < TFP_{i,2023} \quad (10)$$

- Grupei priklausančios šalys: Bulgarija (BG), Liuksemburgas (LU), Lenkija (PL), Slovakija (SK), Malta (MT), Rumunija (RU).

Standartinio nuokrypio dalies $\frac{\sigma}{2}$ pasirinkimas padeda išvengti pernelyg didelio šalių koncentravimosi kraštiniuose klasteriuose ir prisideda prie lygesnių šalių klasterių suformavimo. Tai užtikrina lyginamosios analizės rezultatų tikslesnę interpretaciją.

Gautoms šalių produktyvumo grupėms naudojamos produktyvumo indeksų palyginamajai analizei, siekiant nustatyti produktyvumo indeksų dinamikos skirtumus ir galimus struktūrinius paaiškinimus.

2.4. ES Šalių grupavimas pagal produktyvumo indeksus ir indikatorius

Ši tyrimo dalis siekia identifikuoti Europos Sąjungos šalių produktyvumo režimus ir įvertinti, kaip šios šalys grupuojasi pagal produktyvumo indeksus ir juos lemiančius struktūrinius veiksnius.

2.4.1. Klasterizacijos pagrindas ir tyrimo duomenų atskyrimas

Siekiant atskleisti šalių produktyvumo heterogeniškumą, taikoma hibridinė klasterizavimo metodika, jungianti optimalaus klasterių skaičiaus nustatymą (k) ir hierarchinį grupavimą (*Ward*). Toks sprendimas leidžia užtikrinti stabilesnius ir labiau atkuriamus rezultatus, lyginant su vieno pasirinkto metodo naudojimu (Hou, 2018).

Kadangi tyrime siekiama identifikuoti ne trumpalaikius, o vidutinės trukmės struktūrinius skirtumus, tyrimo laikotarpis (2000 - 2024 m.) skaidomas į keturis ekonomiškai reikšmingus etapus, remiantis pagrindinių ekonominių sukrėtimų logika (Giannone et al., 2010):

- 2000 - 2007 m.: iki 2008m. finansų krizės laikotarpis;
- 2008 - 2013 m.: pasaulinės finansų krizės ir jos padarinių laikotarpis;
- 2014 - 2019 m.: stabilizacijos laikotarpis;
- 2020 - 2023 m.: COVID-19 pandemijos ir jos padarinių laikotarpis.

Kiekvienam nurodytam laikotarpiui apskaičiuojami kintamųjų aritmetiniai vidurkiai. Šiuo taikomu metodu yra sumažinama trumpalaikių svyravimų įtaka, išsaugant pagrindines struktūrines tendencijas. Prieš klasterizaciją visi kintamieji standartizuojami Z-score metodu, siekiant užtikrinti skirtingų matavimo vienetų palyginamumą.

2.4.2. Hibridinio klasterizavimo algoritmo taikymas

Tyrime taikomi trys atskiri klasterizavimo modeliai:

- pagal produktyvumo lygius (*LP, GVA, TFP*);
- pagal produktyvumo lygius ir augimo tempus (*LP, GVA, TFP, LPP3, GVAP3*);
- pagal makroekonominis indikatorius (*TO, INVP, FDIP, GCP, MEP, GERDP, PATPM, EDUP, APLP, DCP, OADR*).

Taikomas indeksų lygių skaidymas leidžia atskirti statinę šalių būklę nuo jų vystymosi trajektorijų, kadangi panašaus produktyvumo lygio šalys gali pasižymėti skirtingu augimo tempu.

Kiekvienam modeliui taikomas:

1) Optimalaus k nustatymas

Naudojamas vidutinio silueto kriterijus (angl. *Average Silhouette Width*), kuris vertina klasterių vidinę sanglaudą ir tarpusavio atskirtį. Tyrimo keliamos hipotezės:

H0: tiriamų šalių grupavimas neturi aiškos klasterinės struktūros.

H1: duomenų aibėje egzistuoja optimalus grupių skaičius $k \in [2, 6]$, užtikrinantis didžiausią struktūrinį išskirtinumą.

Jei maksimalus silueto koeficientas $< 0,25$, nulinė hipotezė negali būti atmetama, o gauti rezultatai laikomi statistiškai silpnais (Kaufman ir Rosseeuw, 2005)

2) Galutinis grupavimas (*Ward.D2*).

Naudojamas Ward hierarchinis metodas su Euklido atstumu, kuris minimizuoja klasterių vidinę dispersiją ir leidžia formuoti homogeniškus režimus (Hennig et al., 2015). Rezultatai pateikiami dendrogramomis ir bendra visų šalių klasterių priklausomybės lentele.

Pažymėtina, kad į klasterizacijos modelius neįtraukiamas TFP augimo tempas. Kadangi TFP apskaičiuojamas kaip Solow liekana, jo 3 metų augimas pasižymi itin dideliu volatiliškumu ir jautrumu kapitalo bei darbo sąnaudų matavimo paklaidoms (Inklaar & Timmer, 2013; Syverson,

2017). Papildomai, kadangi TFP skaičiuojamas iš 2000-2024 duomenų, 3 metų augimo tempo skaičiavimas sutrumpintų duomenų laiko eilutes, taip ribojant ilgalaikių tendencijų stebėjimo galimybes. Tad dėl stabilumo, ir noro išlaikyti kuo didesnę tyrimo laikotarpio apimtį, tyrimo fokuse lieka stabilesni ir pilnos 2000 – 2024 m. imties darbo produktyvumo (*LPP3*) ir kapitalo produktyvumo (*GVAP3*) augimo rodikliai

2.4.3. Klasterių palyginimas: Koreguoto Rando indeksas ARI

Siekiant statistiškai palyginti klasterizacijos pasiektus rezultatus su jų prielaidomis, tyrime naudojama Koreguoto Rando indekso (ARI - Adjusted Rand Index) metodika. Ji matuoja dviejų skirtingų grupavimų panašumą, atsižvelgiant į atsitiktinio sutapimo tikimybę. ARI indekso 1 reikšmė rodo lyginamų komponentų identišką grupavimą, o arti 0 reikšmės parodo atsitiktinio sutapimo tendencijas. ARI testo keliamos hipotezės:

H0: Šalių pasiskirstymas produktyvumo režimuose yra nepriklausomas nuo jų struktūrinių indikatorių profilio ($ARI \approx 0$).

H1: Struktūriniai indikatoriai reikšmingai lemia šalies priklausomybę produktyvumo režimui ($ARI \rightarrow 1$).

Nulinė hipotezė bus atmetama, jei ARI indeksas sieks $> 0,3$ reikšmę, ir stebimas ryšys bus interpretuojamas kaip vidutinio stiprumo struktūrinis atitikimas, o ($ARI > 0,5$ - stiprus struktūrinis ryšys).

2.4.4. Režimų profiliavimas ir interpretacija

Galiausiai atliekamas kiekvieno klasterio profiliavimas, apskaičiuojant pagrindinių kintamųjų vidurkius. Tai leidžia statistinius klasterius paversti ekonomiškai interpretuojamais režimais, pavyzdžiui, „inovacijų lyderių“ ar „besivejančių pramoninių ekonomikų“ grupėmis. Be to, šis metodas leidžia analizuoti šalių judėjimą tarp režimų skirtingais laikotarpiais, atskleidžiant ilgalaikę Europos Sąjungos produktyvumo struktūros transformaciją (Fagerberg & Verspagen, 2002).

2.5. Makroekonominių indikatorių redukavimas: PCA ir FA

Kadangi makroekonominiai indikatoriai tarpusavyje yra glaudžiai susiję, jų tiesioginis įtraukimas į regresinius modelius galėtų iškreipti rezultatus dėl daugiakolinearumo. Siekiant šią problemą sumažinti, tyrime taikomos pagrindinių komponentų analizė (PCA) ir faktorinė analizė (FA). Šių metodų pagalba didelį indikatorių rinkinį galima apibendrinti į kelis interpretuojamus latentinius faktorius, atspindinčius šalių struktūrinį produktyvumo potencialą (Basile et al., 2012).

2.5.1. Duomenų tinkamumo vertinimas

Prieš atliekant PCA ir FA, visi kintamieji standartizuojami taikant *Z-score* metodą. Indikatorių matricos tinkamumas tolimesniems PCA ir FA metodams vertinamas dviem statistiniais testais:

- 1) Kaiser - Meyer - Olkin (KMO) testas, kur:

H0: indikatorių matrica netinkama faktorizacijai;

H1: indikatorių matrica yra tinkama faktorizacijai.

H0 atmetama, kai gaunamas KMO koeficientas ≥ 0.50 (Jolliffe, 2002). Tuo atveju, kai $KMO < 0.50$, H0 negalime atmesti ir kintamųjų rinkinys PCA yra netinkamas – konstruojama nauja matrica pašalinus žemiausias KMO reikšmes turinčius kintamuosius.

- 2) Bartlett sferiškumo testas, kur:

H0: koreliacijų matrica nesiskiria nuo tapatybės matricos (kintamieji nekoreliuoja).

H1: egzistuoja statistiškai reikšminga koreliacija tarp kintamųjų.

H0 yra atmetama, jeigu $p < 0.05$, kas patvirtina pakankamą bendrą dispersiją latentinių struktūrų identifikavimui (Fabrigar et al., 1999).

2.5.2. Faktorių išskyrimas ir modelio stabilumas

PCA naudojama kaip orientacinis įrankis nustatyti optimalų faktorių skaičių, remiantis Kaiser kriterijumi (tikrinės reikšmės > 1) ir nuolydžio grafiku (angl. *Scree plot*). Galutinė faktorinė analizė atliekama taikant Maksimalaus tikėtinumo (ML) metodą su Varimax rotacija.

Modelio stabilumas vertinamas pagal šias taisykles:

- kintamieji, kurių **komunalitetai** < 0.30 yra laikomi per silpnai susijusiais su latentine struktūra ir šalinami iš modelio;
- reikšmingos laikomos **faktorių apkrovos** ≥ 0.40 , o kintamieji su mažomis apkrovomis pašalinami iš modelio;
- modelio tinkamumas tikrinamas RMSR rodikliu, kurio < 0.08 reikšmės parodo jog pasirinktas faktorių skaičius yra pakankamas.

2.5.3. Latentinių faktorių ir produktyvumo sąsajų vertinimas

Prieš dinaminį PVAR modeliavimą atliekama koreliacinė analizė, kuria tikimasi įvertinti ryšius tarp latentinių faktorių ir pagrindinių produktyvumo rodiklių: TFP, darbo (DP) ir kapitalo (KP) produktyvumo. Ši analizė leidžia patikrinti, ar faktorių struktūra, išskirta PCA ir FA metodais, turi empirinį ryšį su produktyvumo lygiais ir jų dinamika.

Analizė atliekama dviem lygmenimis:

- Tarpvalstybiniu (angl. *Between*), kurio metu lyginami šalių periodų vidurkiai, siekiant nustatyti, ar aukštesnis struktūrinis potencialas siejasi su didesniu produktyvumo lygiu;
- Vidiniu (angl. *Within*), kur taikomas *demeaning* metodas, kuris leidžia pašalinti laike nekintančias šalims būdingas savybes ir įvertinti struktūrinių veiksnių pokyčių sąsajas su produktyvumo dinamika.

Pastebimų koreliacijų reikšmingumas vertinamas naudojant *Pearson* koeficientą ir jo statistinį testą, kur:

H0: tarp latentinio faktoriaus ir produktyvumo rodiklio neegzistuoja tiesinis ryšys ($r=0$)

H1: tarp tiriamų kintamųjų egzistuoja statistiškai reikšmingas ryšys ($r \neq 0$).

Nulinė hipotezė atmetama (kai $p < 0,05$) reiškia, kad stebimas ryšys nėra atsitiktinis. Tai leidžia teigti, jog išskirti latentinių faktorių rinkiniai turi ekonominę prasmę ir gali būti traktuojami kaip realūs produktyvumo formavimosi mechanizmai.

Papildomai analizuojamos koreliacijos tarp latentinių faktorių ir produktyvumo augimo tempų (ΔTFP , ΔLP , ΔKP). Ši analizė leidžia įvertinti, ar struktūriniai pokyčiai siejasi su produktyvumo pagreitinimu, ir sudaro empirinius pagrindus PVAR modelio specifikavimui.

2.6. Panelinės vektorinės autoregresijos (PVAR) taikymas

Siekiant įvertinti, ar struktūriniai veiksniai daro poveikį produktyvumui su laiko vėlavimu, tyrime taikomas PVAR modelis., kuris leidžia analizuoti dinaminę sąveiką tarp latentinių faktorių ir produktyvumo augimo, visus kintamuosius traktuojant kaip endogeninius (Holtz-Eakin et al., 1988). Toks požiūris ypač tinkamas nagrinėjant technologinių ir institucinių pokyčių poveikį, kuris dažniausiai pasireiškia palaipsniui.

Atliekama dinaminė analizė fokusuojama į bendrojo veiksnių produktyvumo (TFP) ir darbo produktyvumo augimo tempus. Kapitalo produktyvumo augimas į modelį neįtraukiamas, kadangi jis pasižymi didele priklausomybe nuo investicijų cikliškumo ir ribotu jautrumu trumpalaikiams struktūriniams šokams.

2.6.1. Modelio specifikacija ir GMM vertinimas

PVAR modelis vertinamas taikant apibendrintą momentų metodą (GMM) su „*Forward Orthogonal Deviations*“ (FOD) transformacija (Arellano ir Bover, 1995). Ši transformacija leidžia pašalinti šalių fiksuotus efektus, išlaikant paklaidų nepriklausomumą, todėl yra tinkama nebalansuotoms panelėms ir trumpoms laiko eilutėms.

2.6.2. Diagnostika ir patikimumo tikrinimas

Siekiant užtikrinti, kad PVAR modelio rezultatai būtų statistiškai patikimi ir tinkami ekonominei interpretacijai, atliekami keli diagnostiniai testai, kurie leidžia patikrinti pagrindines modelio prielaidas:

- Hansen J-testas (instrumentų egzogeniškumas):

H0: naudojami instrumentai yra egzogeniški ir tinkami modelio vertinimui;

H1: instrumentai yra koreliuoti su paklaidomis ir modelis yra neteisingai identifikuotas.

Nulinė hipotezė atmetama, kai $p < 0,05$, kas parodo, kad pasirinkti instrumentai nėra tinkami todėl PVAR modelio rezultatai negali būti laikomi patikimais.

- Sistemos stabilumo testas:

H0: PVAR sistema yra stabili (stacionari).

H1: sistema yra nestabili.

Jeigu bent viena sistemos matricos tikrinė reikšmė yra lygi arba didesnė už 1, nulinė hipotezė yra atmetama, ir modelis yra laikomas nestabiliu. Tačiau, stabilumas yra būtina sąlyga impulsinių atsako funkcijų (IRF) generavimui.

2.6.3. Impulso-atsako funkcijos (IRF)

Pagrindinis PVAR analizės instrumentas yra impulso-atsako funkcijos (IRF), kurios leidžia įvertinti, kaip vienkartinis struktūrinis šokas viename iš latentinių faktorių (pavyzdžiui, inovacijų ar žmogiškojo kapitalo augimas) veikia produktyvumo augimą laikui bėgant. Prognozės horizontui pasirenkamas $h = 6$ metai, atsižvelgiant į literatūroje nustatytą technologinių investicijų vėlavimo efektą, kuris dažniausiai pasireiškia per 5-10 metų laikotarpį (Brynjolfsson et al., 2019; Comin & Mestieri, 2018), bei įvertinant turimų duomenų laiko apribojimus.

3. PRODUKTYVUMO INDEKSŲ IR INDIKATORIŲ Palyginimo TYRIMO REZULTATAI

Šiame skyriuje pristatomi empirinių tyrimų rezultatai, gauti analizuojant darbo produktyvumo, kapitalo produktyvumo ir bendro veiksnių produktyvumo (TFP) indeksus Europos Sąjungos šalyse 2000–2024 m. laikotarpiu.

3.1. Produktyvumo indeksų lyginamosios analizės pagrindiniai pastebėjimai

Šiame skyriuje yra apžvelgiami darbo, kapitalo ir bendrojo veiksnių produktyvumo (DP, KP ir TFP) indeksų raidos rezultatai. Remiantis produktyvumo indeksų dinamikos panašumais, Europos Sąjungos šalys buvo suskirstytos į keturias grupes pagal produktyvumo indeksus. Šių grupių raidos trajektorijos yra sistemingai skirtingos ir atspindi nevienodą ekonominį brandumą, technologinės absorbcijos lygį bei struktūrinių reformų intensyvumą. Identifikuoti produktyvumo režimai atitinka literatūroje aprašytą produktyvumo divergencijos reiškinių, kai, nepaisant formaliai panašios institucinės aplinkos, šalys demonstruoja struktūriškai skirtingas produktyvumo augimo trajektorijas (Hall ir Jones, 1999; Acemoglu, Johnson ir Robinson, 2005; Syverson, 2011). Ši dinamika ypač dera su Brynjolfsson, Rock ir Syverson (2019) aprašytu „produktyvumo paradoksu 2.0“, kuomet technologinės investicijos neatsispindi TFP augime dėl lėtų organizacinių ir institucinių prisitaikymo procesų.

I produktyvumo grupė (BE, CY, DK, FR, GR, IT, NL) pasižymi žemiausiu ilgalaikiu produktyvumo augimo potencialu. Darbo produktyvumas iki 2007 m. augo nuosaikiai, tačiau po 2008 m. finansų krizės daugumoje šalių stebima ilgalaikė stagnacija (2a priedas). Kapitalo produktyvumo kitimas pasižymi ryškiu ciklišku – 2008-2013 m. fiksuojamas spartus nuosmukis ir tik dalinis atsigavimas po 2014 m., rodantis ribotas kapitalo grąžos didėjimo galimybes brandžioje ekonomikoje (2b priedas). TFP raida atskleidžia trumpalaikį korekcinį šuolį krizės laikotarpiu, tačiau po 2015 m. daugelyje šalių vyrauja stagnacija ar net kritimas (2c priedas). Šios grupės rezultatai yra suderinami su Gordon (2012) bei Cetto, Fernald ir Mojon (2016) išvadomis, jog išsivysčiusiose ekonomikoje produktyvumo augimo lėtėjimą lemia paslaugų sektoriaus dominavimas ir ribotas skaitmeninių technologijų paplitimas. Be to, Corrado, Hulten ir Sichel (2009) teigia, kad tai, jog nematerialusis turtas nėra įtrauktas į nacionalines sąskaitas lemia sistemingą TFP nuvertinimą, ypač finansų ir žinių intensyviose ekonomikoje, kas gali paaiškinti nepalankią Graikijos ir Italijos dinamiką.

II produktyvumo grupė (AT, CZ, EE, FI, HU, IE, PT) pasižymi ryškiu heterogeniškumu. Iki 2007 m. visose šios grupės šalyse stebimas spartus darbo produktyvumo augimas, siejamas su produktyvumo atotrūkio mažėjimu Vidurio ir Rytų Europoje bei intensyviais TUI srautais (3a

priedas). Po 2014 m. šalių raidos trajektorijos išsiskiria – dalis ekonomikų išlaiko augimą, o kitos pereina į stagnacijos fazę. Kapitalo produktyvumo rodikliai iki 2013 m. pasižymi dideliais svyravimais, o vėliau stabilizuojasi (3b priedas). TFP dinamika leidžia išskirti tris modelius: spartų, bet ciklišką augimą, vidutinio tempo stabilizaciją bei struktūrinę stagnaciją (3c priedas). Šis vidinis grupės nevienalytiškumas patvirtina Comin ir Mestieri (2018) technologijų difuzijos teoriją, pagal kurią net ir turint prieigą prie tų pačių technologijų, galutiniai produktyvumo rezultatai priklauso nuo absorbcinių gebėjimų ir institucinio pasirengimo. Išskirtinis Airijos atvejis atspindi Kohli (2015) aprašytą „apskaitinio TFP“ problemą – didelis visų trijų indeksų nepastovumas rodo galimą apskaitinių, o ne realių ekonominių procesų dominavimą.

III produktyvumo grupė (DE, ES, LT, LV, SE, SI) atspindi sandūrą tarp sparčiai produktyvumo požiūriu besivystančių Baltijos šalių ir brandžių Vakarų Europos ekonomikų. Darbo produktyvumas Baltijos šalyse visą laikotarpį augo nuosekliai, tuo tarpu brandžioje ekonomikoje stebimas lėtesnis, bet stabilus augimas (4a priedas). Kapitalo produktyvumo dinamika pasižymi ryškiu ciklišku: spartus augimas iki 2007 m., nuosmukis krizės laikotarpiu ir nevienodas atsigavimas po 2014 m. (4b priedas). TFP raida rodo, kad Baltijos šalys išlaiko tvarią produktyvumo suartėjimo trajektoriją, o brandžios ekonomikos dažniau patiria korekcinius, o ne struktūrinius šuolius (4c priedas). Šie rezultatai dera su Benhabib ir Spiegel (1994) bei Hanushek ir Woessmann (2020) teorijomis, kurios pabrėžia žmogiškojo kapitalo kokybės svarbą technologijų absorbcijai. Baltijos šalių atvejis rodo sėkmingą perėjimą nuo kapitalo gilinimu grįsto augimo prie endogeninio produktyvumo modelio (Romer, 1990; Aghion ir Howitt, 2007).

IV produktyvumo grupė (BG, LU, MT, PL, RO, SK) demonstruoja didžiausią rodiklių supanašėjimą visoje ES. Darbo produktyvumas šiose šalyse augo itin sparčiai, ypač iki 2007 m. ir po 2014 m. (5a priedas). Kapitalo produktyvumas iki krizės didėjo sparčiai, o po jos stabilizavosi, tačiau išlaikė teigiamą ilgalaikę trajektoriją Vidurio ir Rytų Europos ekonomikoje (5b priedas). TFP dinamika patvirtina stiprų konvergencinį modelį – po 2014 m. fiksuojamas spartus augimas, siejamas su ES investicijų ciklu ir technologine pažanga (5c priedas). Šios grupės rezultatai patvirtina Fagerberg ir Verspagen (2002) „technologinio vijimosi“ modelį. Tuo tarpu Liuksemburgo ir Maltos išskirtinumas atitinka Rodrik (2016) bei Stiglitz (2024) pastebėjimus, kad paslaugų ir finansų sektoriaus dominavimas nebūtinai generuoja teigiamus TFP efektus dėl ribotų technologinių šalutinių poveikių.

Apibendrinant galima teigti, kad identifikuoti keturi produktyvumo režimai empiriškai patvirtina literatūroje aprašytą produktyvumo diferenciaciją ir technologijų difuzijos netolygumą (Hall ir Jones, 1999; Comin ir Mestieri, 2018; Brynjolfsson et al., 2019). Šie rezultatai atskleidžia sąsają tarp produktyvumo indeksų kaitos ir juos formuojančių struktūrinių veiksnių, kurie toliau bus analizuojami pasitelkiant PCA, FA ir PVAR metodikas.

3.2. Klasterizacijos rezultatai

Šioje dalyje pateikiami Europos Sąjungos šalių produktyvumo struktūros klasterizacijos rezultatai, gauti taikant hibridinį Ward.D2 metodą trimis duomenų matricoms:

- produktyvumo indeksų lygiams (*LP, GVA, TFP*),
- produktyvumo indeksų lygiams kartu su trijų metų augimo tempais (*t-3*),
- struktūrinių makroekonominių indikatorių matricai (*TO, FDIP, MEP, GERDP, PATPM, EDUP, APLP, DCP ir kt.*).

Analizė atlikta keturiems laikotarpiams: 2000-2007 m., 2008-2013 m., 2014-2019 m. ir 2020-2024 m.

3.2.1. Optimalaus klasterių skaičiaus parinkimas

Optimalaus klasterių skaičiaus parinkimas atliktas remiantis vidutinio silueto kriterijumi, kurio rezultatai pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė.

*Optimalaus klasterių skaičiaus parinkimas pagal vidutinį silueto koeficientą (*k*) produktyvumo indeksų lygių bei lygių ir augimo tempų klasterizacijos modeliams*

Laikotarpis	Indeksų pasirinkimas	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 6
2000 - 2007 m.	Indeksų lygiai	0.546	0.349	0.293	0.320	0.334
	Indeksų lygiai ir augimo tempai (<i>t-3</i>)	0.369	0.387	0.374	0.341	0.271
2008 - 2013 m.	Indeksų lygiai	0.767	0.350	0.319	0.316	0.278
	Indeksų lygiai ir augimo tempai (<i>t-3</i>)	0.662	0.384	0.318	0.369	0.411
2014 - 2019 m.	Indeksų lygiai	0.265	0.274	0.315	0.323	0.323
	Indeksų lygiai ir augimo tempai (<i>t-3</i>)	0.259	0.290	0.310	0.296	0.308
2020 - 2024 m.	Indeksų lygiai	0.336	0.358	0.338	0.342	0.365
	Indeksų lygiai ir augimo tempai (<i>t-3</i>)	0.335	0.352	0.346	0.301	0.277

Šaltiniai: sudaryta autorės pagal Eurostat duomenis

Rezultatai rodo, kad 2000-2007 m. laikotarpiu produktyvumo struktūra buvo gana homogeniška, kadangi indeksų lygių modelyje optimalus klasterių skaičius $k=2$, o įtraukus augimo tempus - $k=3$. Tai atspindi ankstyvajam ES plėtros etapui būdingą branduolio struktūrą.

2008-2013 m. laikotarpiu abiejuose modeliuose dominuoja $k=2$, o silueto reikšmės yra didžiausios visame tyrime. Šis rezultatas patvirtina „krizės suspaustos konvergencijos“ efektą, kai finansų krizė sumažino tarpusavio produktyvumo skirtumus tarp šalių.

2014-2019 m. laikotarpiu fiksuojamas struktūrinės diferenciacijos augimas. Indeksų lygių modelyje pastebimas optimalus $k=5$, o indeksų lygių su augimo tempais - $k=4$. Tai rodo atsinaujinusį produktyvumo tendencijų išsiskyrimą ir naujų režimų formavimąsi.

2020-2024 m. laikotarpiu pastebima didžiausia fragmentacija, kadangi indeksų lygių modelyje optimalus $k=6$, o su augimo tempais $k=3$. Tai patvirtina mokslinėje literatūroje pateiktą požiūrį, kad pandemija dar labiau išryškino šalių produktyvumo trajektorijų nevienalytiškumą.

3.2.2. Šalių pasiskirstymo klasteriuose pastebėjimai

Konkretus šalių priskyrimas klasteriams pagal produktyvumo indeksų lygius, indeksų lygius su augimo tempais ir struktūrinius indikatorius pateiktas 5 lentelėje, kur galime pastebėti šias pagrindines laikotarpių tendencijas:

2000 - 2007 m. laikotarpiu dauguma ES šalių pagal visus taikytus klasterizacijos modelius patenka į vieną dominuojantį klasterį, kas leidžia teigti, jog produktyvumo struktūra buvo santykinai homogeniška. Iš bendros struktūros išsiskiria Airija, nuosekliai priskiriama atskiram klasteriui, tikėtina dėl TUI ir tarptautinių korporacijų apskaitinių efektų.

5 lentelė.

ES šalių priskyrimas produktyvumo ir struktūrinių indikatorius klasteriams keturiais laikotarpiais (2000 - 2024 m.)

Laikotarpis	2000 - 2007 m.			2008 - 2013 m.			2014 - 2019 m.			2020 - 2024 m.		
Šalis/Klasterizavimo modelis	Indeksų lygiai	Indeksų lygiai + augimas	Indikatoriai	Indeksų lygiai	Indeksų lygiai + augimas	Indikatoriai	Indeksų lygiai	Indeksų lygiai + augimas	Indikatoriai	Indeksų lygiai	Indeksų lygiai + augimas	Indikatoriai
GR	1	1	1	1	1	1	4	2	2	3	1	2
IT	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
CY	1	1	1	1	1	1	4	2	2	3	1	1
BE	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1
DK	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	3
FR	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
NL	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	3
FI	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	3
HU	1	2	1	1	1	1	3	2	2	5	3	2
IE	2	3	1	2	2	1	4	4	3	2	2	1
PT	1	1	1	1	1	1	4	2	2	3	1	2
EE	1	2	1	1	1	1	3	3	2	5	3	1
AT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CZ	1	2	1	1	1	1	3	3	2	4	1	2
DE	1	1	2	1	1	2	3	1	2	4	1	3
ES	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1
LV	1	2	1	1	1	1	3	3	2	5	3	1
SE	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	3
SI	1	2	1	1	1	1	3	2	2	2	1	1
LT	1	2	1	1	1	1	3	3	2	5	3	1
BG	1	2	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2
LU	1	1	2	1	1	2	2	1	3	4	1	4
PL	1	2	1	1	1	1	5	3	2	6	3	1
SK	1	2	1	1	1	1	2	3	2	6	3	2
MT	1	2	1	1	1	1	2	3	2	4	1	4
RO	1	2	1	1	1	1	5	3	2	6	3	2

Šaltiniai: sudaryta autorės pagal Eurostat duomenis

2008 - 2013 m. laikotarpiu išlieka panaši struktūra, tačiau stebima dar didesnė šalių koncentracija pagrindiniame klasteryje – tai rodo finansų krizės laikotarpiu sumažėjusią diferenciaciją.

2014 - 2019 m. laikotarpiu klasterių struktūra fragmentuojasi: formuojasi keli aiškiai atskirti blokai, kuriuos galima sieti su aukštesnio produktyvumo Šiaurės ir Vakarų Europos šalimis, vidutinio produktyvumo Vidurio Europos valstybėmis ir lėčiau atsigauančiomis Pietų bei Rytų Europos ekonomikomis.

2020 - 2024 m. laikotarpiu identifikuojamas didžiausias klasterių skaičius, o šalių priskyrimas režimams tampa mažiau vienalytis – tai atspindi pandemijos laikotarpiu išryškėjusius struktūrinius skirtumus.

3.2.3. Produktyvumo klasterių profiliai

6 lentelė.

ES šalių produktyvumo struktūros tipai pagal Ward klasterizacijos rezultatus, 2000-2024 m.

Etapas	Ward Klasterio numeris	DP indekso vidurkis	KP indekso vidurkis	TFP indekso vidurkis	Šalių sk. priklausantis klasteriui	Šalių produktyvumo grupės apibūdinimas
2000-2007m.	1	84,2	102,5	86,5	25	Žemo produktyvumo konvergencijos grupė
	2	63,0	161,8	135,0	1	<i>TUI skatinamas kapitalo produktyvumo išskirtinis atvejis (Airija)</i>
2008-2013m.	1	94,7	99,8	95,7	25	Krizės konvergencijos grupė
	2	75,5	128,7	194,8	1	<i>TFP šuolio išskirtinis atvejis (Airija)</i>
2014-2019m.	1	101,2	101,8	97,9	5	Vėluojančio atsigavimo režimas
	2	100,3	100,2	107,4	7	Subalansuoto branduolio produktyvumo grupė
	3	103,8	103,3	104,5	8	Aukštesnio vidutinio produktyvumo grupė
	4	99,5	105,4	97,1	4	Kapitalui imlaus produktyvumo grupė
	5	106,7	102,0	118,3	2	Priekinės linijos (angl. <i>production frontier</i>) inovacijų grupė
2020-2024m.	1	103,5	99,8	96,2	8	Stagnuojančio vidutinių pajamų lygio grupė
	2	122,6	126,5	111,7	3	Aukšto produktyvumo lyderiai
	3	104,0	117,0	91,2	3	Kapitalui palankaus produktyvumo grupė
	4	105,0	100,8	116,3	5	Efektyvumu pagrįsta inovacijų grupė
	5	119,0	103,4	107,9	4	Pažengusios konvergencijos grupė
	6	121,8	103,5	135,0	3	Priekinės linijos (angl. <i>production frontier</i>) TFP grupė

Šaltinis: sudaryta autorės pagal Eurostat duomenis

Analizuojamos produktyvumo indeksų klasterių vidutinės reikšmės (6 lentelė) atskleidžia nuoseklią ES produktyvumo režimų transformaciją per 2000-2024 m. laikotarpį. Iki finansinės krizės laikotarpiu dominuoja žemo produktyvumo konvergencijos režimas, kuriam priklauso didžioji dalis šalių, kurių darbo produktyvumo ir TFP indeksai išlieka žemi, nors kapitalo produktyvumas artimas ES vidurkiui. Šiame etape išsiskiria vienintelis išskirtinis atvejis – Airija, kuri formuoja atskirą klasterį su itin aukštu kapitalo produktyvumo indeksu, kas rodo TUI skatinamą, struktūriškai nebalansuotą produktyvumo modelį.

Krizės laikotarpiu (2008 - 2013 m.) klasterių situacija iš esmės nekinta, kadangi beveik visos šalys patenka į vadinamąją „krizės suspaustą“ grupę, kurioje visų trijų produktyvumo indeksų vidurkiai sumažėja, o kapitalo produktyvumo indekso reikšmė vidutiniškai nukrenta beveik trimis punktais. Tuo pat metu Airija ir toliau išlieka struktūriniu išskirtiniu atveju, tačiau šį kartą jau kaip TFP šuolio klasteris, pasižymintis itin aukštu bendrojo veiksnių produktyvumo lygiu.

2014 - 2019 m. laikotarpiu pastebima žymiai didesnė klasterių atskirtis, tad identifikuojami net penki skirtingi produktyvumo režimai. Greta „vėluojančio po krizės atsigavimo“ grupės atsiranda subalansuoto branduolio, aukštesnio vidutinio produktyvumo, kapitalui imlios ekonomikos bei priekinės linijos inovacijų klasterių grupės. Tai rodo, kad po krizės ES šalys pradėjo skirtingais keliais reaguoti į struktūrinius iššūkius: dalis jų orientuojasi į inovacijomis grįstą augimą, kitos – į kapitalo gilinimą arba tik lėtą produktyvumo atsigavimą.

Galiausiai 2020–2024 m. laikotarpiu, pandemijos ir energetinių sukrėtimų fone, struktūra tampa dar labiau fragmentuota, pasiekiami net šeši produktyvumo klasteriai. Greta stagnaciją patiriančio vidutinių pajamų lygio šalių klasterio atsiranda aukšto produktyvumo lyderių, efektyvumu pagrįstų inovacijų, pažengusios konvergencijos bei atskiros priekinės linijos TFP grupės. Šis 6 klasterių išskyrimas rodo ES šalių skirtingus ekonominis prisitaikymo lygius pandemijos šokams.

3.2.4. Indikatorių klasterių profiliai

Struktūrinių indikatorių klasterizacijos rezultatai, pateikti 7 lentelėje, atskleidžia panašias tendencijas, kaip ir produktyvumo indeksų pagrindu išskirti klasteriai. Iki 2008 m. ES šalių struktūra buvo palyginti homogeniška ir aiškiai išsiskyrė dvi pagrindinės grupės: žemo inovatyvumo besivejančios ekonomikos ir inovacijomis grįstos branduolio šalys. Tačiau vėlesniais laikotarpiais ši struktūra tapo vis labiau fragmentuota, ypač pandemijos laikotarpiu išryškėjo net keturi skirtingi struktūriniai tipai, kuriuos galima apibūdinti kaip skaitmenizacijos procese pažangias inovacijų ekonomikas, senėjančias gamybines struktūras, intensyviai reformuojančias šalis bei globalias finansinių centrų šalis.

7 lentelė

ES šalių produktyvumo struktūrinių grupių (klasterių) profiliai pagal makroekonominčius indikatorius

Etapas	Ward Klasterio numeris	TO	FDIP	MEP	GERDP	PATPM	EDUP	APLP	DCP	Šalių sk. priklausantis klasteriui	Šalių produktyvumo grupės apibūdinimas
2000-2007m.	1	93,8	4,9	20,0	0,9	32,5	19,5	5,4	30,8	18	Mažo inovatyvumo besivejančios ekonomikos
	2	130,2	8,7	15,3	2,4	313,0	28,5	15,6	64,0	6	Inovacijomis grįstos branduolio ekonomikos
2008-2013m.	1	111,4	3,2	17,2	1,2	38,6	24,8	7,0	60,0	17	Po transformacijos restruktūrizaciją patinančios ekonomikos
	2	130,1	7,1	11,9	2,5	346,3	34,0	17,9	83,7	7	Krizėms atsparios inovacijų lyderių grupė
2014-2019m.	1	108,3	3,6	12,1	2,8	300,3	38,0	20,8	90,6	7	Aukštų gebėjimų inovacijų ekonomikos grupė
	2	119,7	2,2	17,6	1,1	23,1	29,3	7,0	78,0	15	Gamyba orientuotos vidutinių pajamų ekonomikos grupė
	3	293,3	30,5	7,7	1,2	474,1	44,5	13,1	91,4	2	Atvira finansų ir TUI centrais pasižyminti grupė
2020-2024m.	1	142,0	2,7	14,5	1,8	101,1	42,2	12,8	92,8	11	Skaitmenizacijos procese pažangios inovacijų ekonomikos grupė
	2	115,3	2,7	18,9	1,3	22,4	27,3	7,3	89,0	8	Senėjančių nuo gamybos priklausomų ekonomikų grupė
	3	117,0	0,1	10,5	2,9	419,5	44,5	28,5	96,4	4	Inovacijoms imlios reformuojamų ekonomikų grupė
	4	387,8	-51,4	3,1	1,1	562,2	51,3	17,2	97,7	1	Globalus mikrofinansinis centras

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudojamus duomenis. (Pastaba. Lentelėje neatvaizduojami OADR, GCP ir INVP indikatoriai, nes jie neturėjo grupių suskirstymui identifikuojančių savybių)

Bendrai struktūrinių indikatorių ir produktyvumo indeksų klasterių pasiskirstymai rodo, kad per 2000 - 2024 m. laikotarpį ES ekonomikos perėjo nuo santykinai paprastos dviejų tipų struktūros prie sudėtingos, daugialypės sistemos. Tai reiškia, kad inovacijų potencialas, demografiniai procesai ir ekonomikos atvirumas ne tik skiriasi tarp šalių, bet ir laikui bėgant formuoja vis labiau specializuotus ir išsiskiriančius šalių produktyvumo profilius.

3.2.5. Produktyvumo ir indikatorių klasterių atitikimas

Produktyvumo indeksų lygių ir struktūrinių indikatorių klasterių atitikimas įvertintas naudojant Koreguotą Rando indeksą (ARI), kurio rezultatai pateikiami 8 lentelėje.

8 lentelė.

Produktyvumo indeksų ir struktūrinių indikatorių klasterių atitikimas pagal Koreguotą Rando indeksą (ARI)

Laikotarpis	ARI reikšmė
2000 - 2007 m.	-0,053
2008 - 2013 m.	-0,048
2014 - 2019 m.	0,162
2020 - 2024 m.	0,003

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrimo duomenis

Gautos ARI reikšmės visais laikotarpiais yra artimos nuliui, o ankstyvaisiais periodais net neigiamos. Šių rezultatų gavimas parodo, kad struktūrinių indikatorių klasteriai beveik nesutampa su produktyvumo indeksų klasteriais, o šalių priskyrimas produktyvumo režimams yra praktiškai

nepriklausomas nuo jų struktūrinių indikatorių profilio. Net ir 2014 - 2019 m., kai ARI pasiekia didžiausią reikšmę (0,162), ryšys išlieka silpnas.

Šie rezultatai empiriškai patvirtina produktyvumo paradoksą, jog inovacijų, žmogiškojo kapitalo ir kitų struktūrinių veiksnių lygis trumpuoju ir vidutiniu laikotarpiu neatsispindi faktiniuose produktyvumo indeksuose makroekonominio mastu. Produktyvumo paradokso samprata gali būti interpretuojama kaip „institucinis arba struktūrinis vėlavimas“. Tačiau, kadangi šalys su panašiu inovacijų ir žmogiškojo kapitalo lygiu patenka į skirtingus produktyvumo režimus, rodo egzistuojantį efektyvumo atotrūkį. Kitaip išsireiškiant, inovacijų rodiklių augimas savaime dar negarantuoja produktyvumo augimo. Jų pavertimas realiais rezultatais priklauso nuo papildomų veiksnių, tokių kaip valdymo kokybė ar gebėjimas diegti technologijas, todėl tarp struktūrinių prielaidų ir faktinių produktyvumo pokyčių susidaro laiko vėlavimai.

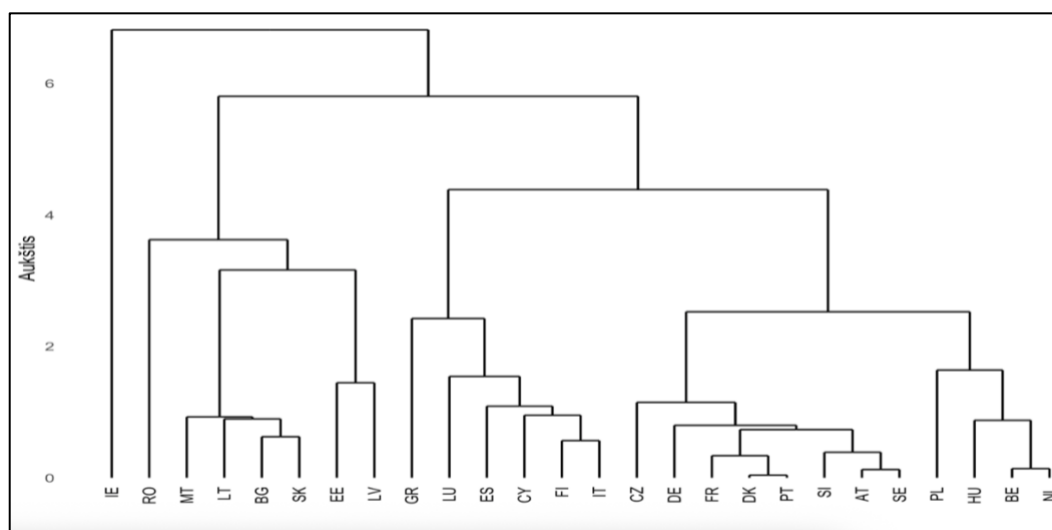
Šis tyrime nesamas struktūrinių indikatorių ir produktyvumo klasterių atitikimas patvirtina, kad vien tik tiesioginė indikatorių klasterizacija neleidžia paaiškinti produktyvumo mechanizmų. Dėl šios priežasties tolimesniame tyrime taikomi dimensijų mažinimo metodai, skirti išskirti pagrindines latentines struktūrines dimensijas, kurios vėliau analizuojamos dinaminio PVAR modeliu.

3.2.6. Ward hierarchinių dendrogramų interpretacija

Siekiant papildomai patikrinti silueto koeficientais ir ARI metodu gautų klasterizacijos rezultatų patikimumą, buvo analizuojamos Ward hierarchinės klasterizacijos dendrogramos. Dendrogramos sudarytos pagal produktyvumo indeksų lygius bei indeksų lygius kartu su augimo tempais kiekvienam iš keturių analizuojamų laikotarpių (2 Paveikslas, 3 paveikslas ir 6 Priedas).

2 paveikslas.

2000 - 2008 m. produktyvumo indeksų lygių Ward klasterizacijos dendrograma

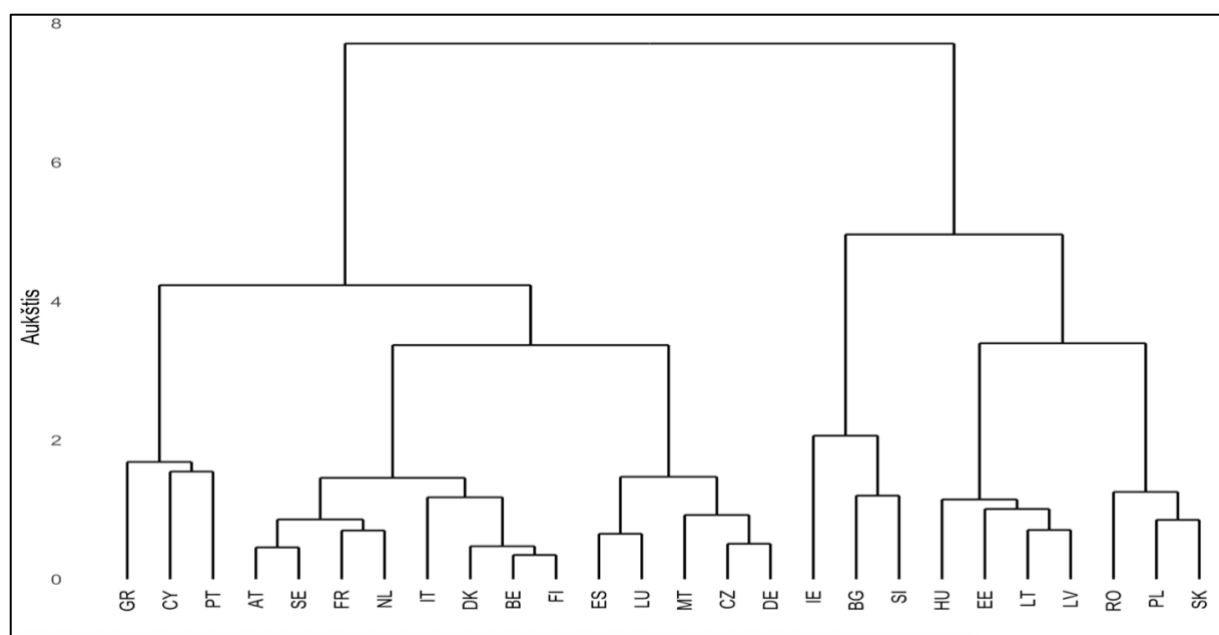


Šaltiniai: sudaryta autorės pagal Eurostat duomenis

2 paveiksle pateikiama 2000 - 2007 m. dendrograma sudaryta pagal produktyvumo indeksų lygius, kuri patvirtina jau anksčiau pastebėtą branduolio struktūrą, kadangi matome labai išskirtinį ir aukštai atskirtą Airijos atvejį, o vizualinė struktūra sutampa su silueto diagnostika, kur šiam laikotarpiui optimalus klasterių skaičius pagal indeksų lygius buvo $k = 2$. Taip pat, Šiaurės ir Vakarų Europos šalys (Austrija, Danija, Suomija, Švedija, Nyderlandai, Vokietija, Belgija, Prancūzija) jungiasi žemiausiuose dendrogramos lygiuose, kas parodo didelį jų tarpusavio struktūrinį panašumą.

3 paveikslas.

2020 - 2024 m. produktyvumo indeksų lygių Ward klasterizacijos dendrograma



Šaltinis: sudaryta autorės pagal Eurostat duomenis

Pandemijos laikotarpio dendrograma (3 paveikslas), kuri sudaryta pagal produktyvumo indeksų lygius 2020 - 2024 m., rodo žymiai aiškiau atskirtą ir fragmentuotą struktūrą, kadangi šalys formuoja kelis tarpusavyje atskirus blokus, o optimalus klasterių skaičius $k=6$ (4 lentelė). Taip pat pastebima, kad Pietų Europos valstybės (Graikija, Portugalija, Kipras, Italija, Ispanija) sudaro kelias atskiras šakas, Vidurio ir Rytų Europa skyla į spartesnės ir lėtesnės konvergencijos grupes, o Šiaurės ir Vakarų Europos išlieka bendrame klasteryje ir jungiasi žemiausiuose dendrogramos taškuose. Papildomos dendrogramos, sudarytos pagal indeksų lygius pateikiamos 6 priede.

Bendrai pastebima, kad dendrogramų analizė vizualiai patvirtina 3.2 skyriuje pateiktus klasterizacijos rezultatus: ES valstybių produktyvumo struktūra per 2000 - 2024 m. laikotarpį evoliucionavo iš sukoncentruotos branduolio tipo sistemos į daugialypę produktyvumo klasterių struktūrą, o pandemijos laikotarpiu ši fragmentacija pasiekė didžiausią mastą.

3.3. Makroekonominių indikatorių pagrindinių komponentių analizės (PCA) rezultatai

Šiame poskyryje pristatomi makroekonominių indikatorių PCA rezultatai, skirti apibendrinti struktūrinius produktyvumo veiksnius ir sumažinti tarpusavio kolinearumą. Analizė apima visų šalių ir laikotarpių stebėjimus ($N = 478$). Visi indikatoriai prieš analizę buvo standartizuoti taikant *Z-score* metodą.

3.3.1. Duomenų tinkamumas ir indikatorių atranka

Pradiniame etape į PCA buvo įtraukta 11 makroekonominių indikatorių: *EDUP*, *APLP*, *GERDP*, *PATPM*, *TO*, *INVP*, *FDIP*, *DCP*, *OADR*, *GCP* ir *MEP*. Pirminė analizė parodė bendrą $KMO = 0,62$, tačiau Prekybos atvirumo *TO* (0,36) ir Tiesioginių Užsienio Investicijų įplaukų *FDIP* (0,29) indikatoriai pasižymėjo labai silpnomis individualiomis KMO reikšmėmis, todėl šie kintamieji buvo pašalinti iš tolimesnio tyrimo eigos.

9 lentelė.

Makroekonominių indikatorių individualios ir bendros KMO reikšmės

Kintamasis	Individualus KMO
EDUP	0.68
APLP	0.83
GERDP	0.77
PATPM	0.69
INVP	0.46
DCP	0.75
OADR	0.60
GCP	0.71
MEP	0.59
Bendras KMO	0.71

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrimo duomenis

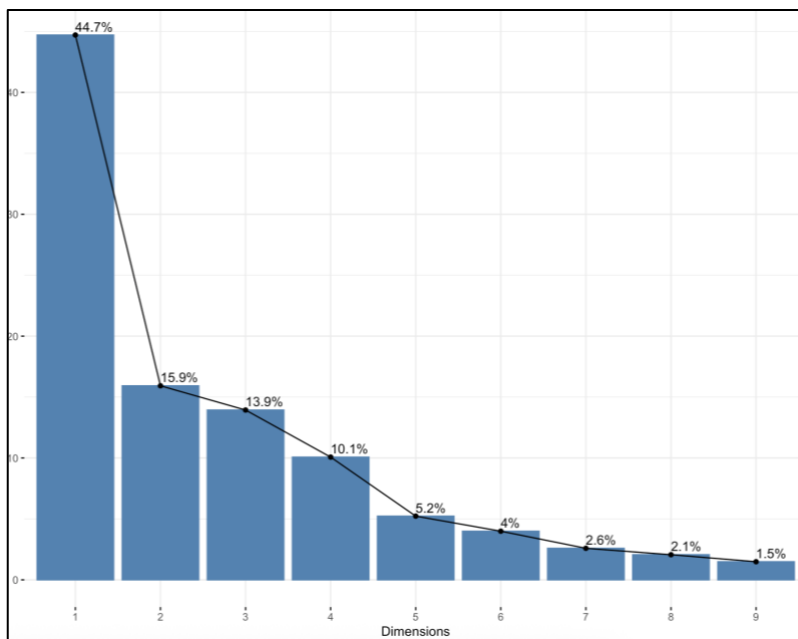
Pakartotinė analizė su likusiais devyniais indikatoriais (9 lentelė) pateikė bendrą $KMO = 0,71$, o Bartlett sferiškumo testas buvo statistiškai reikšmingas ($\chi^2 = 2388,6$; $p < 0,001$), todėl šių indikatorių rinkiniui PCA taikymas laikomas tinkamu.

3.3.2. Komponentių skaičius ir struktūra

Komponentių skaičius pasirinktas remiantis eigenverčių nuolydžių grafiku (angl. *Scree plot*), kuris pateiktas 4 paveiksle. Grafikas ieškoma aiškaus „alkūnės taško“, tačiau ryškiausias pastebimas po penktos komponentės. Kadangi penkių komponentų interpretacija būtų ypač sudėtinga siekiant išskirti aiškias struktūras, pasikliaunama taip pat ryškiu lūžiu pastebimu po trečios komponentės, kur trys palikti komponentai paaiškina 74,6% visos indikatorių dispersijos.

4 paveikslas.

Makroekonominių indikatorių pagrindinių komponentių eigenverčių nuolydžio grafikas (angl. Scree plot)



Šaltinis: sudaryta autorės pagal Eurostat duomenis

Pasirinktų trijų komponentių struktūra su stipriausiomis apkrovomis pateikiama 10 lentelėje, kur komponentės gali būti interpretuojamos, kaip:

- PC1 - Inovacijų ir žmogiškojo kapitalo sistema

Šią komponentę labiausiai formuoja su inovacijų kūrimu ir žinių akumuliacija susiję rodikliai: suaugusiųjų dalyvavimas mokantis visą gyvenimą ($APLP = 0,81$), MTEP išlaidos ($GERDP = 0,91$), vyriausybės galutinis vartojimas ($GCP = 0,79$) bei patentų paraiškos ($PATPM = 0,45$). Taip pat reikšminga ir skaitmeninio ryšio apkrova ($DCP = 0,41$). Ši komponentė atspindi šalies gebėjimą generuoti naujas žinias, investuoti į inovacijas ir palaikyti žmogiškojo kapitalo atsinaujinimą.

- PC2 - Institucinė ir švietimo infrastruktūra ($EDUP$, DCP , $PATPM$, neigiamai - MEP)

Antroji komponentė apjungiamą aukštojo išsilavinimo įgijimo rodikliu ($EDUP = 0,77$), patentų paraiškomis ($PATPM = 0,74$), skaitmeniniu ryšiu ($DCP = 0,53$) ir mokymosi visą gyvenimą indikatoriumi ($APLP = 0,44$). Tuo tarpu, gamybos pramonės užimtumo dalis pasižymi stipria neigiama apkrova ($MEP = -0,88$), kas leidžia interpretuoti šią komponentę kaip perėjimą nuo tradicinės pramonės struktūros prie žiniomis ir paslaugomis grįstos ekonomikos.

- PC3 - Demografinė-struktūrinė dimensija ($OADR$, neigiamai - $INVP$)

Trečiąją komponentę beveik pilnai formuoja senatvės priklausomybės santykis ($OADR = 0,77$) ir neigiama investavimo lygio apkrova ($INVP = -0,70$), taip pat prisideda skaitmeninio ryšio rodiklis ($DCP = 0,47$). Ši struktūra rodo, kad didėjantis visuomenės senėjimas dažnai siejasi su silpnesniu investiciniu aktyvumu, kas ilgalaikėje perspektyvoje gali riboti augimo potencialą.

10 lentelė.

Varimax rotuota PCA apkrovų matrica (apkrovos > 0,30)

Indikatoriai / Komponentai	PC1	PC2	PC3
EDUP	0.27	0.77	0.16
APLP	0.81	0.44	
GERDP	0.91	0.21	
PATPM	0.45	0.74	
INVP			-0.70
DCP	0.41	0.53	0.47
OADR			0.77
GCP	0.79		
MEP		-0.88	
<i>Eigen vertės</i>	<i>4.02</i>	<i>1.43</i>	<i>1.25</i>
<i>Paaiškinta dispersija</i>	<i>30.5%</i>	<i>28.4%</i>	<i>15.8%</i>

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

Šios trys suformuotos dimensijos ekonomiškai atitinka pagrindinius augimo teorijos blokus: technologinį potencialą, žinių sklaidos infrastruktūrą ir ilgalaikius demografinius apribojimus.

3.3.3. Latentinių veiksnių ir produktyvumo indeksų sąsajos: tarpvalstybinės ir vidinės dimensijos

Siekiant atskirti ilgalaikius struktūrinius skirtumus tarp šalių nuo vidinių pokyčių dinamikos, buvo apskaičiuotos trijų tipų koreliacijos tarp PCA komponentų ir bendrojo veiksnių produktyvumo (TFP): bendrosios (angl. *pooled*), tarpvalstybinės (angl. *between-country*) ir vidinės (angl. *within-country*)

11 lentelė.

Latentinių veiksnių koreliacija su TFP (angl. pooled, between ir within) ($p < 0,05$)*

Komponentė	Bendras TFP	Tarp šalių (between)	Šalies viduje (within)
Žmogiškasis kapitalas	–0,03	–0,22	0,46*
Inovacijos	0,17*	0,05	0,32*
Demografija	–0,05	0,13	–0,39*

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

Interpretuojant koreliacijos rezultatus pateiktus 11 lentelėje, matome, jog bendrosios koreliacijos rodo, kad inovacijų komponentas yra silpnai, bet statistiškai reikšmingai susijęs su TFP lygiu (0,17*). Tačiau žmogiškojo kapitalo ir demografijos komponentai neturi reikšmingo

ryšio TFP lygiui, kas leidžia manyti, kad inovacijos vidutiniškai siejamos su aukštesniu produktyvumu, tačiau šis teiginys nėra stipriai pagrįstas.

Išskaidžius bendrą dispersiją į tarp šalių ir vidinę, gauti rezultatai atskleidžia skirtingus struktūrinių veiksnių veikimo mechanizmus. Vertinant tarp šalių (angl. *between-country*) valstybių vidurkius nustatyta, kad inovacijų komponento ryšys su produktyvumu tampa statistiškai nereikšmingas, kaip ir visi kiti komponentų veiksniai. Tuo tarpu pašalinus šalių fiksuotus efektus ir analizuojant pokyčius šalių viduje gaunamas priešingas vaizdas, kur visi įverčiai fiksuojami kaip statistiškai reikšmingi. Žmogiškojo kapitalo komponentas yra stipriai ir teigiamai susijęs su TFP dinamika (0,46*), inovacijų komponentas taip pat reikšmingai koreliuoja su produktyvumo augimu (0,32*), o demografinė dimensija pasižymi neigiamu ryšiu (-0,39*). Šie rezultatai parodo, kad didėjant žmogiškajam kapitalui ir augant inovacijų veiksmui konkrečioje šalyje, produktyvumas statistiškai reikšmingai auga, tuo tarpu visuomenės senėjimas stabdo produktyvumo augimo tendencijas.

Pagal gautus rezultatus pastebima, kad inovacijos ir žmogiškasis kapitalas veikia kaip dinaminiai produktyvumo augimo varikliai, tačiau jų poveikis atsiskleidžia ne lyginant skirtingas šalis tarpusavyje, o analizuojant struktūrinius pokyčius šalių viduje.

Papildomai buvo vertinami latentinių komponentų ryšiai su visų tyrimo produktyvumo indeksų augimo tempais. Pagal 12 lentelėje pateiktus rezultatus nustatoma, kad struktūriniai veiksniai pasižymi stipriu šalių viduje pasireiškiančiu poveikiu produktyvumo dinamikai. Žmogiškojo kapitalo komponento pokyčiai yra reikšmingai susiję su TFP augimu (0,46*), bei su darbo produktyvumo augimu (0,30*). Tai rodo, kad investicijos į švietimą, gebėjimų ugdymą ir mokymąsi visą gyvenimą tiesiogiai prisideda prie produktyvumo didėjimo konkrečiose šalyse.

Inovacijų komponentas išsiskiria ypač stipriu ryšiu su darbo produktyvumo (*LP*) augimu (0,67*) bei reikšmingai koreliuoja su TFP (0,32*). Šį reiškinį galime interpretuoti, jog inovacijų poveikis pirmiausia pasireiškia per darbo efektyvumo didėjimą, o bendrojo veiksnių produktyvumo reakcija yra labiau netiesioginė ir pasireiškia su tam tikru laiko vėlavimu.

Paskutinė komponentė - demografinė dimensija pasižymi stipriu neigiamu ryšiu su TFP (-0,39*) ir darbo produktyvumo augimu (-0,46*). Tai statistiškai reikšmingai parodo, kad visuomenės senėjimas veikia kaip struktūrinė kliūtis produktyvumo augimui, ribojant tiek technologinę absorbciją, tiek darbo našumo didėjimą.

Svarbu pastebėti, kad nė vienas iš latentinių veiksnių neturi statistiškai reikšmingos sąsajos su kapitalo produktyvumo augimu (ΔKP). Tai parodo, kad sukonstruoti struktūriniai komponentai daugiausia atspindi darbo efektyvumo gerėjimą ir organizacinius bei žinių sklaidos procesus, o ne kapitalo gilinimo mechanizmus.

12 lentelė.

Latentinių komponentų koreliacijos su produktyvumo augimu (angl. within) ($p < 0,05$)*

Komponentė	ΔTFP	ΔLP	ΔKP
Žmogiškasis kapitalas	0,46*	0,30*	0,06
Inovacijos	0,32*	0,67*	-0,10
Demografija	-0,39*	-0,46*	-0,06

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

Apibendrinant, atlikta PCA analizė empiriškai pagrindžia, kad ES produktyvumo dinamika yra struktūriškai veikiama trijų tarpusavyje išskiriamų dimensijų: žmogiškojo kapitalo, inovacijų infrastruktūros ir demografinių apribojimų. Šie veiksniai bus naudojami paaiškinti ne tik šalių skirtumus, bet ir produktyvumo augimo mechanizmus, kurie nagrinėjami PVAR modelyje tolimesnėje tyrimo eigoje.

3.4. Faktorių analizės (FA) rezultatai

Šioje darbo dalyje pateikiami makroekonominių indikatorių faktorių analizės rezultatai, kuriais siekiama identifikuoti pagrindines latentines struktūrines dimensijas, lemiančias šalių produktyvumo potencialą. Faktorių analizė taikoma remiantis 3.3 skyriuje gautais PCA rezultatais, siekiant sumažinti daugiakolinearumo riziką ir sukonstruoti kompaktiškus struktūrinius indeksus tolimesniam PVAR modeliavimui.

3.4.1. Indikatorių atranka ir pašalinimai

Pirminėje specifikacijoje buvo įtraukti 11 makroekonominių indikatorių. Tačiau KMO diagnostika parodė, kad *FDIP* ir *TO* silpnai siejasi su bendra koreliacine struktūra, todėl jie buvo pašalinti dar PCA etape. Pakartotinė analizė su 9 indikatoriais pateikė bendrą $KMO = 0,71$, o tai rodo tinkamą duomenų struktūrą faktorių analizei. Vis dėlto Investavimo lygio (*INVP*) kintamasis pasižymėjo itin dideliu unikalumu ($u^2 = 0,886$) ir labai mažu komunalitetu ($h^2 < 0,2$), todėl buvo panaikintas iš galutinio FA modelio.

3.4.2. FA trijų faktorių modelio rezultatai

Faktorių analizė atlikta taikant maksimalaus tikėtino metodo su Varimax rotacija. Identifikuoti trys faktoriai, kurie kartu paaiškina apie 69 % visos pradinių kintamųjų dispersijos, kas laikoma aukštu paaiškinamosios galios lygiu makroekonominiuose paneliniuose duomenyse. Atlikta komunalitetų analizė (13 lentelė) pateikia, kad dauguma indikatorių yra gerai paaiškinami latentinėmis struktūromis, ypač edukacijos *EDUP* ir patentų paraiškų skaičius *PATPM* ($h^2 \approx 0,995$) kintamieji. Silpniausiu ryšiu išsiskiria senatvės priklausomybės santykio indikatorius *OADR* ($h^2 = 0,245$), tačiau jis paliekamas dėl aiškos teorinės reikšmės demografinėje dimensijoje.

13 lentelė.

Makroekonominių indikatorių komunalitetai (h^2) po faktorinės analizės

Kintamasis	h^2
EDUP	0.995
APLP	0.765
GERDP	0.879
PATPM	0.995
DCP	0.514
OADR	0.245
GCP	0.561
MEP	0.569

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

Remiantis galutine rotuotų apkrovų struktūra pateikta 14 lentelėje, identifikuojami trys ekonomiškai prasmingi faktoriai:

- F1 - Žmogiškojo kapitalo ir viešųjų išteklių faktorius. Didžiausias apkrovas šiame faktoriuje turi Aukštojo išsilavinimo įgijimas (*EDUP*, 0,977), Vyriausybės galutinis vartojimas (*GCP*, 0,747) ir Skaitmeninis ryšys (*DCP*, 0,595), o Gamybos pramonės užimtumo dalis (*MEP*, -0,650) pasižymi neigiama apkrova. Tai rodo, kad faktorius apibūdina šalių gebėjimą investuoti į žmogiškąjį kapitalą, viešąją infrastruktūrą ir skaitmeninį ryšį, kartu atspindėdamas struktūrinę perėjimą nuo pramonės prie žinių ekonomikos.
- F2 - Inovacijų ir technologinės pažangos faktorius. Šiame faktoriuje dominuoja *MTEP* išlaidos (*GERDP*, 0,906), Patentų aplikacijos (*PATPM*, 0,794) ir Suaugusių asmenų dalyvavimas mokantis visą gyvenimą (*APLP*, 0,740). Šis indikatorių blokas apima pagrindinius inovacijų sistemos elementus ir apibūdina ilgalaikį technologinį potencialą.
- F3 - Demografinė struktūra. Šį faktorių beveik vienvaldiškai formuoja Senatvės priklausomybės santykis (*OADR*, 0,689), todėl jis interpretuojamas kaip demografinio senėjimo ir su tuo susijusio darbo pasiūlos spaudimo rodiklis.

14 lentelė

Rotuotų faktorių apkrovos (Varimax) (rodomos tik apkrovos > 0,30)

Kintamieji/Faktoriai	F1	F2	F3
EDUP	0.977		
APLP	0.404	0.740	
GERDP	0.217	0.906	
PATPM	0.429	0.794	
DCP	0.595	0.397	
OADR			0.689
GCP	0.747		
MEP	-0.650	-0.383	

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

Šie trys faktoriai sudaro kompaktišką ir ekonomiškai interpretuojamą struktūrinių veiksnių sistemą, kuri bus toliau naudojama dinaminėse PVAR regresijose, siekiant įvertinti, kaip žmogiškojo kapitalo, inovacijų ir demografiniai pokyčiai veikia produktyvumą bei jo augimo dinamiką laike.

3.5. Dinaminio panelinio VAR (PVAR) analizės rezultatai

Šioje dalyje nagrinėjamas dinaminis ryšys tarp darbo produktyvumo augimo (LPG) ir identifikuotų latentinių struktūrinių veiksnių: žmogiškojo kapitalo ($\Delta HumCap$), inovacijų ($\Delta Innov$) ir demografinių pokyčių ($\Delta Demo$). Analizė atliekama taikant panelinį VAR modelį, leidžiantį vienu metu identifikuoti abipusius priežastinius ryšius ir įvertinti struktūrinių šokų poveikio dinamiką.

3.5.1. Aprašomoji statistika

15 lentelėje pateikiama pagrindinių PVAR kintamųjų aprašomoji statistika, kur vidutinis darbo produktyvumo augimas (LPG) nagrinėjamu laikotarpiu siekia 1,48 proc., tačiau standartinis nuokrypis (2,78) rodo didelę sklaidą tarp šalių ir laikotarpių, kas patvirtina reikšmingą ES šalių produktyvumo dinamikos skirtumus.

Modelyje naudojamų latentinių veiksnių pirmieji skirtumai pasižymi nedidelėmis vidutinėmis reikšmėmis, tačiau jų variacija yra pakankama identifikuoti struktūrinius šokus: žmogiškojo kapitalo ir inovacijų augimo tempai yra teigiami, o demografinio faktoriaus neigiamas, kas jau aprašomajame lygmenyje leidžia įžvelgti potencialų senėjimo spaudimą produktyvumo dinamikai.

15 lentelė.

PVAR modelio kintamųjų aprašomoji statistika

Kintamasis	Vidurkis	Stand. Nuokrypis	Median	Min reikšmė	Max reikšmė
Darbo produktyvumo augimas (<i>LPG</i>)	1.48	2.78	1.13	-7.02	19.05
Žmogiškojo kapitalo augimo tempas (<i>dHumCap</i>)	0.02	0.12	0.02	-0.53	0.54
Inovacijų augimo tempas (<i>dInnov</i>)	0.08	0.12	0.08	-0.68	0.99
Demografinio faktoriaus augimo tempas (<i>dDemo</i>)	-0.04	0.19	-0.04	-1.53	1.45

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

3.5.2. Bazinis PVAR(1) modelis

Bazinis PVAR(1) modelis, įvertintas dviejų žingsnių GMM metodu su FOD transformacija, pateiktas 16 Lentelėje. Hansen J-testo p -reikšmė ($p = 0,641$) leidžia neatmesti nulinės hipotezės apie instrumentų egzogeniškumą, todėl instrumentų rinkinys laikomas tinkamu tolimesniam tyrimui tęsti.

16 lentelė.

Bazinio PVAR(1) modelio LPG lygties rezultatai (two-step GMM)

Regresorius	Koeficientas	Stand. Paklaida
lag1_dDemo	-0.5474	0.4957
lag1_dHumCap	3.0379	1.8725
lag1_dInnov	0.9409	1.3001
lag1_LPG	0.2081*	0.0968

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

Pagrindiniai modelio nustatomi veiksniai, vertinant darbo produktyvumo augimo lygtį:

- ankstesnio laikotarpio *LPG* koeficientas yra teigiamas ir statistiškai reikšmingas (0,208; $p < 0,05$), kas rodo ryškų inercijos efektą, kadangi produktyvumo šokai trumpuoju laikotarpiu turi tęstinį poveikį;
- žmogiškojo kapitalo ir inovacijų augimo tempai turi teigiamą, tačiau statistiškai nereikšmingą poveikį, kas leidžia daryti išvadą, kad šių veiksnių efektas nėra momentinis;
- demografinio faktoriaus koeficientas yra neigiamas, tačiau taip pat nereikšmingas.

3.5.3. Robustiškumo patikra formuojant PVAR(2)

Siekiant įvertinti rezultatų stabilumą, buvo įvertintas PVAR(2) modelis naudojant vieno žingsnio GMM metodą (17 Lentelė).

17 lentelė

PVAR(2) modelio LPG lygties rezultatai (one-step GMM)

Regresorius	Koeficientas	Stand. Paklaida
lag1_dDemo	-0.9406*	0.4012
lag1_dHumCap	4.0359*	1.5845
lag1_dInnov	2.9547	3.0319
lag1_LPG	0.1601	0.1449
lag2_dDemo	-1.2156	0.6650
lag2_dHumCap	2.7690	1.5920
lag2_dInnov	4.7832	2.8745
lag2_LPG	-0.0271	0.0993

Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

PVAR(2) modelio rezultatai rodo, kad įtraukus antrąjį vėlinimą išryškėja aiškesni struktūriniai ryšiai:

- pirmojo vėlavimo demografinio faktoriaus koeficientas (*lag1_dDemo*) tampa neigiamas ir statistiškai reikšmingas ($-0,94$), kas patvirtina, kad visuomenės senėjimas reikšmingai slopina darbo produktyvumo augimą;
- žmogiškojo kapitalo augimas (*lag1_dhumCap*) tampa teigiamas ir statistiškai reikšmingas ($4,04$; $p < 0,05$), kas rodo, jog investicijos į žinias turi statistiškai pastebimą trumpalaikį poveikį produktyvumo dinamikai;
- inovacijų augimo koeficientai išlieka teigiami, tačiau trumpuoju laikotarpiu išlieka nereikšmingi, kas leidžiant manyti, kad jų poveikis potencialiai realizuojasi per ilgesnį horizontą.

Visų PVAR(2) modelio sisteminių matricių tikrinių reikšmių moduliai buvo mažesni nei 1, todėl sistema laikoma stabili, tad galime formuoti impulso-atsako funkcijas.

3.5.4. Impulso-atsako funkcijos (IRF)

Remiantis PVAR(2) modelio įverčiais sugeneruotos impulsinio atsako funkcijos leidžia įvertinti, kaip struktūriniai šokai veikia darbo produktyvumo augimą per šešerių metų horizontą. Gauti rezultatai rodo aiškius laiko vėlavimus ir nevienodą skirtingų veiksnių poveikio dinamiką.

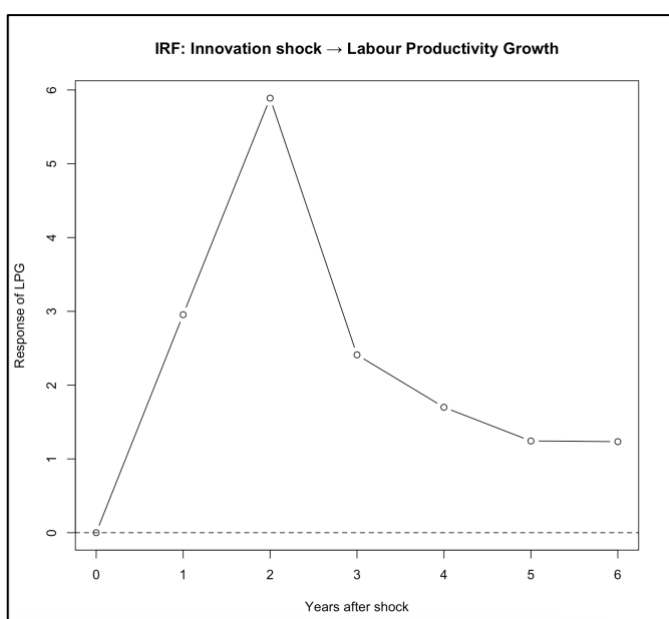
5 paveiksle pateiktas inovacijų šokas nesukelia momentinės reakcijos, nes matome darbo produktyvumo augimas išlieka beveik nepakitęs pirmaisiais metais, tačiau antraisiais metais fiksuojamas ryškus teigiamas efektas, pasiekiantis didžiausią reikšmę. Vėlesniais metais šis poveikis palaipsniui silpnėja, tačiau išlieka teigiamas iki pat laikotarpio pabaigos. Tai patvirtina

prielaidą, kad inovacijų investicijos veikia produktyvumą su laiko vėlavimu, nes technologinių sprendimų diegimas, organizaciniai pokyčiai ir jų difuzija ekonomikoje reikalauja laiko.

Tiriamas žmogiškojo kapitalo šokas (6 paveikslas) pasižymi greitesniu ir stipresniu poveikiu. Darbo produktyvumo augimas reikšmingai padidėja jau pirmaisiais metais po šoko, aukščiausią lygį pasiekia per pirmuosius dvejus metus, o vėliau poveikis palaipsniui mažėja, tačiau išlieka teigiamas per visą šešerių metų laikotarpį. Tai rodo, kad investicijos į švietimą ir įgūdžių plėtrą turi tiek trumpalaikį, tiek vidutinio laikotarpio teigiamą efektą, o jų nauda realizuojasi greičiau nei inovacijų atveju.

5 paveikslas.

Inovacijų šoko poveikis darbo produktyvumo augimui (IRF)

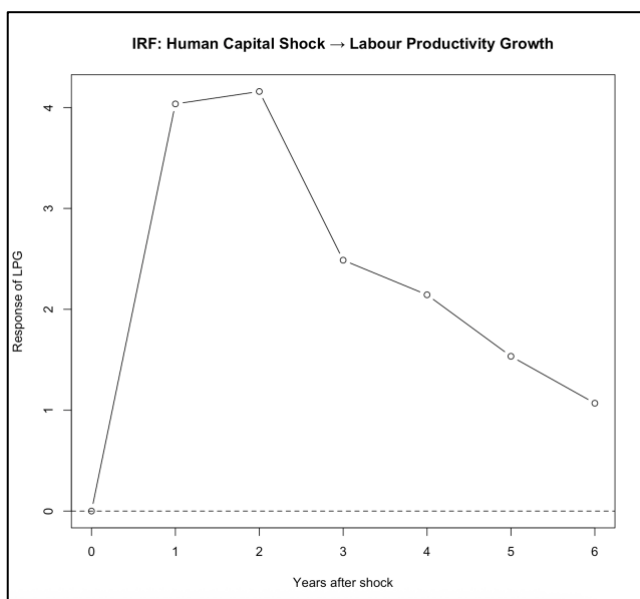


Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

Priešingai, demografinis šokas, kitaip suprantamas kaip visuomenės senėjimo ar nepalankių demografinių pokyčių pagreitinėjimas, lemia neigiamą darbo produktyvumo reakciją, kuri matoma 7 paveiksle. Pirmaisiais dvejais metais fiksuojamas ryškus produktyvumo augimo sulėtėjimas, kuris pasiekia minimumą antraisiais metais, o vėliau palaipsniui nyksta ir artėja prie nulio. Tai leidžia teigti, kad demografinis spaudimas veikia kaip trumpalaikis stabdis produktyvumui, kurio neigiamas poveikis laikui bėgant susilpnėja, tačiau trumpuoju laikotarpiu gali reikšmingai riboti ekonomikos augimo potencialą.

6 paveikslas

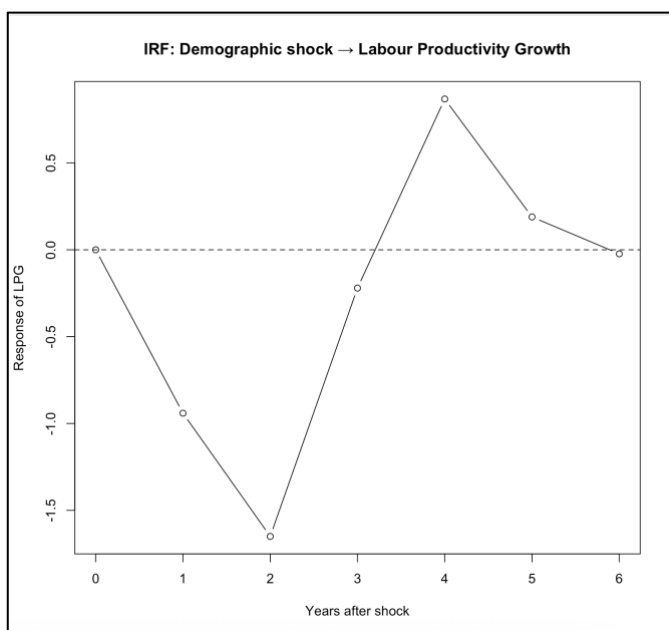
Darbo produktyvumo augimo impulsinis atsakas į žmogiškojo kapitalo šoką



Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

7 paveikslas.

Darbo produktyvumo augimo impulsinis atsakas į demografinį šoką



Šaltinis: sudaryta autorės pagal tyrime naudotus duomenis

Apibendrinant, PVAR atliktas modelis ir analizė atskleidžia, kad struktūriniai veiksniai veikia produktyvumą ne momentiška, o dinamiškai. Žmogiškojo kapitalo ir inovacijų šokai turi teigiamą, bet laike išsisklaidantį poveikį darbo produktyvumo augimui, o demografiniai pokyčiai veikia priešinga kryptimi, taip trumpuoju laikotarpiu mažindami produktyvumo dinamiką. Šie rezultatai empiriškai pagrindžia teorinę prielaidą, jog produktyvumo augimas Europos šalyse yra ilgalaikių struktūrinių investicijų rezultatas, o ne trumpalaikių ciklinių svyravimų pasekmė.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Atlikta mokslinės literatūros analizė atskleidė, kad Europos Sąjungos (ES) šalių produktyvumo atotrūkis nuo technologinės galimybių ribos yra nulemtas ne gamybos veiksmų kiekio, o lėtos inovacijų difuzijos ir ryškaus struktūrinio heterogeniškumo. Tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad Vidurio ir Rytų Europos šalims būdingas konvergencijos modelis, grįstas pigia darbo jėga ir tiesioginėmis užsienio investicijomis, yra išsisėmęs. Todėl perėjimas prie tvariu bendruoju veiksmų produktyvumu (TFP) grįsto augimo reikalauja kokybinio struktūrinio persitvarkymo, kurio fiksavimas makroekonominio lygmeniu reikalauja kompleksinių latentinių rodiklių sintezės.

Tyrimo metu atlikta hibridinė Ward.D2 klasterizacija atskleidė reikšmingą ES produktyvumo struktūros transformaciją per analizuojamą laikotarpį. Nustatyta, kad 2000 - 2007 m. dominavo klasikinė „branduolio-periferijos“ sistema (2 pagrindiniai klasteriai). Vis dėlto po 2014 m. ir ypač COVID-19 pandemijos laikotarpiu (2020 - 2024 m.), ši struktūra tapo gerokai labiau fragmentuota - susiformavo net šeši skirtingi produktyvumo režimai. Tai rodo, kad bendra ES rinka ir konvergencijos politika nesumažino struktūrinio nevienodumo tarp šalių, bet kriziniai šokai dar labiau išryškino jų gebėjimus adaptuotis prie technologinių ir ekonominių pokyčių.

Atliktas produktyvumo režimų ir struktūrinių indikatorių atitikimo vertinimas (naudojant Koreguotą Rando indeksą – ARI) atskleidė vadinamąjį „produktyvumo paradoksą“. Tyrimo rezultatai parodė, kad šalių priklausymas konkrečiam produktyvumo režimui yra praktiškai nepriklausomas nuo jų einamojo laikotarpio struktūrinių rodiklių lygio (ARI reikšmės artimos nuliui). Šis rezultatas empiriškai pagrindžia, kad inovacijų, žmogiškojo kapitalo ar skaitmenizacijos lygis trumpuoju laikotarpiu neatsispindi faktiniuose produktyvumo indeksuose. Šį neatitikimą galima sieti su institucinių veiksmų poveikiu bei reikšmingais laiko vėlavimais tarp investicijų į struktūrinius pokyčius ir jų realios ekonominės grąžos.

Pasitelkus pagrindinių komponentų (PCA) ir faktorinę analizę (FA), pavyko susintetinti devynis makroekonominis indikatorius į tris stabilias latentines dimensijas: žmogiškojo kapitalo ir viešųjų išteklių, inovacijų ir technologinės pažangos bei demografinio spaudimo faktorių. Atlikta koreliacinė dekompozicija patvirtino, kad tarpvalstybiniu lygmeniu (angl. *between-country*) ryšys tarp struktūrinių veiksmų ir produktyvumo išlieka silpnas. Tačiau šalių viduje (angl. *within-country*) struktūriniai pokyčiai turi reikšmingą poveikį produktyvumo dinamikai, kas pagrindė dinaminių panelinių modelių taikymą.

Dinaminio panelinio VAR (PVAR) modelio rezultatai atskleidė, kad darbo produktyvumo augimas pasižymi reikšminga inercija ir yra jautrus struktūriniais šokams. Tyrimas parodė, jog žmogiškojo kapitalo akumuliacija turi stipriausią ir stabiliausią teigiamą poveikį produktyvumui visame šešerių metų prognozės horizonte. Priešingai, demografiniai šokai, susiję su visuomenės

senėjimu, veikia kaip reikšmingas neigiamas faktorius - jų poveikis produktyvumui yra stipriausias antraisiais metais po šoko. Tai patvirtina neigiamą demografinės struktūros kaitos įtaką ES augimo potencialui, nors šio poveikio mastas gali skirtis tarp atskirų valstybių.

Impulso-atsako funkcijų (IRF) analizė parodė, kad inovacijų šokų poveikis produktyvumui pasižymi „adaptaciniu vėlavimu“ (*lag*) – teigiamas efektas išryškėja tik po 1-2 metų. Tai leidžia teigti, kad investicijos į MTEP ar patentinę veiklą reikalauja laiko technologiniam įsisavinimui ir organizaciniams pokyčiams įgyvendinti. Dėl šios priežasties trumpalaikis jų vertinimas gali pateikti klaidingas išvadas apie reformų efektyvumą.

Rekomendacijos ir Apribojimai

Rekomendacijos politikos formavimui

Atsižvelgiant į tai, kad žmogiškojo kapitalo faktorius pasižymėjo stabiliausiu teigiamu poveikiu darbo produktyvumui, ES struktūrinė parama turėtų būti labiau orientuota ne į fizinio kapitalo plėtrą, o į aukštos pridėtinės vertės įgūdžių formavimą ir visą gyvenimą trunkantį mokymąsi. Tai gali būti efektyviausia priemonė amortizuoti neigiamus demografinius šokus, kurie šiame tyrime identifikuoti kaip vienas pagrindinių produktyvumo stabdžių.

Rekomendacijos investicijų strategijoms

Kadangi inovacijų poveikis pasižymi vėlavimu, investicinės programos turėtų būti vertinamos ne pagal metinius rezultatus, o pagal vidutinės trukmės (3-5 metų) ciklus, numatant „technologinės adaptacijos“ laikotarpį.

Tyrimo pagrindiniai apribojimai

Šis tyrimas vertino agreguotus nacionalinio lygmens rodiklius, todėl ateities tyrimuose tikslinga atlikti detalesnę sektorinę analizę, atskiriant, pavyzdžiui, aukštųjų technologijų gamybą nuo paslaugų sektoriaus. Be to, siekiant giliau paaiškinti identifikuotą „produktyvumo paradoksą“, rekomenduojama į modelį integruoti institucinės kokybės (valdymo efektyvumo, korupcijos lygio) rodiklius, kaip galimus moderuojančius veiksnius.

Tolesnės rekomenduojamos tyrimo kryptys

Tolimesni tyrimai galėtų apimti netiesinių sąryšių analizę, pavyzdžiui, taikant kvantilių regresiją, siekiant nustatyti, ar žmogiškojo kapitalo ir inovacijų poveikis produktyvumui išlieka vienodai stiprus tiek technologinę sieną pasiektuose, tiek besivejančiose ekonomikose.

ŠALTINIAI

- Abramovitz, M. (1956). Resource and output trends in the United States since 1870. *American Economic Review*, 46(2), 5-23.
- Acemoglu, D., & Johnson, S. (2023). *Power and progress: Our thousand-year struggle over technology and prosperity*. New York: PublicAffairs. Prieiga internetu: [https://samataindia.org.in/data/books/Power-and-Progress-Our-Thousand-Year-Struggle-Over-Technology-and-Prosperity-\(Daron-Acemoglu-Simon-Johnson\)-\(Z-Library\).pdf](https://samataindia.org.in/data/books/Power-and-Progress-Our-Thousand-Year-Struggle-Over-Technology-and-Prosperity-(Daron-Acemoglu-Simon-Johnson)-(Z-Library).pdf) (žiūrėta 2025-06-05)
- Acemoglu, D., Johnson, S., & Robinson, J. A. (2005). Institutions as a fundamental cause of long-run growth. In P. Aghion & S. Durlauf (Eds.), *Handbook of Economic Growth*(Vol. 1A, 385-472). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01006-3](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01006-3)
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351. <https://doi.org/10.2307/2951599>
- Aghion, P., & Howitt, P. (2007). *Capital, innovation, and growth accounting*. Oxford Review of Economic Policy, 23(1), 79-93. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grm007>
- Aghion, P., & Howitt, P. (2009). *The economics of growth*. MIT Press, Cambridge.
- Aksoy, Yunus, Henrique S. Basso, Ron P. Smith, and Tobias Grasl.(2019) Demographic Structure and Macroeconomic Trends. *American Economic Journal: Macroeconomics* 11(1), 193-222. <https://doi.org/10.1257/mac.20170114>
- Andrews, D., Criscuolo, C., & Gal, P. N. (2016). The global productivity slowdown, technology divergence and public policy: A firm-level perspective. *OECD Productivity Working Papers*, No. 2. OECD Publishing. Prieiga internetu: <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/08/andrews-et-al.pdf> (Žiūrėta 2025-12-29)
- Andrews, D., & Petroulakis, F. (2019). Breaking the shackles: Zombie firms, weak banks and depressed restructuring in Europe. *Working Paper Series 2240*, European Central Bank. Prieiga internetu: <https://ideas.repec.org/p/ecb/ecbwps/20192240.html> (Žiūrėta 2025-11-10)
- Antràs, P., & Chor, D. (2021). Global value chains, *NBER Working Paper Series*(28549). <http://www.nber.org/papers/w28549>

- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*, 68(1), 29-51. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01642-D](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01642-D)
- Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173. <https://doi.org/10.2307/2295952>
- Autor, D., Mindell, D. A., & Reynolds, E. (2022). The work of the future: Building better jobs in an age of intelligent machines. *MIT Task Force on the Work of the Future Working Paper*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/14109.001.0001>
- Barro, R. J. (2001). Human capital and growth. *American Economic Review*, 91(2), 12-17. <https://doi.org/10.1257/aer.91.2.12>
- Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic growth* (2nd ed.). MIT Press.
- Bartel, A. P., Ichniowski, C., & Shaw, K. L. (2007). How does information technology affect productivity? Plant-level comparisons of product innovation, process improvement, and worker skills. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(4), 1721-1758. <https://doi.org/10.1162/qjec.2007.122.4.1721>
- Basile, R., Capello, R., & Caragliu, A. (2012). Technological interdependence and regional growth in Europe: Proximity and synergy in knowledge spillovers. *Papers in Regional Science*, 91(4), 697-723. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2012.00438.x>
- Benhabib, J., & Spiegel, M. M. (1994). The role of human capital in economic development: Evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, 34(2), 143-173. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(94\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(94)90047-7)
- Bloom, N., & Van Reenen, J. (2007). Measuring and explaining management practices across firms and countries. *Quarterly Journal of Economics*, 122(4), 1351-1408. <https://doi.org/10.1162/qjec.2007.122.4.1351>
- Bloom, N., & Van Reenen, J. (2011). Human resource management and productivity. In O. Ashenfelter & D. Card (Eds.), *Handbook of Labor Economics* (Vol. 4B, 1697-1767). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)02417-8](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)02417-8)

- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2019). Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (pp. 23-57). University of Chicago Press.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2021). The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies" *American Economic Journal: Macroeconomics* 13 (1), 333-372. <https://doi.org/10.1257/mac.20180386>
- Byrne, D. M., Fernald, J. G., & Reinsdorf, M. B. (2016). Does the United States have a productivity slowdown or a measurement problem? *Brookings Papers on Economic Activity*, 2015(1), 347-366. <https://doi.org/10.1353/eca.2016.0007>
- Calderón, C., & Servén, L. (2010). Infrastructure and economic development in Sub-Saharan Africa. *Journal of African Economies*, 19(suppl_1), 13-87. <https://doi.org/10.1093/jae/ejp022>
- Canova, F., & Ciccarelli, M. (2013). Panel vector autoregressive models: A survey. *Advances in Econometrics*, 31, 205–246. [https://doi.org/10.1108/S0731-9053\(2013\)0000031013](https://doi.org/10.1108/S0731-9053(2013)0000031013)
- Cette, G., Fernald, J., & Mojon, B. (2016). The pre-Great Recession slowdown in productivity. *European Economic Review*, 88, 3-20. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2016.03.012>
- Chew, W. 1988. No-nonsense guide to measuring productivity, *Harvard Business Review* 66(1): 110-118. Prieiga internetu: https://flingdiet.com/web-content/hwbfiles/140-17no-nonsense10864a_132.pdf (Žiūrėta 2024-12-20)
- Comin, D., & Mestieri, M. (2018). If technology has arrived everywhere, why has income diverged? *American Economic Journal: Macroeconomics*, 10(3), 137-178. <https://doi.org/10.1257/mac.20150175>
- Corrado, C., Haskel, J., Jona-Lasinio, C., & Iommi, M. (2024). Intangible investment in the EU and US before and since the Great Recession and its contribution to productivity growth *Journal of Infrastructure Policy and Development* 2(1). <https://doi.org/10.24294/jipd.v2i1.205>
- Corrado, C., Hulten, C., & Sichel, D. (2009). *Intangible capital and economic growth*. Review of Income and Wealth, 55(3), 661-685. Prieiga internetu: https://www.conference-board.org/pdf_free/IntangibleCapital_US_Economy.pdf (Žiūrėta 2024-12-20)

- David, P. A. (1990). The dynamo and the computer: An historical perspective on the modern productivity paradox. *American Economic Review*, 80(2), 355-361. Prieiga internetu: <https://www.almendron.com/tribuna/wp-content/uploads/2018/03/the-dynamo-and-the-computer-an-historical-perspective-on-the-modern-productivity-paradox.pdf> (Žiūrėta 2025-12-03)
- Deming, D. J., & Noray, K. (2020). Earnings dynamics, changing job skills, and STEM careers. *Quarterly Journal of Economics*, 135(4), 1965-2005. <https://doi.org/10.1093/qje/qjaa021>
- Denison, E. F. (1967). *Why growth rates differ: Postwar experience in nine Western countries*. Brookings Institution. Prieiga internetu: <https://www.federalreserve.gov/pubs/rfd/1967/628/rfd628.pdf> (Žiūrėta 2025-01-06)
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4(3), 272-299. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.4.3.272>
- Fagerberg, J., & Verspagen, B. (2002). Technology-gaps, innovation-diffusion and transformation: An evolutionary interpretation. *Research Policy*, 31(8-9), 1291-1304. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00064-1)
- Giannone, D., Reichlin, L., & Small, D. (2008). Nowcasting: The real-time informational content of macroeconomic data. *Journal of Monetary Economics*, 55(4), 665-676. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2008.05.010>
- Goldin, I., Koutroumpis, P., Lafond, F., Rochowicz, N., & Winkler, J. (2021). Why is productivity slowing down? *Oxford Martin Working Paper Series on Economic and Technological Change (2021-6)*, 1-81. Prieiga internetu: <https://oms-www.files.svdcdn.com/production/downloads/academic/ProductivitySlowdown.pdf> (Žiūrėta 2025-12-03)
- Gopinath, G., Kalemli-Özcan, Ş., Karabarbounis, L., & Villegas-Sanchez, C. (2017). Capital allocation and productivity in South Europe. *Quarterly Journal of Economics*, 132(4), 1915-1967. <https://doi.org/10.1093/qje/qjx024>
- Gordon, R. J. (2012). Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds. *NBER Working Paper No. 18315*. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w18315>

- Grieveson, R., Bykova, A., Hanzl-Weiss, D., Hunya, G., Korpar, N., Podkaminer, L., Stehrer, R., & Stöllinger, R. (2021). *Avoiding a trap and embracing the megatrends: Proposals for a new growth model in EU-CEE* (wiiw Research Report No. 458). Vienna: The Vienna Institute for International Economic Studies. Prieiga internetu: <https://wiiw.ac.at/how-do-economies-in-eu-cee-cope-with-labour-shortages-p-5641.html> (žiūrėta 2025-12-10)
- Hall, R. E., & Jones, C. I. (1999). Why do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker than Others? *The Quarterly Journal of Economics*, 114(1), 83-116. <https://doi.org/10.1162/003355399555954>
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2020). *The economic impacts of learning losses*. OECD Education Working Papers No. 225. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/19939019>
- Haskel, J., & Westlake, S. (2018). *Capitalism without capital: The rise of the intangible economy*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Herrendorf, B., Rogerson, R., & Valentinyi, Á. (2014). Growth and structural transformation. *NBER Working Paper Series*(18996), 855-941. <http://www.nber.org/papers/w18996>
- Holtz-Eakin, D., Newey, W., & Rosen, H. S. (1988). Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica*, 56(6), 1371-1395. <https://doi.org/10.2307/1913103>
- Hou, Y. (2018). *Research and Implementation of Hybrid Clustering Algorithm in Big Data Processing*. <https://doi.org/10.2991/tlicsc-18.2018.54>
- Hsieh, C.T., & Klenow, P. J. (2009). Misallocation and manufacturing TFP in China and India. *Quarterly Journal of Economics*, 124(4), 1403-1448. <https://doi.org/10.1162/qjec.2009.124.4.1403>
- Hulten, C. R. (2001). Total factor productivity: A short biography. In C. R. Hulten, E. R. Dean, & M. J. Harper (Eds.), *New developments in productivity analysis* (pp. 1-54). Chicago, IL: University of Chicago Press. Prieiga internetu: <https://www.nber.org/system/files/chapters/c10122/c10122.pdf> (Žiūrėta 2024-12-20)
- Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2013). *University of Groningen & University of California, Davis*, manuscript. https://www.rug.nl/ggdc/docs/capital_labor_and_tfp_in_pwt80.pdf

- Javorcik, B. S. (2004). Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages. *American Economic Review*, 94(3), 605-627. <https://doi.org/10.1257/0002828041464605>
- Jones, C. I. (2016). The Facts of Economic Growth. *Handbook of Macroeconomics*, (3-69). <https://doi.org/10.1016/bs.hesmac.2016.03.002>
- Jorgenson, D. W., & Griliches, Z. (1967). The explanation of productivity change. *The Review of Economic Studies*, 34(3), 249-283. <https://doi.org/10.2307/2296675>
- Jorgenson, D. W., & Vu, K. (2016). The ICT revolution, world economic growth, and policy issues. *Telecommunications Policy*, 40(5), 383-397. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.01.002>
- Khan, H., Dong, Y., Bibi R., Khan I. (2023). Institutional Quality and Foreign Direct Investment: Global Evidence. *Journal of the Knowledge Economy* 15(3), 10547-10591. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01508-1>
- Kohli, U. (2015). Explaining total factor productivity. *University of Geneva, Department of Economics Working Paper*. Prieiga internetu: https://www.researchgate.net/publication/354735647_Explaining_Total_Factor_Productivity (Žiūrėta 2025-12-23)
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Maestas, N., Mullen, K. J., & Powell, D. (2023). The effect of population aging on economic growth, the labor force and productivity. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 15(2), 306-332. <https://doi.org/10.1257/mac.20190196>
- Männasoo, K., Hein, H., & Ruubel, R. (2018). The contributions of human capital, R&D spending and convergence to total factor productivity growth. *Regional Studies*, 52(12), 1598-1611. <https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1445848>
- McGowan, M. A., & Andrews, D. (2015). *Skill mismatch and public policy in OECD countries*. OECD Economics Department Working Papers No. 1210. OECD Publishing. <https://dx.doi.org/10.1787/5js1pzw9lnwk-en>

- OECD. (2001). *Measuring Productivity - OECD Manual: Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth*. Paris: OECD Publishing. Prieiga internetu: <https://doi.org/10.1787/9789264194519-en> (Žiūrėta 2025-12-10).
- OECD. (2016). *OECD Compendium of Productivity Indicators 2016*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/pdtvy-2016-en>
- OECD. (2021). *Strengthening Economic Resilience Following the COVID-19 Crisis*. OECD Publishing. Prieiga Internetu: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/07/strengthening-economic-resilience-following-the-covid-19-crisis_60546584/2a7081d8-en.pdf (Žiūrėta 2025-12-15)
- OECD. (2024). *OECD productivity and innovation outlook 2024*. OECD Publishing. Prieiga internetu: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/05/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-1_d30a04c9/a1689dc5-en.pdf (Žiūrėta 2025-11-16)
- Peri, G. (2012). The effect of immigration on productivity: Evidence from U.S. states. *Review of Economics and Statistics*, 94(1), 348-358. https://doi.org/10.1162/REST_a_00137
- Prescott, E. C. (1998). Needed: A theory of total factor productivity. *International Economic Review*, 39(3), 525-551. <https://doi.org/10.2307/2527389>
- Rodrik, D. (2016). Premature deindustrialization. *Journal of Economic Growth*, 21(1), 1-33. <https://doi.org/10.1007/s10887-015-9122-3>
- Rodrik, D., Subramanian, A., & Trebbi, F. (2004). Institutions rule: The primacy of institutions over geography and integration in economic development. *Journal of Economic Growth*, 9(2), 131-165. <https://doi.org/10.1023/B:JOEG.00000031425.72248.85>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), 71-102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Schreyer, P. & Zinni, M. B. (2021). Productivity Measurement, R&D Assets, and Mark-Ups in OECD Countries, *Review of Income and Wealth, International Association for Research in Income and Wealth*, 67(4), 787-809. <https://doi.org/10.1111/roiw.12492>

- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320. <https://doi.org/10.2307/1926047>
- Stiglitz, J. E. (2024). *The road to freedom: Economics and the good society*. W. W. Norton & Company.
- Syverson, C. (2011). What Determines Productivity? *Journal of Economic Literature*, 49(2), 326-365. <https://doi.org/10.1257/jel.49.2.326>
- Syverson, C. (2017). Challenges to mismeasurement explanations for the U.S. productivity slowdown. *Journal of Economic Perspectives*, 31(2), 165-186 <https://doi.org/10.1257/jep.31.2.165>
- Tangen, S. 2004. Demystifying productivity and Performance, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54(1): 34-46. <https://doi.org/10.1108/17410400510571437>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533. Prieiga internetu: <https://sms.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291097-0266%28199708%2918%3A7%3C509%3A%3AAID-SMJ882%3E3.0.CO%3B2-Z> (Žiūrėta 2024-12-20)
- Van Ark, B., O'Mahony, M., & Timmer, M. P. (2008). The productivity gap between Europe and the United States: Trends and causes. *Journal of Economic Perspectives*, 22(1), 25-44. <https://doi.org/10.1257/jep.22.1.25>
- World Bank. (2024). *Infrastructure for development: Green, resilient and inclusive infrastructure*. World Bank Group.
- World Bank. (2025). *World development report 2025: Digital skills for the future of work*. World Bank Publications.

PRODUKTYVUMO AUGIMO INDEKSŲ IR INDIKATORIŲ PALYGINIMAS

ADRIJA ČAPLIKAITĖ

Magistro baigiamasis darbas

Ekonominė Analitika

Vilniaus Universiteto Ekonomikos ir verslo administravimo fakultetas

Darbo vadovė: Asist. Dr. Kristina Mažeikaitė

Vilnius, 2025

SANTRAUKA

53 puslapiai, 7 diagramos, 17 lentelių, 76 literatūros šaltiniai.

Pagrindinis šio magistro baigiamojo darbo tikslas – palyginti Europos Sąjungos (ES) šalių produktyvumo indeksų ir indikatorių dinamiką ir kiekybiškai nustatyti indikatorių poveikį indeksų raidai, taikant lyginamosios analizės, klasterizacijos ir dinaminio modeliavimo metodiką. Darbe siekiama atskleisti, kaip inovacijų ekosistemos, žmogiškasis kapitalas ir demografiniai pokyčiai lemia šalių skirstymąsi į skirtingus produktyvumo lygius ir kaip šie veiksniai veikia produktyvumo dinamiką ilguoju laikotarpiu.

Darbą sudaro keturios pagrindinės dalys: teorinė produktyvumo sampratos analizė, metodologinis tyrimo pagrindimas, empirinių rezultatų interpretacija ir bendros darbo išvados. Teorinėje dalyje pateikiama susisteminta mokslinė literatūra apie produktyvumo matavimo metodus, endogeninio augimo teorijos prielaidas ir apžvelgiamas ES šalių konvergencijos procesas. Tyrimo dalis apima 2000 - 2024 m. laikotarpį, kur naudojamas hibridinis Ward.D2 klasterizacijos metodas, siekiant identifikuoti produktyvumo lygių evoliuciją keturiais ekonomiškai reikšmingais periodais: iki 2008 m. finansų krizės, kriziniu laikotarpiu, po-kriziniu atsigavimo etapu bei COVID-19 pandemijos metu.

Siekiant supaprastinti tyrimo makroekonominis indikatorius ir išvengti daugiakolinearumo problemos, atlikta pagrindinių komponentų (PCA) ir faktorinė (FA) analizės. Analizių pagalba identifikuotos trys latentinės dimensijos: žmogiškojo kapitalo ir viešųjų išteklių, inovacijų ir technologinės pažangos bei demografinio spaudimo faktorių. Dinaminiam priežastingumui nustatyti sudarytas panelinis vektorinės autoregresijos (PVAR) modelis, įvertintas GMM metodu, sugeneruotos impulsinio atsako funkcijos (IRF).

Tyrimo rezultatai atskleidė, kad ES produktyvumo struktūra pasižymėjo stiprėjančia fragmentacija: nuo dvipolės „branduolio-periferijos“ sistemos iki šešių skirtingų produktyvumo režimų formavimosi pandemijos laikotarpiu. Nustatytas „produktyvumo paradoksas“, kai šalių struktūrinis potencialas tiesiogiai nekoreliuoja su faktiniu produktyvumo lygiu, tačiau yra kritiškai svarbus jo augimo tempams. PVAR modelis patvirtino, kad žmogiškojo kapitalo investicijos generuoja stabiliausią teigiamą poveikį produktyvumui, o visuomenės senėjimas veikia kaip tiesioginis struktūrinis stabdis. Taip pat nustatyta, kad inovacijų poveikis pasižymi 1-2 metų adaptaciniu vėlavimu.

Išvados ir pasiūlymuose pateikiamos įžvalgos apie būtinybę ES struktūrinę paramą prioritetizuoti žmogiškojo kapitalo kokybės kėlimui, kaip atsvarai neigiamoms demografinėms tendencijoms.

PRODUCTIVITY GROWTH INDICES AND INDICATORS: A COMPARISON

ADRIJA ČAPLIKAITĖ

Master thesis

Economic Analytics

Vilnius University, Faculty of Economics and Business Administration

Supervisor: assist. PhD Kristina Mažeikaitė

Vilnius, 2025

SUMMARY

53 pages, 7 figures, 17 tables, 76 references.

The main objective of this Master's thesis is to compare the dynamics of productivity indices and indicators of the European Union (EU) countries and to quantitatively identify the impact of indicators on the development of the indices by applying comparative analysis, clustering, and dynamic modelling methodologies. This thesis seeks to reveal how innovation ecosystems, human capital, and demographic changes determine the grouping of countries into different productivity levels and how these factors affect productivity dynamics in the long term.

Thesis is divided into four main parts: a theoretical analysis of the concept of productivity, a methodological justification of the research, an interpretation of empirical results, and general conclusions. The theoretical part provides a systematised review of the scientific literature on productivity measurement methods, the assumptions of endogenous growth theory, and an overview of the convergence process of the EU countries. The empirical part covers 2000 – 2024 period, in which a hybrid Ward.D2 clustering method is used to identify the evolution of productivity levels across four economically significant periods: the pre-2008 financial crisis period, the crisis period, the post-crisis recovery phase, and the COVID-19 pandemic period.

In order to simplify the set of macroeconomic indicators and to avoid the problem of multicollinearity, Principal Component Analysis (PCA) and Factor Analysis (FA) were conducted. These analyses identified three latent dimensions: human capital and public resources, innovation and technological progress, and demographic pressure. To determine dynamic causality, a panel vector autoregression (PVAR) model was constructed, estimated using the GMM method, and impulse response functions (IRFs) were generated.

The results of the study reveal that the EU productivity structure has become increasingly fragmented: from a bipolar “core–periphery” system to the formation of six distinct productivity regimes during the pandemic period. A “productivity paradox” was identified, whereby the structural potential of countries does not directly correlate with their actual productivity levels but is critically important for their growth rates. The PVAR model confirmed that investments in human capital generate the most stable positive effect on productivity, while population ageing acts as a direct structural constraint. It was also found that the impact of innovation is characterised by an adaptation lag of 1-2 years.

The conclusions and recommendations provide insights into the necessity of prioritising EU structural support towards improving the quality of human capital as a counterbalance to negative demographic trends.

PRIEDAI

1 priedas. Tyrimo šalių išskyrimas į grupes pagal TFP 2023 m. indekso reikšmes 1 Priedo lentelė.

Tyrimo šalių grupavimas pagal 2023 m. TFP indekso nuokrypį nuo vidurkio reikšmės

$TFP_{i,2023} < \mu - \frac{\sigma}{2}$		$\mu - \frac{\sigma}{2} < TFP_{i,2023} < \mu$		$\mu < TFP_{i,2023} < \mu + \frac{\sigma}{2}$		$\mu + \frac{\sigma}{2} < TFP_{i,2023}$	
Šalis	2023 Indekso reikšmė	Šalis	2023 Indekso reikšmė	Šalis	2023 Indekso reikšmė	Šalis	2023 Indekso reikšmė
GR	73,94	FI	100,31	DE	108,99	BG	121,95
IT	75,41	HU	103,58	ES	107,54	LU	123,95
CY	88,54	IE	103,85	LV	108,33	PL	128,9
BE	90,86	PT	104,4	SE	108,42	SK	130,81
DK	96,88	EE	105,09	SI	110,07	MT	131,18
FR	97,44	AT	105,73	LT	111,37	RO	136,63
NL	99,04	CZ	106,16				

Šaltiniai: autorės sudaryta lentelė, remiantis Eurostat duomenimis

2 Priedas. I-osios šalių grupės produktyvumo indeksų dinamikos grafinis atvaizdavimas 2000 – 2024m.

2a Priedo paveikslas.

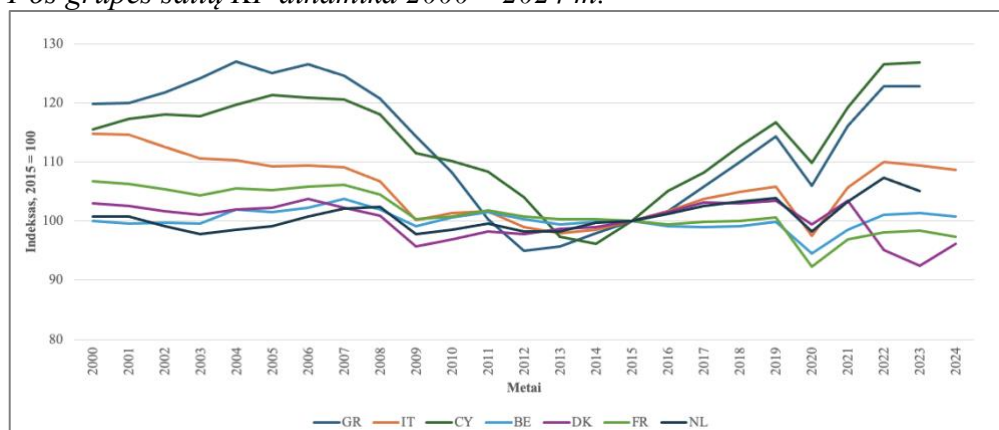
I-os grupės šalių DP dinamika 2000 – 2024 m.



Šaltinis: Eurostat duomenys

2b Priedo paveikslas.

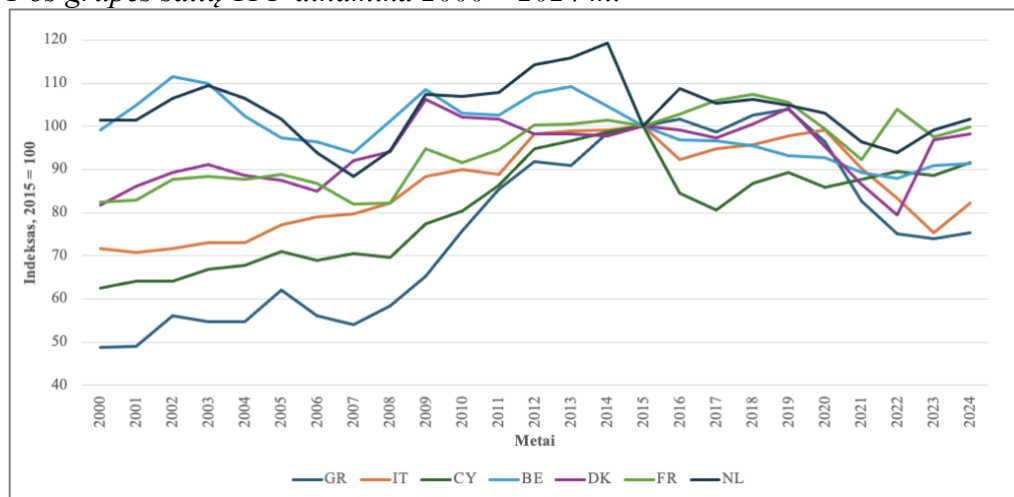
I-os grupės šalių KP dinamika 2000 – 2024 m.



Šaltinis: Eurostat duomenys

2c Priedo paveikslas.

I-os grupės šalių TFP dinamika 2000 – 2024 m.

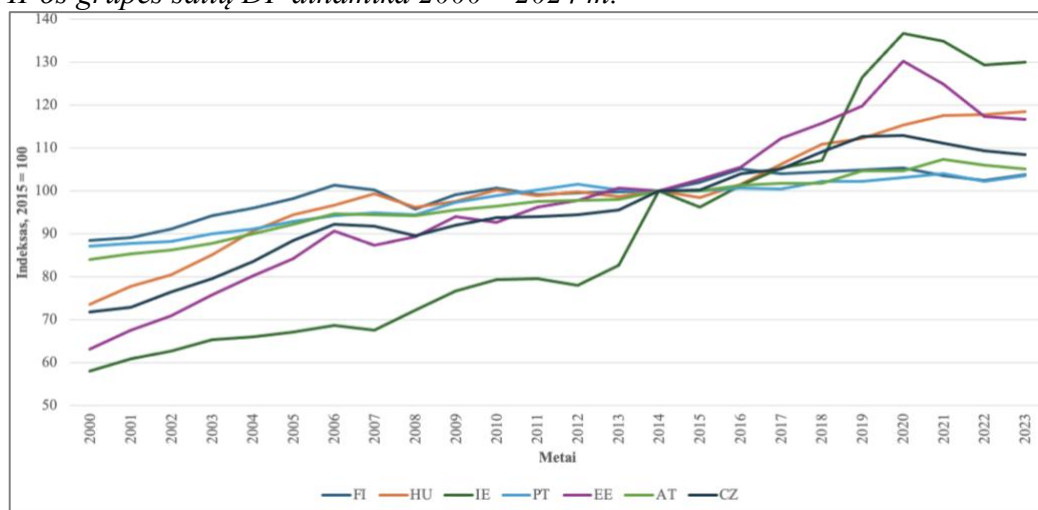


Šaltinis: Eurostat duomenys

3 Priedas. II-osios šalių grupės produktyvumo indeksų dinamikos grafinis atvaizdavimas 2000 – 2024m.

3a Priedo paveikslas.

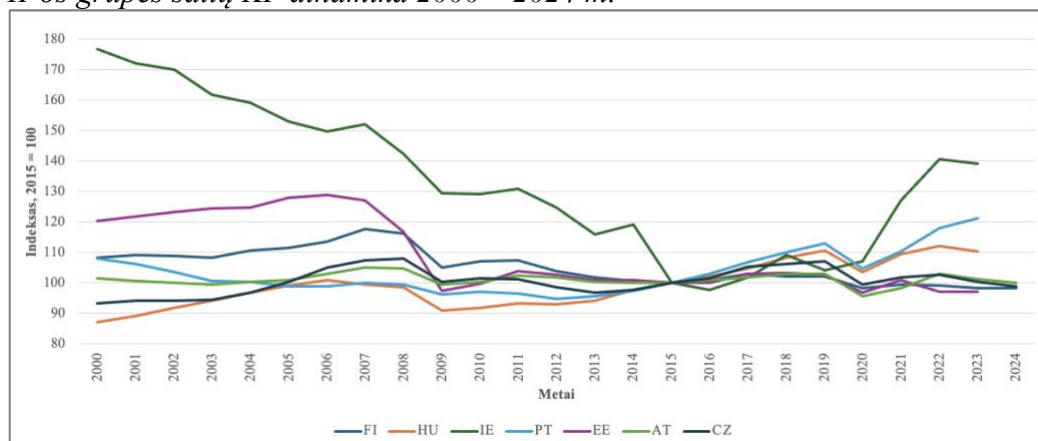
II-os grupės šalių DP dinamika 2000 – 2024 m.



Šaltinis: Eurostat duomenys

3b Priedo paveikslas.

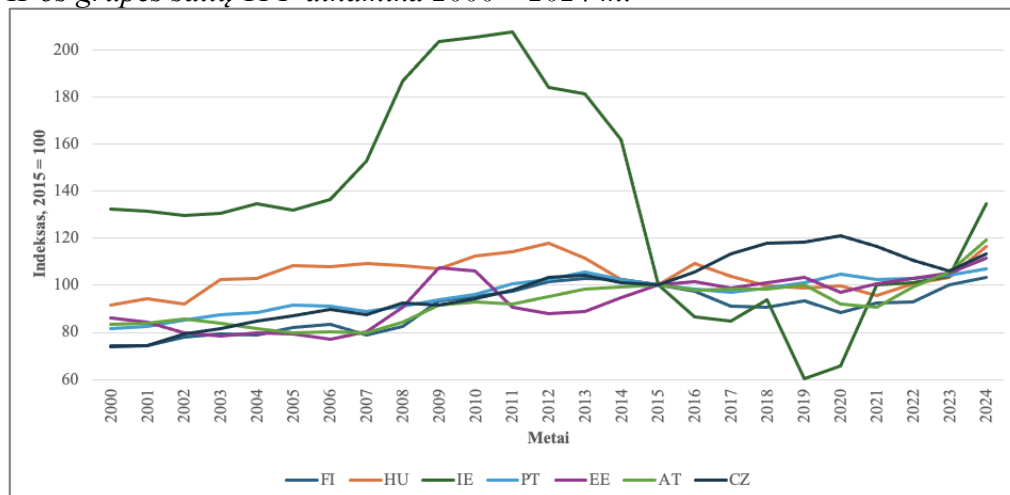
II-os grupės šalių KP dinamika 2000 – 2024 m.



Šaltinis: Eurostat duomenys

3c Priedo paveikslas.

II-os grupės šalių TFP dinamika 2000 – 2024 m.

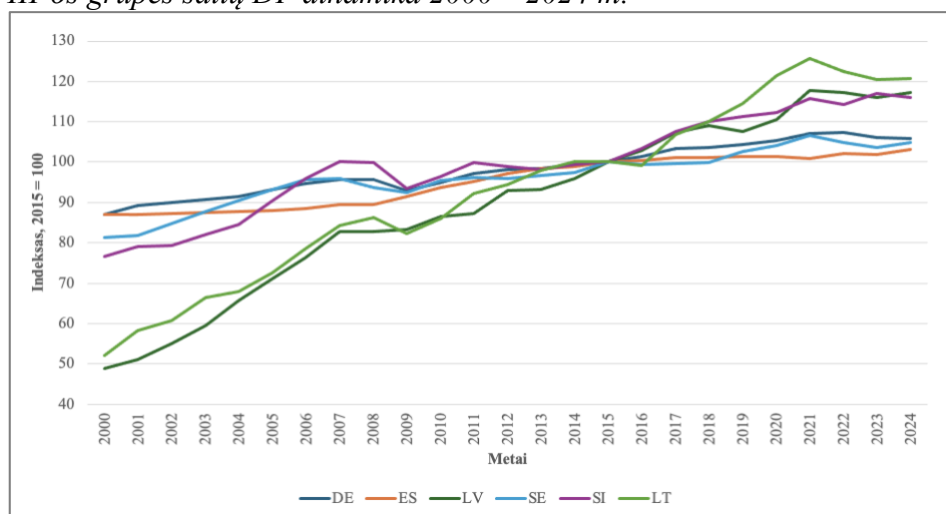


Šaltinis: Eurostat duomenys

4 Priedas. III-osios šalių grupės produktyvumo indeksų dinamikos grafinis atvaizdavimas 2000 – 2024m.

4a Priedo paveikslas.

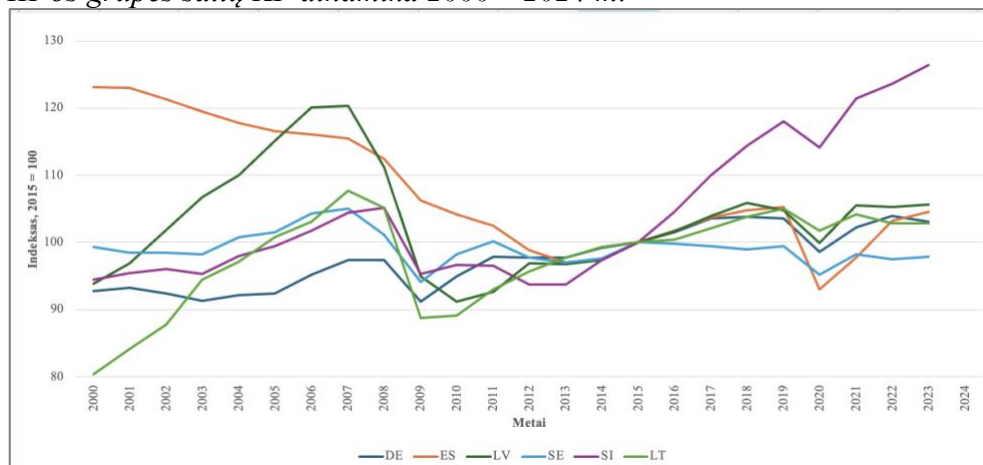
III-os grupės šalių DP dinamika 2000 – 2024 m.



Šaltinis: Eurostat duomenys

4b Priedo paveikslas.

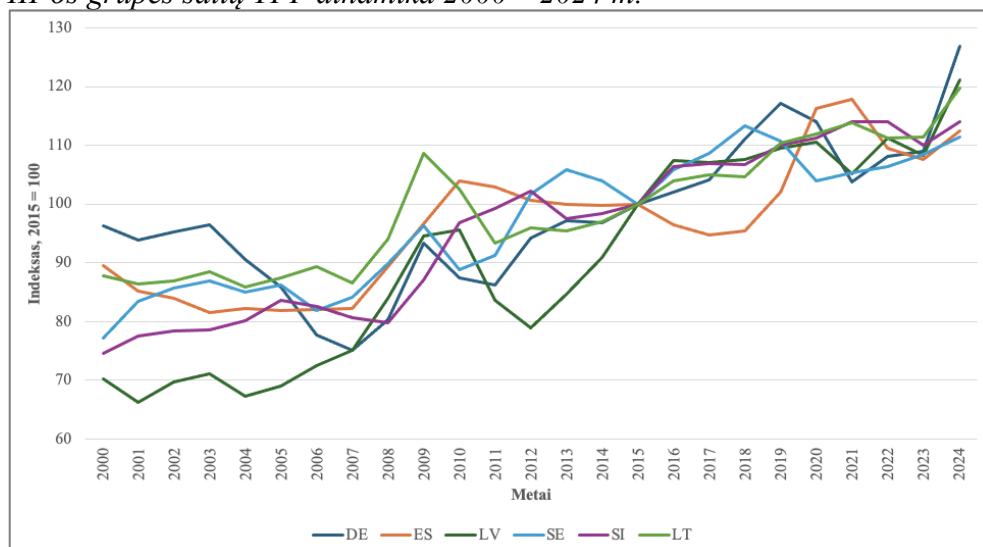
III-os grupės šalių KP dinamika 2000 – 2024 m.



Šaltinis: Eurostat duomenys

4c Priedo paveikslas.

III-os grupės šalių TFP dinamika 2000 – 2024 m.

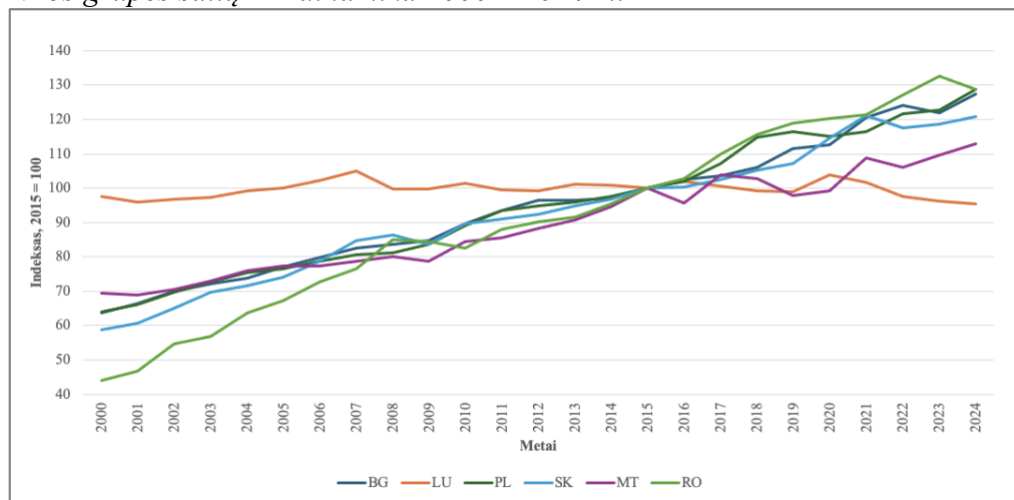


Šaltinis: Eurostat duomenys

5 Priedas. IV-osios šalių grupės produktyvumo indeksų dinamikos grafinis atvaizdavimas 2000 – 2024m.

5a Priedo paveikslas.

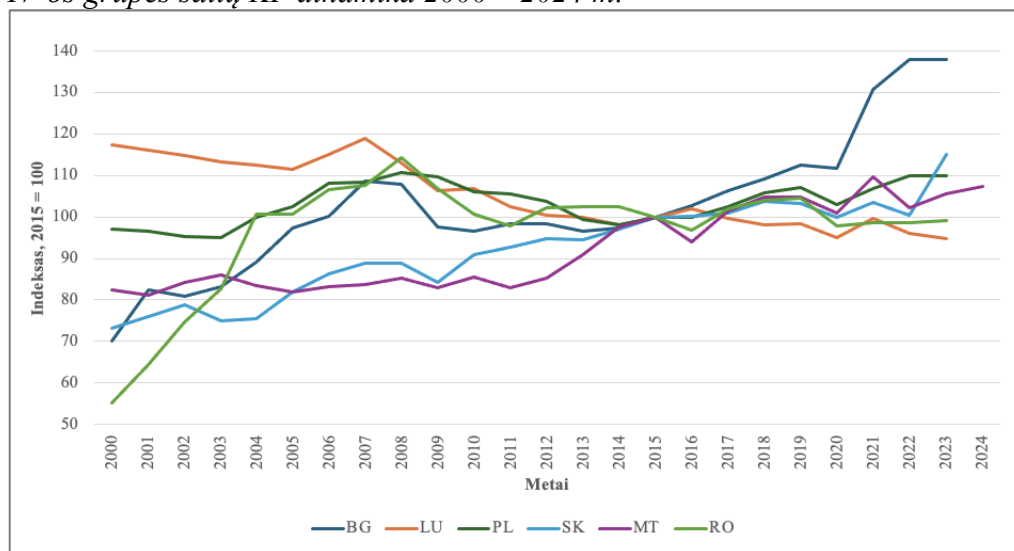
IV-os grupės šalių DP dinamika 2000 – 2024 m.



Šaltinis: Eurostat duomenys

5b Priedo paveikslas.

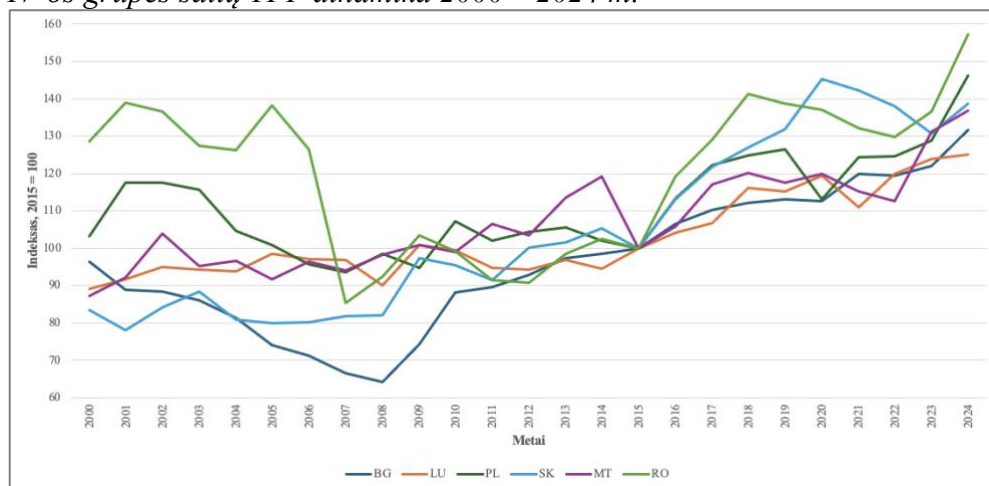
IV-os grupės šalių KP dinamika 2000 – 2024 m.



Šaltinis: Eurostat duomenys

5c Priedo paveikslas.

IV-os grupės šalių TFP dinamika 2000 – 2024 m.

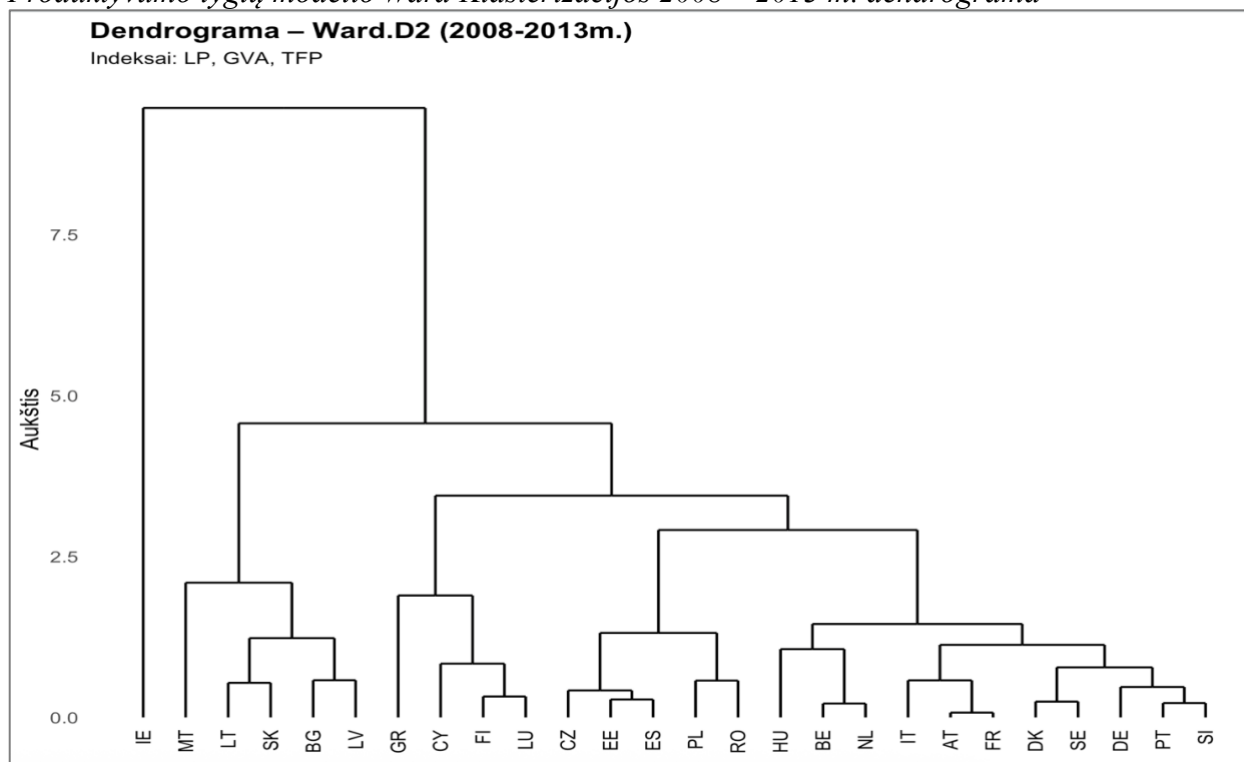


Šaltinis: Eurostat duomenys

6 Priedas. Produktivumo lygių Ward Klasterizacijos modelio dendrogramos

6a Priedo paveikslas.

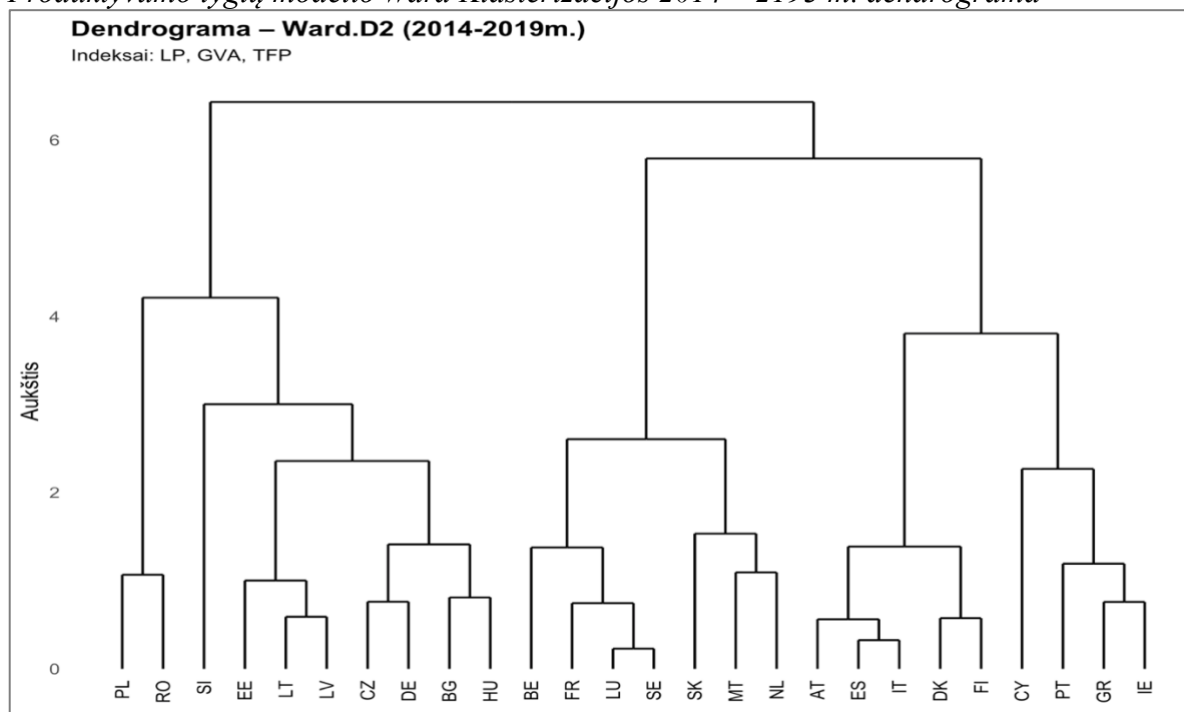
Produktivumo lygių modelio Ward Klasterizacijos 2008 – 2013 m. dendrograma



Šaltinis: sudaryta autorės pagal Eurostat duomenis

6b Priedo paveikslas.

Produktivumo lygių modelio Ward Klasterizacijos 2014 – 2019 m. dendrograma



Šaltinis: sudaryta autorės pagal Eurostat duomenis