



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA
MATEMATIKU I
INFORMATIKU



Teodora Glamočanin

Primeri korišćenja meta-analize u ekonomskim modelima

Master rad

Mentor:

Prof. dr Zorana Lužanin

Novi Sad, 2020

Sadržaj

1	Uvod.....	1
2	Meta-analiza.....	2
2.1	Razvoj i primena meta-analize.....	3
2.2	Faze sprovođenja meta-analize	5
2.3	Veličina efekta i njeni tipovi.....	6
2.4	Modeli meta-analize.....	9
2.4.1	Model fiksnih efekata.....	10
2.4.2	Model slučajnih efekata	10
2.5	Pristrasnost publikacija	14
2.6	Meta-regresija	18
2.6.1	Multikolinearnost	20
2.7	Prednosti i kritike meta-analize.....	21
3	Ekonomski modeli	23
3.1	Kuznjecova kriva	23
3.2	Lorenzova kriva	25
3.3	Gini koeficijent	27
4	Primeri primene meta-analize	29
4.1	Meta-analiza paradoksa produktivnosti	29
4.1.1	Uvod.....	29
4.1.2	Faze razvoja paradoksa produktivnosti	30
4.1.3	Modeliranje procesa proizvodnje.....	31
4.1.4	Ispitivanje paradoksa produktivnosti	32
4.1.5	Meta-analiza paradoksa produktivnosti	33
4.1.6	Rezultati	35
4.2	Meta-analiza odnosa nejednakosti prihoda i ekonomskog rasta	38
4.2.1	Uvod.....	38
4.2.2	Ekonomski rast.....	40
4.2.3	Nejednakost prihoda	40
4.2.4	Pripema uzorka	43
4.2.5	Meta-analiza.....	46
4.2.6	Meta-regresija	53
4.2.7	Rezultati meta-regresije i diskusija	56
5	Zaključak.....	60

6	Reference	62
7	Prilog.....	65
7.1	Prilog 1 – Tabela izvora pristrasnosti publikacija.....	65
7.2	Prilog 2 – Spisak studija korišćenih u primeni meta-analize	66
7.3	Prilog 3 – Prikaz studija korišćenih u primeni meta-analize.....	68
	Kratka biografija	71

Zahvalnica

Izuzetnu zahvalnost dugujem svojoj mentorki, prof dr Zorani Lužanin, na ogromnom trudu i strpljenju prilikom izrade ovog rada, kao i na korisnim savetima i mnogobrojnim sugestijama koje su doprinele njegovom kvalitetu. Takođe se zahvaljujem i članovima komisije, kao i svim profesorima i asistentima koji su bili deo mojih studija.

Posebnu zahvalnost dugujem svojim dragim prijateljicama i kolegincama, Mileni i Mariji, prvenstveno za nesebičnu podršku koju mi svakodnevno pružaju, kako u ovom radu, tako i u životu. Za svaki problem imaju rešenje, i svaka muka je uz njih mnogo lakša.

Najveću zahvalnost dugujem svojim roditeljima i bratu, koji su uvek verovali u mene i pružali mi bezuslovnu ljubav i podršku u svakom životnom koraku. Neizmerno sam zahvalna i svom suprugu, Ognjenu, koji mi svojom ljubavlju i pažnjom beskrajno ulepšava život. Takođe bih želela da se zahvalim i ostalim članovima svoje porodice, a posebno babama, koje su me bodrile pred svaki kolokvijum i ispit, i dedi, koji je uvek bio ponosan na mene. Njemu posvećujem ovaj rad.

Teodora Glamočanin

Novi Sad, 2020.

1 Uvod

U slučaju kada je potrebno izvršiti sintezu studija sličnog dizajna i predmeta ispitivanja, najsmisleniji pristup bi bio kombinovanje svih dostupnih informacija kako bi se što preciznije istražila konzistentnost i odstupanja između rezultata tih studija. Jedna metoda sprovođenja takvih sistematskih sinteza empirijske literature je meta-analiza, koja predstavlja metodološki i statistički pristup izvlačenju zaključaka iz empirijske literature u svrhu stvaranja jedinstvene procene nekog posmatranog efekta.

Cilj ovog rada je prikaz primera primene meta-analize na ekonomskim modelima, prvo kroz analizu rada drugog autora, a zatim i na samostalnoj primeni. Prvi deo rada će predstavljati uvod u meta-analizu, gde će biti predstavljena njena procedura, osnovni pojmovi veličine efekta i modeli meta-analize. Zatim će biti objašnjen način testiranja postojanja pristrasnosti publikacija studija, a nakon toga i način utvrđivanja postojanja heterogenosti između rezultata studija, odnosno, ispitivanja da li su razlike u veličinama efekta različitih studija uzrokovane samo greškom uzorkovanja ili i sistematskom razlikom između studija. Za dalje analiziranja statističke heterogenosti biće uveden pojam meta-regresione analize. U drugom delu rada biće definisani ekonomski modeli koji će se koristiti u praktičnoj primeni meta-analize. U poslednjem delu rada prvo će biti analiziran naučni rad koji izučava meta-analizu paradoksa produktivnosti, gde je testiran uticaj ulaganja u informacione i komunikacione tehnologije na produktivnost firmi. Zatim će u samostalnoj meta-analizi biti ispitana uticaj nejednakosti prihoda na ekonomski rast, na uzorku od 22 studije, i biće formiran meta-regresioni model za ispitivanje u kojoj meri se heterogenost između rezultata više studija može povezati s jednom ili više karakteristika studija. Za statističku analizu podataka biće korišćen program SPSS.

2 Meta-analiza

Osnovni princip naučnog rada se ogleda u tome da rezultati istraživanja moraju biti ponovljivi. Često se istraživanja ponavljaju nekoliko puta, sa većim ili manjim varijacijama u istraživačkoj metodologiji. Neka vrsta sinteze istraživanja ili sistematskog pregleda je neophodna kako bi se utvrdilo da li su rezultati različitih studija konzistentni i kako bi se sumirali rezultati u studijama. Primarna analiza odnosi se na ono što se obično smatra analizom podataka - kada istraživač prikuplja podatke, i zatim ih analizira kako bi pružio odgovore na istraživačka pitanja koja su motivisala to istraživanje. Sa druge strane, sekundarna analiza se odnosi na ponovnu analizu ovih podataka, često da bi se odgovorilo na različita istraživačka pitanja na različite načine (npr. koristeći alternativne analitičke pristupe koji nisu bili dostupni kada su podaci izvorno analizirani). Ova sekundarna analiza podataka može biti izvedena od strane izvornih istraživača, ali i od drugih, jedino ukoliko imaju pristup svim podacima korišćenim u analizi. I primarna i sekundarna analiza podataka zahtevaju pristup originalnim podacima koji su prikupljeni za istraživanje (Noel A. Card, 2012).

Nasuprot svemu gore navedenom, meta-analiza je razvijena u cilju izvođenja statističke analize bazirane samo na rezultatima više studija. Zasniva se na upotrebi statističkih procedura u tom nastojanju, a od sekundarne analize se razlikuje po tome što informacije iz svake studije dolaze iz statistički sažetih podataka u originalnim studijama, a ne direktno iz sirovih podataka (Glass, 2013).

Drejper (Draper, 1995) je meta-analizu opisao kao fundamentalnu naučnu aktivnost koja se praktikuje u svim empirijskim naukama, dok su fundamentalni statistički principi na kojima se zasniva meta-analiza u suštini isti u svim njenim primenama. U meta-analizi, rezultati pojedinačnih studija predstavljeni su veličinom efekta. Istraživanje daje procenu parametra veličine efekta u toj studiji i varijanse te procene. Na kraju, glavni zadatak meta-analize ogleda se u proceni veličine efekata u studijama ocenom raspodele parametara veličine efekta.

Meta-analiza uključuje skup metoda koje mogu kvantitativno kombinovati dokaze iz različitih studija na matematički prikladan način. Pruža preciznu i čvrstu zbirnu procenu nakon sistematske i rigorozne integracije dostupnih dokaza. Pored toga, korisna je za popisivanje i eventualno istraživanje izvora pristrasnosti, kao i kvantifikovanje heterogenosti između studija.

Još jedan način na koji meta-analiza može da se predstavi jeste kao oblik anketnog istraživanja u kojem se analiziraju izveštaji, a ne ljudi. Kao takva, predstavlja jedan od mnogih načina za sumiranje, integraciju i interpretaciju odabranih skupova naučnih radova u različitim disciplinama. Primena meta-analize se odnosi samo na empirijska istraživanja, odnosno, na istraživačke studije koje sadrže kvantitativne rezultate, tj. studije koje koriste kvantitativno merenje promenljivih i statističkih izveštaja za sažetak dobijenih podataka. Ovo isključuje kvalitativne oblike istraživanja kao što su studije slučaja, etnografija¹ i naturalistička studija² (Mark W. Lipsey, 2000).

Pored toga, pošto se meta-analiza fokusira na agregaciju i poređenje rezultata različitih istraživačkih studija, neophodno je da ti rezultati budu takvi da se mogu smisleno uporediti. Uopšteno, ne bi bilo prikladno uključiti studije izrazito različitih tema u istoj meta-analizi. To znači da rezultati studija moraju biti:

- (a) konceptualno uporedivi, tj. moraju se baviti istim konstruktima i odnosima
- (b) konfigurisani u sličnim statističkim oblicima.

2.1 Razvoj i primena meta-analize

Tokom prethodnih decenija, broj meta-analitičkih studija je rastao eksponencijalno. Iako se rani primeri meta-analiza mogu naći u gotovo svim oblastima društvenih nauka, njeno usvajanje je bilo epizodno i relativno sporo.

Od uvođenja termina, meta-analiza postaje veoma rasprostranjena metoda u oblasti obrazovanja, psihologije i biomedicinskih nauka. Prvi praktični primer ove metode pojavljuje se kod Ležandra (Legendre) 1805. godine i njegovog principa najmanjih kvadrata. Važan primer meta-analize u oblasti medicine je studija Karla Pearsona 1904. godine, koji je analizirao podatke iz pet nezavisnih eksperimenata na temu korelacije između vakcinacije protiv trbušnog tifusa i smrtnosti od te bolesti. Posmatrao je disjunktne skupove podataka na različitim geografskim lokacijama (Pearson, 1904). Ovo je jedan od ranih primera meta-

¹ Proučavanje društvenih interakcija, ponašanja i percepcija koje se javljaju u grupama, timovima, organizacijama i zajednicama.

² Vrsta studije u kojoj istraživač pažljivo posmatra i beleži neku pojavu u njenom prirodnom okruženju tokom određenog vremenskog perioda, uz minimalan uticaj na tu pojavu.

analize, a ipak ima sve karakteristike pravilno odrađene meta-analize. Prvi pisani rad koji je objasnio samu metodologiju kombinovanja rezultata iz različitih studija i njihove generalizacije dao je Tippett 1931. godine.

Primenjuje se u mnogim oblastima poput: medicine, psihologije, psihiatrije, kriminologije, demografije, sociologije itd.

Veliki broj istraživačkih radova objavljen je u oblasti ekonomije u protekloj deceniji. U radu *Does human capital matter? A meta-analysis of the relationship between human capital and firm performance* (Crook, Todd, Combs, Woehr, & Ketchen, 2011), autori su ispitivali kakva je povezanost između ljudskog kapitala i uspešnosti kompanija. Koristeći uzorak od 66 studija koje su ispitivale tu vezu u periodu od 1995. do 2009. godine, došli su do zaključka da ulaganje u ljudski kapital može dati veoma pozitivne rezultate kako na nivou pojedinaca, tako i na nivou kompanije. Valickova i saradnici su analizirali uticaj finansijskog razvoja na ekonomski rast, i primetili da, iako je on pozitivan i statistički značajan, primećuje se njegovo oslabljenje nakon osamdesetih godina prošlog veka (Valickova, Havranek, & Horvath, 2015). Godinu dana kasnije je sprovedena meta-analiza empirijskih studija koje ocenjuju cenovnu elastičnost potražnje energetskih produkata (struha, prirodni gas, benzin, ulje za loženje). Rezultati su prikazali da je kratkoročna cenovna elastičnost mnogo niža nego dugoročna, kao i da cenovne fluktuacije kratkoročno najveći uticaj imaju na konzumaciju ulja za loženje, dok dugoročno najveći uticaj imaju na konzumaciju prirodnog gaza (Labandeira, Labeaga, & López-Otero, 2016).

Druge važne teme uključuju interno tržište kapitala, društveno odgovorno poslovanje, društveno odgovorno ulaganje, spajanje i akvizicije. Mnogi istraživači su pokušali da utvrde da li promenljive koje se odnose na njih imaju pozitivan ili negativan odnos sa finansijskim rezultatima korporacija. Međutim, nije lako izvršiti sintezu empirijskih rezultata postojećih istraživanja, jer su radovi toliko različiti u smislu korišćene metodologije, perioda istraživanja, merenja ključnih promenljivih i skupa podataka. Meta-analiza je odličan alat za prikupljanje različitih heterogenih rezultata i razumevanje ukupne slike sa naučne strane.

2.2 Faze sprovođenja meta-analize

Da bi se na ispravan način sprovedla meta-analiza, istraživač mora slediti nekoliko koraka:

1) Formulacija problema

Prvi korak u meta-analizi sastoji se u definisanju njene svrhe, koja u generalnom slučaju podrazumeva ispitivanje odnosa između dva ili više fenomena. U ovoj fazi, istraživač treba da definiše implicirane konstrukcije, teorijski i empirijski, kao i da pregleda postojeće teorijske modele i formuliše konkretne ciljeve pregleda.

2) Pretraga literature

Drugi korak uključuje definisanje kriterijuma odabira koje empirijske studije moraju ispuniti i izvršenje što potpunijeg pretraživanja literature. Kriterijumi za izbor će zavisiti od svrhe meta-analize, a da bi se tražile studije koje ispunjavaju te kriterijume, trebalo bi koristiti nekoliko strategija, koje kombinuju formalne i neformalne procedure pretraživanja. Formalne procedure se sastoje od konsultovanja elektronskih bibliografskih baza podataka, relevantnih časopisa, i referenci u studijama. Neformalni izvori omogućavaju da se pronađu radovi koji nisu objavljeni (npr. disertacije, tehnički izveštaji, radovi predstavljeni na konferencijama) ili radovi objavljeni u časopisima ili knjigama koji se ne mogu pronaći putem formalnih izvora.

3) Kodiranje studija

Ovaj korak uključuje pregled obuhvaćene literature i izvlačenje relevantnih zaključaka. U ovoj fazi, glavna svrha meta-analize jeste da objasni varijabilnost koja se nalazi u rezultatima istraživanja na datoj temi ispitivanjem uticaja različitih karakteristika među njima. Da bi se postigao ovaj cilj, studije iz uzorka su podvrgnute procesu kodiranja u kojem se identifikuju relevantne moderatorske promenljive rezultata. Moderatorske promenljive su karakteristike studija koje mogu uticati na ishod. Pored njih, glavni rezultat svake studije je sažet izračunavanjem ocene veličine efekta.

4) Statistička analiza i interpretacija

Četvrti korak meta-analize je najteži i vremenski najzahtevniji. On obuhvata analizu i interpretaciju rezultata studija uključenih u uzorak. Uključuje sistematsko kodiranje karakteristika studija i veličine efekta, a zatim i statističko analiziranje ovih kodiranih podataka putem meta-regresije.

5) Publikacija

Poslednji korak u meta-analizi je njeno objavljivanje. Potrebno je da meta-analiza bude transparentna u pogledu procesa revidiranja i donesenih zaključaka. Dobro napisana sinteza istraživanja treba da bude dovoljno detaljna kako bi drugi mogli da ponove njen postupak. Ono što je takođe važno je da meta-analiza treba da odgovori na početna pitanja koja su je motivisala, ili barem da opiše zbog čega se do takvih odgovora ne može doći.

2.3 Veličina efekta i njeni tipovi

Da bi se izvršila meta-analiza, potrebno je odabrati indeks efekata koji će rezultate svake studije prevesti u zajedničku metriku (Sánchez-Meca, Marín-Martínez, & Chacón-Moscoso, 2003).

Pored statističke značajnosti, većina istraživačkih izveštaja opisuje pravac efekta, ali je takođe poučno razmotriti njegovu veličinu. Procene veličine efekta su korisne za određivanje praktične ili teorijske važnosti efekta, relativnog doprinosa različitih faktora ili istog faktora u različitim okolnostima. Veličina efekta je statistički pojam koji na numeričkoj skali meri jačinu odnosa dve promenljive. Na primer, ukoliko su poznati podaci o visini muškaraca i žena, i primećuje se da su muškarci u proseku viši, razlika između visine muškaraca i žena će biti prepoznata kao veličina efekta. Što je veličina efekta veća, to će biti veća visinska razlika između muškaraca i žena. Statistička veličina efekta pomaže nam da utvrdimo da li je razlika između uzorka stvarna, ili je nastala usled promene u faktorima. U meta-analizi, veličina efekta je pojam koji se odnosi na različite studije, a zatim se pomoću toga sve te studije mogu kombinovati u jednu analizu.

Pri odabiru veličine efekta trebalo bi da se razmotri sledeće. Prvo, veličine efekta iz različitih studija treba da budu međusobno uporedive, u smislu da (bar približno) mere istu pojavu. Odnosno, veličina efekta ne bi trebalo da zavisi od aspekata koji mogu varirati od studije do studije (poput veličine uzorka). Drugo, procene veličine efekta treba izračunati iz informacija koje su prikazane u objavljenim istraživačkim izveštajima. Odnosno, meta-analiza ne treba da zahteva ponovnu analizu neobrađenih podataka. Treće, veličina efekta treba da ima dobra tehnička svojstva: uzoračka raspodela mora biti poznata kako bi bilo moguće izračunati odstupanje i intervale poverenja (Borenstein & Rothstein, 2007).

Veličine efekta se najčešće mogu svrstati u četiri različite kategorije:

1. Indeksi razlike između grupa. Kao što sam naziv implicira, ovi indeksi obično beleže veličinu razlike između dve ili više posmatranih grupa. Najčešća mera kojom se predstavlja ova kategorija je Koenovo d , koje se meri količnikom razlike srednjih vrednosti μ_1, μ_2 grupa i standardne devijacije σ populacije:

$$d = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma}. \quad (2.1)$$

2. Indeksi jačine povezanosti. Ove ocene obično ispituju jačinu varijanse između dve ili više promenljivih. Pogodnije su za kontinuirane podatke nego indeksi razlike između grupa. Predstavnik ove kategorije je koeficijent korelacije, koji kvantifikuje linearu povezanost između dve promenljive:

$$\rho_{X,Y} = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y}, \quad (2.2)$$

gde su μ_X i μ_Y očekivane vrednosti slučajnih promenljivih X i Y , a σ_X i σ_Y njihove standardne devijacije.

Sa druge strane, može se kvantifikovati linearna povezanost između dva uzorka:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (2.3)$$

gde su \bar{x} i \bar{y} srednje vrednosti uzoraka x i y .

Na jednostavan način se može izvršiti konverzija iz koeficijenta d u r , i obrnuto, i to na sledeći način:

$$r = \left[\frac{d^2}{d^2 + 4} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2.4)$$

a s druge strane,

$$d = \frac{2r}{(1 - r^2)^{\frac{1}{2}}}. \quad (2.5)$$

3. Korigovane ocene. Ovim merama se vrši korekcija za grešku uzorkovanja koja nastaje usled manjeg obima uzorka. U ove mere, između ostalog, spada i korigovani koeficijent determinacije \bar{R}^2 . Predstavljen je formulom:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{n - 1}{n - (k + 1)} (1 - R^2), \quad (2.6)$$

gde k označava broj nezavisnih promenljivih u modelu, n označava veličinu uzorka, dok R^2 predstavlja meru jačine linearne povezanosti, odnosno, pokazuje na koji način su varijacije jedne promenljive prouzrokovane varijacijama drugih promenljivih.

4. Ocene rizika. Ovim merama se vrši poređenje relativnog rizika³ za određeni ishod između dve ili više posmatranih grupa pojedinaca. Najčešće se koriste u medicini, a predstavnici ove grupe su odnos rizika (*risk ratio*, "RR") i odnos šansi (*odds ratio*, "OR"). Ukoliko se posmatra eksperiment čiji je cilj utvrditi da li je uočena određena pojava u eksperimentalnoj ili kontrolnoj grupi, uzima se u obzir sledeća tabela:

	Pojava je prisutna	Pojava nije prisutna
Eksperimentalna grupa	A	B
Kontrolna grupa	C	D

Tabela 2.1: Prikaz eksperimenta

Rizik da se u eksperimentalnoj grupi uoči pojava iznosi $\frac{A}{A+B}$, dok je rizik da se u kontrolnoj grupi uoči pojava $\frac{C}{C+D}$. Tada je odnos rizika dat kao količnik ta dva rizika, odnosno:

³ Relativni rizik predstavlja procentualni odnos verovatnoća pojave nekog događaja unutar dve posmatrane grupe.

$$RR = \frac{\frac{A}{C}}{\frac{C}{C+D}} = \frac{A(C+D)}{C(A+B)} . \quad (2.7)$$

Šansa da se neki događaj ostvari jeste količnik verovatnoće da se taj događaj desi (p) i verovatnoće da se on ne desi ($1 - p$), odnosno, $\frac{p}{1-p}$.

Odnos šansi je statistika koja poredi dve grupe u smislu relativnih šansi ostvarenja nekog događaja ili pojave. Tada, odnos šansi je količnik šanse da se pojava uoči u eksperimentalnoj grupi i šanse da se pojava uoči u kontrolnoj grupi, tj.

$$OR = \frac{\frac{A}{B}}{\frac{C}{D}} = \frac{AD}{BC} . \quad (2.8)$$

2.4 Modeli meta-analize

Različiti modeli meta-analize imaju različite početne prepostavke i, kao rezultat, ocenjuju različite parametre. U zavisnosti od cilja istraživanja i prepostavki o studijama, dostupna su tri pristupa za modeliranje veličina efekata: model fiksnih efekata, model slučajnih efekata i model mešovitih efekata (Noel A. Card, 2012).

Formira se baza podataka čiji elementi predstavljaju studije uključene u meta-analizu, dok su promenljive koje će biti posmatrane ocenjeni parametri tih studija. Posmatra se model:

$$\hat{\theta}_j = \theta_j + \varepsilon_j, \quad j = 1, \dots, N, \quad (2.9)$$

gde ε_j predstavlja grešku uzorkovanja, $\varepsilon_j \sim \mathcal{N}(0, \sigma_j^2)$, a N broj studija iz baze podataka. Varijacije σ_j^2 su nepoznate. Meta-analiza koristi ocenjene vrednosti $\hat{\sigma}_j^2$ ovih varijacija, i pretpostavlja model $\varepsilon_j \sim \mathcal{N}(0, \hat{\sigma}_j^2)$.

2.4.1 Model fiksnih efekata

Model fiksnih efekata meta-analize se može predstaviti funkcionalnom formom modela (2.9). Pod pretpostavkom modela fiksnih efekata, sve studije u meta-analizi imaju zajedničku (stvarnu) veličinu efekta, odnosno, da je $\theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_N = \theta$, gde θ_j predstavlja veličinu efekta j -tog zapažanja, $j = 1, \dots, N$, a stvarna (nepoznata) veličina efekta se označava sa θ . Drugim rečima, svi faktori koji mogu uticati na veličinu efekta su isti u svim studijama, i samim tim je stvarna veličina efekta ista u svim studijama. Kako bi se dobila najpreciznija ocena efekta populacije, računa se njena ponderisana srednja vrednost, gde je težina koja se dodeljuje svakoj studiji jednaka inverznoj varijansi te studije. Konkretno, težina koja se dodeljuje svakoj studiji u meta-analizi sa fiksnim efektom je:

$$\omega_{j,FE} = \frac{1}{\hat{\sigma}_j^2}, \quad (2.10)$$

gde $\hat{\sigma}_j^2$ predstavlja standardnu grešku j -te studije. Tada se ponderisana srednja vrednost računa na sledeći način:

$$\hat{\theta} = \frac{\sum_{j=1}^N \omega_{j,FE} \theta_j}{\sum_{j=1}^N \omega_{j,FE}}. \quad (2.11)$$

2.4.2 Model slučajnih efekata

Model fiksnih efekata polazi od pretpostavke da je veličina pravog efekta ista u svim studijama. Međutim, u mnogim sistematskim pregledima ta pretpostavka je malo verovatna. Kada se u meta-analizu uključuje grupa studija, pretpostavlja se da te studije imaju dovoljno toga zajedničkog da bi sinteza informacija bila smislena, ali generalno nema razloga pretpostaviti da je veličina efekta potpuno ista u svim studijama. Pri izvođenju meta-analize, umesto da se započne sa efektom populacije i prave projekcije o opaženim efektima, započinje se sa opaženim efektima i vrši se procena efekta populacije. Model slučajnih efekata se može opisati kao:

$$\hat{\theta}_j = \theta_j + \varepsilon_j = \theta + u_j + \varepsilon_j, \quad (2.12)$$

gde u_j predstavlja varijansu populacije, odnosno, meru raspodele podataka populacije, $u_j \sim \mathcal{N}(0, \hat{\tau}^2)$ i, kao što je gore spomenuto, $\varepsilon_j \sim \mathcal{N}(0, \hat{\sigma}_j^2)$, $j = 1, \dots, N$.

Model slučajnih efekata u meta-analizi može da se oceni u tri opšta koraka:

1. Ocena heterogenosti među veličinama efekata (ε_j),
2. Ocena varijabilnosti populacije u veličinama efekata (u_j) i
3. Računanje težina slučajnih efekata za veličinu efekta studija.

2.4.2.1 Ocena heterogenosti

Analiza heterogenosti je mera koja pokazuje na koji način se veličina efekta razlikuje od studije do studije. Ova statistika testira da li su efekti različitih studija uzrokovani samo greškom uzorkovanja ili i sistematskom razlikom između studija. Vrednost uticaja koji je primećen između studija pokazuje razlike iz dva razloga. Prvi razlog je stvarna heterogenost veličine efekta, dok je drugi razlog povezan sa greškama unutar studija.

Najčešći način ispitivanja heterogenosti i utvrđivanja da li je heterogenost statistički značajna je Q statistika zasnovana na χ^2 testu. Pod nultom hipotezom H_0 , statistika Q ima χ^2 raspodelu sa $k - 1$ stepeni slobode. Kada su veličine efekata heterogene, statistički značajna χ^2 vrednost pokazuje da studije imaju različite raspodele i stoga ne dele veličinu efekta.

Heterogenost je moguće testirati koristeći nekoliko statističkih tehnika. Najčešća tehnika koja se koristi je Kohranov (Cochran) Q -test, koji se izražava sa

$$Q = \sum_{j=1}^N \omega_{j,FE} (\hat{\theta}_j - \hat{\theta}_{FE})^2 = \sum_{j=1}^N \frac{(\hat{\theta}_j - \hat{\theta}_{FE})^2}{\hat{\sigma}_j^2}, \quad (2.13)$$

gde je $\hat{\theta}_{FE}$ zbirna ocena fiksnih efekata, a $\hat{\theta}_j$ ocjenjeni efekat u studiji j . Ako su težine ω_j studija zasnovane na standardnim devijacijama σ , tada pod hipotezom H_0 (homogenost) Q ima χ^2 raspodelu sa $N - 1$ stepeni slobode gde N predstavlja broj studija uključenih u uzorak. Zbog toga što se težine zasnivaju na ocenama za standardnu devijaciju, Q ima samo približnu χ^2 raspodelu.

Budući da Q -statistika veliki značaj dodeljuje količini studija uključenih u uzorak, odnosno, veoma zavisi od obima uzorka, neretko se dešava da nije vrlo informativna kada se razmatra u analizama sa veoma velikim ili malim uzorcima. Zbog toga se uvodi koeficijent I^2 , koji ocenjuje udeo ukupne varijacije u studijama koja je nastala kao rezultat heterogenosti. Prvo se razmatra koeficijent H koji predstavlja relativan višak u Q u odnosu na broj stepeni slobode

$$H^2 = \frac{Q}{N - 1}, \quad (2.14)$$

odakle se dobija veza između H^2 i I^2 prikazana kao (Higgins & Thompson, 2002)

$$I^2 = \frac{H^2 - 1}{H^2}. \quad (2.15)$$

Dalje se ono može predstaviti na sledeći način:

$$I^2 = \frac{Q - (N - 1)}{Q} \times 100\%. \quad (2.16)$$

Smatra se da vrednost manja od 25% pokazuje jaku homogenost, vrednost oko 50% umerenu heterogenost, dok vrednost veća od 75% ukazuje na značajnu heterogenost. Ukoliko je vrednost Q -statistike manja od broja stepeni slobode ($N - 1$), što se može desiti u slučaju kada ocenjeni efekti studije j , $\hat{\theta}_j$, ne odstupaju u velikoj meri od ocene fiksnih efekata, $\hat{\theta}_{FE}$, koeficijent I^2 će biti negativan broj. Međutim, njegova vrednost će biti predstavljena nulom, što indikuje da nema uočene heterogenosti. Očekivana vrednost χ^2 statistike u slučaju odsustva heterogenosti jednaka je broju stepeni slobode. Zbog toga, prikaz koeficijenta I^2 se može preformulisati sa

$$I^2 = \max \left\{ 0, \frac{Q - (N - 1)}{Q} \right\} \times 100\%. \quad (2.17)$$

Ograničenje ovog koeficijenta se ogleda u tome što, slično Kohranovom Q -testu, predstavlja meru globalne heterogenosti, ali ne pruža informacije o faktorima koji uzrokuju tu heterogenost.

2.4.2.2 Ocena varijabilnosti populacije

Kako bi se ocenila varijabilnost u populaciji, neophodno je podeliti uočenu heterogenost na onu koja se očekuje usled fluktuacija uzoraka i onu koja predstavlja stvarna odstupanja u veličinama efekta populacije. Iako se ne može zasigurno znati u kojoj je meri odstupanje jedne studije od centralne tendencije usled fluktuacije uzorkovanja u odnosu na njeno mesto u raspodeli veličina efekta populacije, može se napraviti ocena jačine varijabilnosti populacije na osnovu uočene heterogenosti (potpuna varijabilnost) i onoga što se može očekivati s obzirom na standardne greške u studiji. Konkretno, varijabilnost populacije (τ^2) se dobija tako što se očekivana vrednost Q -statistike izjednači sa njenom uočenom vrednošću, odnosno (DerSimonian & Laird, 1986):

$$E(Q) = \tau^2 \left(\sum \omega_{j,FE} - \frac{\sum \omega_{j,FE}^2}{\sum \omega_{j,FE}} \right) + (N - 1), \quad (2.18)$$

odakle sledi da je ocena varijabilnosti populacije

$$\hat{\tau}^2 = \max \left\{ 0, \frac{Q - (N - 1)}{\sum \omega_{j,FE} - \frac{\sum \omega_{j,FE}^2}{\sum \omega_{j,FE}}} \right\}. \quad (2.19)$$

2.4.2.3 Izračunavanje težina slučajnih efekata

Procenjujući promenljivost populacije u veličinama efekata, sledeći korak je izračunavanje novih težina slučajnih efekata za svaku studiju. Pre nego što opišemo ovo računanje, korisno je razmotriti logiku težina slučajnih efekata. U modelu fiksnih efekata pretpostavlja se da je nepreciznost u veličinama efekta studije nastala samo zbog standardne greške određene veličine efekta. Kao što se može videti u postavci modela slučajnih efekata, uzimaju se obzir dva izvora odstupanja veličina efekata oko srednje vrednosti: varijansa populacije (u_j , koja ima ocenjenu varijansu $\hat{\tau}^2$) i fluktuacija uzorkovanja (ε_j). Drugim rečima, modeli slučajnih efekata uzimaju u obzir dva izvora nepreciznosti u proceni veličine efekta: varijabilnost populacije i fluktuaciju uzoraka. Konkretno, težine slučajnih efekata (ω_j^*) se dobijaju korišćenjem sledeće formule:

$$\omega_{j,SE}^* = \frac{1}{\hat{\sigma}_j^2 + \hat{\tau}^2}. \quad (2.20)$$

2.5 Pristolost publikacija

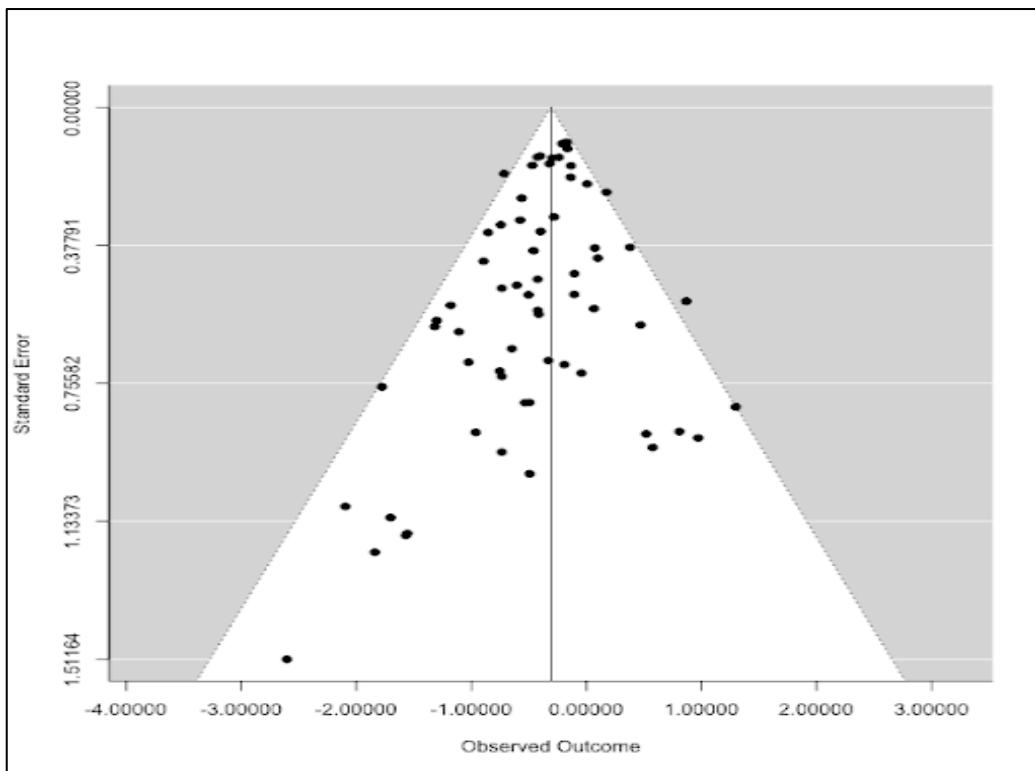
Meta-analiza je oblik statističke procene efekta na osnovu uzorka studija efekta. Statistička procena zasniva se na prepostavci o nepristrasnom uzorku, jer pristrasan uzorak dovodi do pristrasne procene. Kako je lakše pronaći studije koje su objavljene nego one koje nisu, i kako se veruje da su objavljene studije kvalitetnije zbog procesa recenzije, meta-analize se zasnivaju na uzorku koji se sastoji iz objavljenih studija. Ako bi postojala pristrasnost publikacija, rezultati meta-analiza bi i sami bili pristrasni. Istraživači, recenzenti i urednici tretiraju „statistički značajne“ rezultate povoljnije; stoga su verovatnije da će biti objavljene (Borenstein & Rothstein, 2007). Studije koje pronađu relativno male i „beznačajne“ efekte mnogo su manje verovatne da će biti objavljene, jer se može smatrati da malo govore o predmetnoj pojavi.

U praksi se generalno ne objavljaju sve studije koje se sprovode u okviru određenih tema. Razlog tome su studije kod kojih ne postoji statistički značajan rezultat ili koje pronalaze samo slabu povezanost smatraju nedostojne da bi bile publikovane, te se veruje da one negativno utiču na ukupni efekat ili stvaraju pristrasnost u povećanju prosečne veličine efekta.

S obzirom na rizik pristrasnosti publikacija, meta-analize mogu dovesti do lažne preciznosti. Ukupna veličina uzorka može biti veoma velika, pružajući ocene koje su naizgled tačne i precizne, ali nisu manje pristrasne. Stoga bi sistematični pregledi trebalo da istraže mogućnost postojanja takvog rizika. Za ispitivanje pristrasnosti publikacija studije, trebalo bi razmotriti sledeća pitanja:

- Postoje li dokazi o pristrasnosti publikacija?
- Da li je moguće da je opšta veličina efekta rezultat pristrasnosti publikacija?
- U kojoj meri je ukupni efekat pod njenim uticajem?

Da bi se odgovorilo na ova pitanja koristeći statističke metode, u meta-analizi se koristi niz kalkulacija. Jedna od najpopularnijih od ovih metoda je metoda grafika levka (*funnel plot*). Podaci dobijeni putem ove metode nisu u potpunosti objektivni, ali ona pruža mogućnost da se utvrди da li pristrasnost publikacija utiče na takve studije.



Slika 2.1: Grafik levka⁴

Na grafiku x -osa prikazuje ocenu veličine efekta ($\hat{\theta}_j$), dok y -osa označava standardnu grešku ($\hat{\sigma}_j$), odnosno, inverznu vrednost standardne greške ($\frac{1}{\hat{\sigma}_j}$) j -te studije. Studije velikog obima biće preciznije i pokazivaće manje varijacija od studija malog obima. Kada ne bi bilo pristrasnosti publikacija, grafik bi bio simetričan u okolini srednje vrednosti. Kao što je već spomenuto, jedan od načina za generisanje pristrasnosti publikacija je taj da se studije bez značajnih rezultata ne objavljuju.

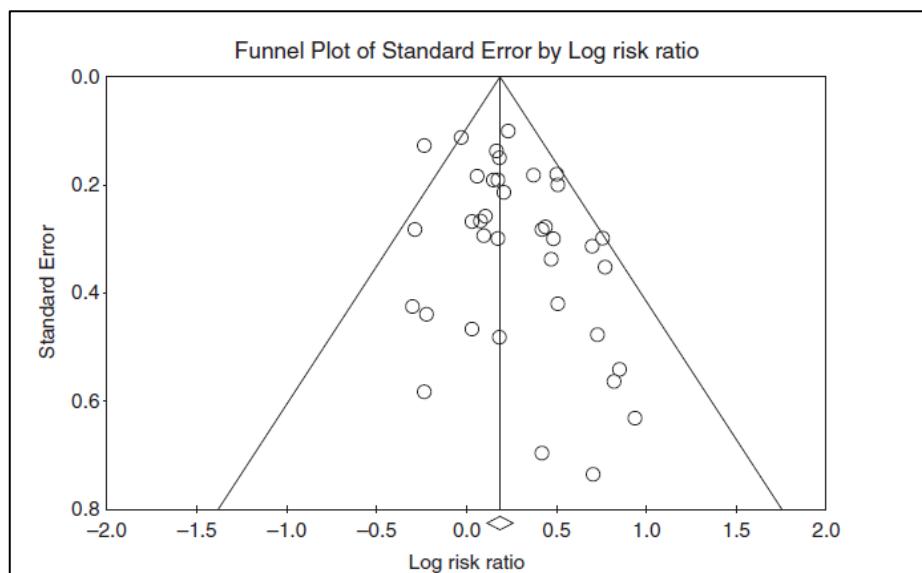
Na primeru grafika levka (Slika 2.1), nema dokaza o pristrasnosti publikacija za studije uključene u meta-analizu. Ukoliko bi postojala pristrasnost publikacija, grafik levka bi trebalo da predstavlja ozbiljan stepen asimetrije. Kada bi veliki broj studija bio koncentrisan na donjem kraju levka ispod linije koja označava prosečnu veličinu efekta i naginjao se u stranu, tada bi pristrasnost publikacija bila očigledna.

Statističke tehnike koje se koriste za ispitivanje postojanja pristrasnosti publikacija nisu ograničene na tehniku grafika levka, iako je on možda najpraktičniji za primenu. Pored toga, jedna od ostalih tehnika je *Failsafe N*. Prepostavka je da meta-analiza bazirana na N studija

⁴ preuzeto sa <http://www.cebm.brown.edu/openmee/help.html>

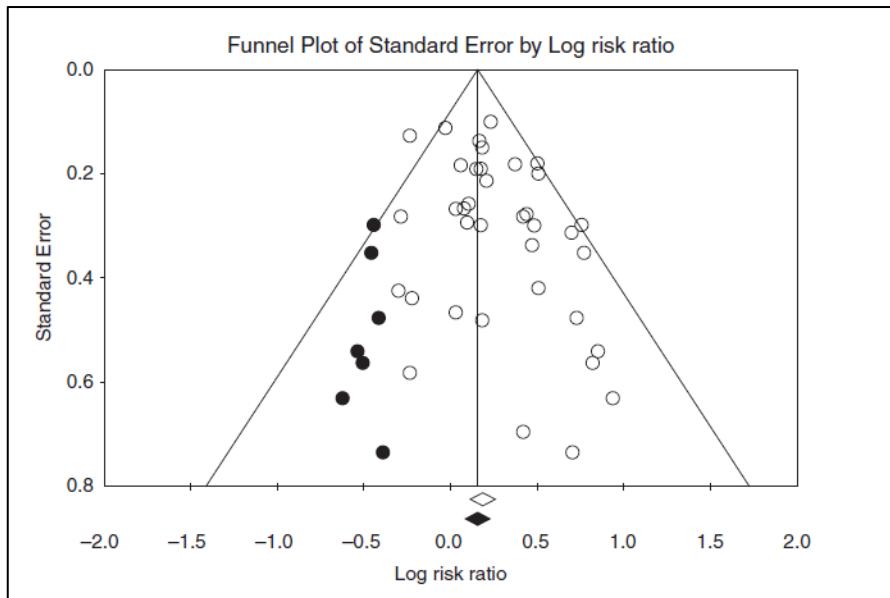
ima određenu p -vrednost, i u slučaju kada bi se u analizu uključile i studije sa manjim efektima, ta vrednost bi prestala da bude statistički značajna. Tehnikom *Failsafe N* se može odrediti tačan broj nedostajućih studija koje treba uključiti u meta-analizu pre nego što p -vrednost postane statistički bezznačajna.

Pored toga, postoji i metoda *Trim-and-Fill*, koja predstavlja repetitivnu proceduru uklanjanja studija manjeg obima sa pozitivnog kraja grafika levka, gde se pri svakoj iteraciji ponovo računa veličina efekta $\hat{\theta}$, sve dok grafik levka ne postane simetričan oko nove veličine efekta. U teoriji, ovo bi uzrokovalo nepristrasnu prilagođenu ocenu veličine efekta, ali bi i smanjilo interval poverenja. Zatim se uklonjene studije ponovo dodaju u analizu, zajedno sa njihovim suprotnim vrednostima, kako bi se održala simetričnost grafika (Borenstein & Rothstein, 2007).



Slika 2.2: Grafik levka (Borenstein & Rothstein, 2007)

Na Slici 2.2 se posmatra primer odnosa rizika pasivnog pušenja i karcinoma pluća, gde je posmatrana veličina efekta na x -osi prikazana kao odnos rizika u logaritamskom obliku, dok se na y -osi nalazi ocena standardne greške. Subjektivno gledano, uočava se asimetrija, gde se većina studija u dnu grafika pojavljuje sa desne strane, što indikuje veći rizik, i poklapa se sa mogućnošću da nedostaju studije sa leve strane grafika.



Slika 2.3: Grafik levka sa ubačenim studijama (Borenstein & Rothstein, 2007)

Na Slici 2.3 je prikazan grafik levka nakon primene *Trim-and-Fill* metode, gde popunjeni krugovi predstavljaju dodate “nedostajuće” studije (čiji nedostatak je uzrokovao početnu asimetriju na grafiku). U dnu grafika je uz prvobitnu veličinu efekta prikazana i nova veličina efekta, oko koje je grafik sada simetričan.

Prepostavka je da, pored N posmatranih studija uzorka, postoji dodatnih k_0 neposmatranih studija usled pristrasnosti publikacija. Vrednost k_0 , kao i veličine efekta koje bi proizile iz tih studija u slučaju kad bi se one uzele u obzir su nepoznati, i potrebno ih je oceniti. Dalje se svaka od razlika $\hat{\theta} - \hat{\theta}_j$, $j = 1, \dots, N$, obeležava sa X_j , gde X_h predstavlja najmanju vrednost među X_j . Zatim se posmatrane absolutne vrednosti $|X_j|$ rangiraju sa r_j^* , gde se rang kreće od 1 do N . Posmatra se Vilkoksonova test statistika za posmatrani skup promenljivih X_j , izostavljajući one koje su isključene. Tada je rang test za posmatranih $n = N - k_0$ promenljivih dat sa

$$T_n = \sum_{X_j > 0} r_j^*. \quad (2.21)$$

Na osnovu ovih veličina se definišu 3 koeficijenta za ocenjivanje vrednosti k_0 (Talebi, 2013):

$$R_0 = \gamma^* - 1, \quad (2.22)$$

gde je $\gamma^* = N - r_h^* \geq 0$,

$$L_0 = \frac{4T_n - n(n+1)}{2n-1}, \quad (2.23)$$

i

$$Q_0 = n - \frac{1}{2} - \sqrt{2n^2 - 4T_n + \frac{1}{4}}. \quad (2.24)$$

2.6 Meta-regresija

Meta-regresiona analiza, ili meta-regresija, je proširenje standardne meta-analize koja istražuje u kojoj meri se statistička heterogenost između rezultata više studija može povezati s jednom ili više karakteristika studija. Meta-regresija je analogna standardnoj regresiji koja se koristi kada su dostupni pojedinačni podaci, ali u meta-regresiji, zapažanja su studije, ishod od interesa je veličina efekta, a kovarijati se beleže na nivou ispitivanja. Kovarijati na nivou studije u meta-regresiji poznati su kao moderatori. U literaturi o meta-analizi najčešće se razmatraju dve vrste meta-regresije: meta-regresija fiksnih efekata i meta-regresija slučajnih efekata.

Meta-regresija fiksnih efekata prepostavlja da sva heterogenost između rezultata studije može biti uračunata od strane uključenih moderatora. Neka je X_j vektor moderatora dimenzije $p \times 1$ sa odgovarajućim nepoznatim koeficijentom vektora, β . Meta-regresija fiksnih efekata je data sa:

$$\hat{\theta}_j = \boldsymbol{\beta} X_j + \varepsilon_j, \quad (2.25)$$

gde su težine pridružene svakoj studiji j date sa $\omega_j = \frac{1}{\hat{\sigma}_j^2}$ i vektor ocjenjenih koeficijenata regresije je predstavljen sa $\hat{\beta} = (X' \Omega X)^{-1} X' \Omega \hat{\theta}$, gde je

$$\Omega = \begin{bmatrix} \omega_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \omega_N \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

dijagonalna matrica težina. Prepostavlja se da su $\varepsilon_j \sim \mathcal{N}(0, \hat{\sigma}_j^2)$ međusobno nezavisne.

Tradicionalna meta-regresija fiksnih efekata ne modeluje rezidualnu heterogenost, ali se može uključiti tako što će se multiplikativni faktor, φ , primeniti na svaku od varijansi $\hat{\sigma}_j^2$, pa će tada model biti

$$\hat{\theta}_j = \boldsymbol{\beta} X_j + \varepsilon_j^\varphi,$$

gde je $\varepsilon_j^\varphi \sim \mathcal{N}(0, \hat{\sigma}_j^2 \varphi)$. Ovaj model je poznat kao meta-regresija fiksnih efekata sa multiplikativnim parametrom disperzije, ili multiplikativna meta-analiza fiksnih efekata.

Meta-regresija slučajnih efekata uključuje rezidualnu heterogenost putem aditivnih grešaka, što je u modelu predstavljeno preko slučajnog efekta specifičnog za posmatranu studiju. Pretpostavka je da ti slučajni efekti imaju normalnu raspodelu sa očekivanjem 0 i varijansom τ^2 , što procenjuje ostalu među-studijsku heterogenost koja nije objašnjena posmatranim moderatorima.

Meta-regresija slučajnih efekata je data sa:

$$\hat{\theta}_j = \boldsymbol{\beta} X_j + u_j + \varepsilon_j, \quad (2.27)$$

gde su težine pridružene svakoj studiji j date sa $\omega_{j,SE}^* = \frac{1}{\hat{\sigma}_j^2 + \tau^2}$ i vektor ocenjenih koeficijenata regresije je predstavljen sa $\hat{\beta}^* = (X' \Omega^* X)^{-1} X' \Omega^* \hat{\theta}$, gde je

$$\Omega^* = \begin{bmatrix} \omega_{1,SE}^* & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \omega_{N,SE}^* \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

dijagonalna matrica težina. Prepostavlja se da su $u_j \sim \mathcal{N}(0, \tau^2)$ i $\varepsilon_j \sim \mathcal{N}(0, \hat{\sigma}_j^2)$ nezavisni.

Pored numeričkih promenljivih, u meta-regresionu analizu mogu biti uključene i kategorijalne promenljive (poznate i kao indikatori ili kvalitativne promenljive), koje klasifikuju različita opažanja u grupe. Imaju ograničen broj različitih vrednosti (nivoa). Na primer, pol pojedinaca je kategorijalna promenljiva koja može da ima dva nivoa: muški ili ženski. Budući da regresiona analiza zahteva da se promenljive iskazuju numerički, ukoliko bi bilo potrebno u regresioni model uvrstiti kategorijalnu promenljivu, bili bi potrebni dodatni koraci. U ovim koracima kategorijalne promenljive se kodiraju u skup pojedinačnih binarnih promenljivih. Ovo kodiranje naziva se „dummy kodiranjem“.

Potrebno je napomenuti da rezultati regresije u mnogo tome zavise od veličine uzorka i broja promenljivih koje su uključene u analizu. Broj opservacija u uzorku se može klasifikovati uopšteno tako da se uzorak koji ima 30 ili manje opservacija smatra malim,

uzorci koji sadrže oko 150 opservacija smatraju umerenim, dok se uzorci koji sadrže više od 300 opservacija smatraju velikim (Mason, Charlotte H; Perreault, 2012). Jedan od problema koji se pojavljuju kod malih uzoraka je taj da, kad se koristi uzorak manjeg obima, povećava se šansa da se neistinita hipoteza oceni kao istinita (Faber & Fonseca, 2014). To implicira razmatranje dve vrste grešaka u ispitivanju statističkih hipoteza, greške tipa I i II, gde se prva vrsta greške odnosi se na to da je nulta hipoteza H_0 (koja se odnosi na konkretnu pretpostavku) tačna, ali se odbacuje, dok se druga vrsta greške odnosi kada je nulta hipoteza H_0 netačna, ali se ne odbacuje.

Sa druge strane, kao što je slučaj u primarnim studijama, gde je potrebna odgovarajuća razmara ispitanika prema nezavisnim promenljivama kako bi analiza bila smislena, u meta-analizi je potreban prikladno veliki odnos studija prema moderatorima uključenim u meta-analizu. Stoga upotrebu meta-regresije sa višestrukim moderatorima i malim brojem studija je potrebno posmatrati s rezervom. U primarnim studijama se preporučuje odnos od najmanje deset ispitanika za svaku nezavisnu promenljivu, što bi odgovaralo pravilu od deset studija za svaku moderatorsku promenljivu u meta-regresiji (Borenstein & Rothstein, 2007). Međutim, ni za jedan slučaj nisu utvrđena pravila, tako da se ovo smatra preporukama.

2.6.1 Multikolinearnost

Kako bi se utvrdilo da ne postoji visoka korelacija između dve ili više nezavisnih promenljivih, prilikom formiranja modela potrebno je ispitati postojanje multikolinearnosti. Ukoliko bi multikolinearnost bila prisutna u uzorku, to bi prouzrokovalo veće standardne greške koeficijenata i veliku promenu u koeficijentima usled male promene u podacima. Mogući uzroci multikolinearnosti su velike promene prilikom uključenja/isključenja neke nezavisne promenljive, mali uzorak, kao i uključenje nezavisne promenljive koja je transformacija druge nezavisne promenljive ili kombinacija više nezavisnih promenljivih iz modela. Sredstvo za identifikaciju postojanja multikolinearnosti je faktor inflacije varijanse (VIF), dat sa:

$$VIF_k = \frac{1}{1 - R_k^2}, \quad (2.29)$$

gde R_k^2 predstavlja koeficijent determinacije regresionog modela u kojem se ispituje veza između k -te nezavisne promenljive naspram preostalih nezavisnih promenljivih. Smatra se

da ukoliko je vrednost koeficijenta $VIF = 1$, ne postoji korelacija između k -te nezavisne promenljive i ostatka nezavisnih promenljivih, odnosno, posmatrana nezavisna promenljiva se ne može objasniti pomoću ostalih.. Što je ta vrednost veća, jača je korelacija između prediktora. Vrednosti iznad 4.5 pokazuju umerenu korelaciju, dok vrednosti iznad 10 ukazuju na jaku korelaciju.

2.7 Prednosti i kritike meta-analize

S jedne strane, meta-analitičke procedure nameću korisnu praksu u procesu sumiranja rezultata istraživanja. Dobra meta-analiza se sprovodi kao struktuirana tehnika istraživanja i zahteva da svaki korak bude dokumentovan i otvoren za razmatranje. To uključuje organizovane strategije pretraživanja za identifikaciju i pronalaženje prihvatljivih studija, formalno kodiranje karakteristika studije i rezultata i analizu podataka kako bi se podržali zaključci koji su izvučeni. Čineći proces rezimiranja istraživanja sistematičnim, čitalac može proceniti autorove pretpostavke, procedure, dokaze i zaključke, umesto samo verovati da su zaključci valjni.

Takođe, procenjujući veličinu efekta u svakoj studiji i objedinjujući te procene kroz studije (dajući veću težinu većim studijama), meta-analizom se dolazi do procena zajedničkog efekta sa znatno više statističke snage od pojedinačnih studija. Značajni i diferencijalni efekti povezani sa studijskim razlikama imaju mnogo veću verovatnoću da budu otkriveni meta-analizom nego manje sistematskim i analitičkim pristupima.

S druge strane, skoro svaka meta-analiza ima neku svojstvenu pristrasnost zbog kriterijuma za uključivanje / isključivanje i metoda izabranih za pregled literature. U idealnom slučaju bi se dobili svi podaci prikupljeni za posmatranu tematiku, ali neki podaci se ne objavljuju, posebno ako daju rezultate koji ne postižu statističku značajnost. Meta-analiza obično uključuje studije koje se značajno razlikuju u jedinicama uzorkovanja, metodama za merenje i operacionalizaciju nezavisnih i zavisnih promenljivih, pristupima analitičkih podataka i statističkim nalazima.

Meta-analiza se ponekad kritikuje jer uključuje sumiranje rezultata studija koje se primetno razlikuju u njihovoј operacionalizaciji i merenju nezavisnih i zavisnih promenljivih i koje koriste različite vrste jedinica za uzorkovanje kako bi se postigli odgovori na slična

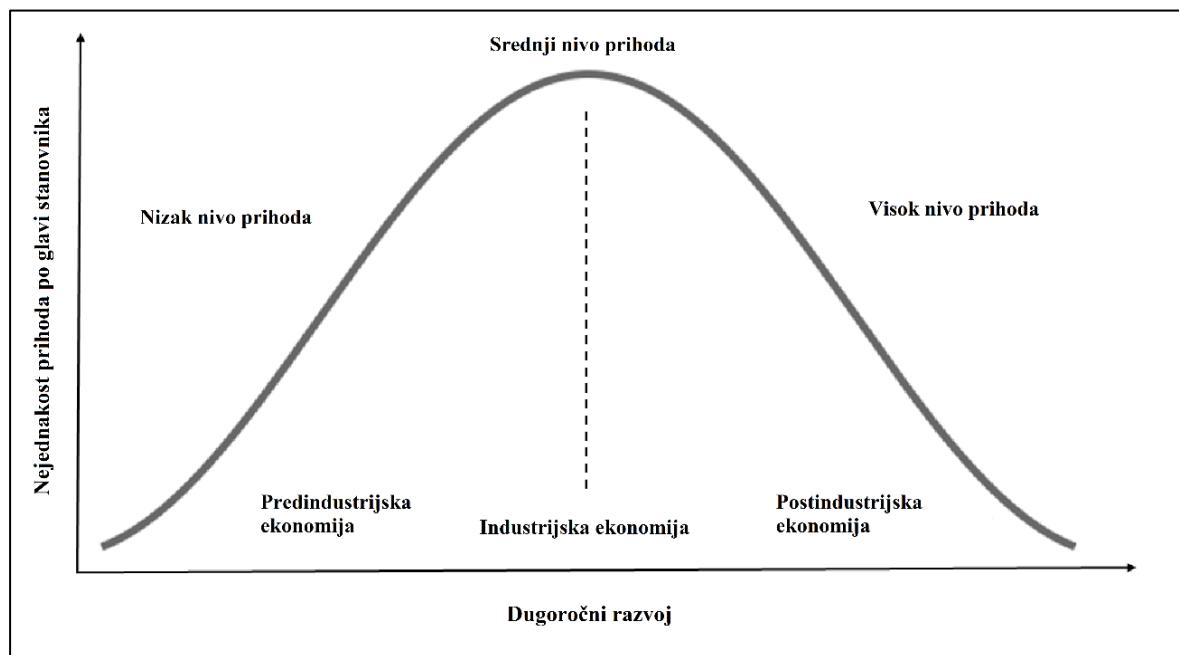
pitanja, iako često nisu identična. Stoga se tvrdi da je meta-analiza analogna uzimanju "jabuka i kruški" i poređenju takvih mera kao što su njihove težine, veličine, ukusi i rok trajanja.

3 Ekonomski modeli

U ovom poglavlju će biti uvedeni ekonomski modeli na kojima će se pokazati primena meta-analize.

3.1 Kuznjecova kriva

U pedesetim i šezdesetim godinama prošlog veka Sajmon Kuznjec (Kuznets, 1955) je pretpostavio da se, kako se ekonomija razvija, tržišna moć na početku povećava, a nakon toga smanjuje ukupnu ekonomsku nejednakost društva. On je 1955. godine postavio model koji pokazuje da odnos između prihoda po glavi stanovnika i nejednakosti prihoda može biti predstavljen pomoću krive konkavnog oblika, koji podseća na obrnuto slovo *U*. Model pokazuje da, kako se prihod po glavi stanovnika povećava, nejednakost prihoda se u početku ponaša na isti način, a zatim počinje da opada nakon određenog trenutka. Drugim rečima, rast prihoda u početnim fazama ima nejednaku raspodelu, a zatim raspodela prihoda postiže veću jednakost sa ekonomskim rastom. Ovaj empirijski fenomen poznat je i kao Kuznjecova kriva.



Slika 3.1: Kuznjecova kriva

Od devedesetih godina prošlog veka, ova kriva dobija još jednu interpretaciju. Nađeni su empirijski dokazi da i nivo degradacije životne sredine i prihod po glavi stanovnika slede isti konkavni oblik krive. Zbog toga, ekološka Kuznjecova kriva (EKC) postaje sredstvo za opisivanje odnosa nivoa kvaliteta životne sredine i prihoda po glavi stanovnika (Mitić, Kresoja, & Minović, 2019). Kriva implicira da se, kao posledica industrijalizacije društva, centar ekonomije iz ruralnih područja seli u gradove dok seoski radnici, poput poljoprivrednika, počinju migrirati tražeći bolje plaćene poslove. Međutim, ova migracija rezultuje velikim nedostatkom prihoda u ruralnim i urbanim sredinama, a ruralno stanovništvo opada kao posledica povećanja gradskog stanovništva. Međutim, prema Kuznjecovoj hipotezi, očekuje se da će se ista ekonomska nejednakost smanjiti kada se dostigne određeni nivo prosečnog dohotka i zahvate procesi povezani sa industrijalizacijom, poput demokratizacije i razvoja socijalne države. Upravo u tom trenutku ekonomskog razvoja društvo treba da ima koristi od efekta smanjivanja i povećanja dohotka po glavi stanovnika što efikasno smanjuje ekonomsku nejednakost.

Veliki broj ekonometrijskih studija je testiralo pojavu EKC u kontekstu ekološke degradacije bazirane na prihodima. Uglavnom su to modeli u kojima je indikator ekološke degradacije kvadratna ili kubna funkcija, na primer:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 x_{it}^3 + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (3.1)$$

gde je y ekološki indikator, x označava prihod, z je dodatna promenljiva koja utiče na ekološku degradaciju, a β predstavljaju parametre koje je potrebno oceniti. Parametar t predstavlja vreme, a i predstavlja lokaciju, kao što je država, grad, ili bilo koja vrsta vlasti odgovorna za ekološku politiku. Ovaj model pruža važne informacije o odnosu između ekologije i ekonomskog rasta. Naime, ukoliko bi bilo $\beta_1 > 0$ ($\beta_1 < 0$) i $\beta_2 = \beta_3 = 0$, tada bi postojala monotono rastuća (opadajuća) veza između prihoda x i ekologije y . Drugi slučaj je kada $\beta_1 < 0$, i $\beta_2 > 0$ i $\beta_3 = 0$, što bi označavalo originalni EKC šablon, odnosno, vezu koja je grafički predstavljena kao invertovano slovo U , gde je ekstremna tačka data sa $x^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$. Treći slučaj je kada je $\beta_1 > 0$, i $\beta_2 < 0$ i $\beta_3 > 0$, čiji oblik na grafiku izgleda kao slovo N . Poslednji slučaj je kada su svi koeficijenti jednaki 0, odnosno $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, što indikuje da ne postoji veza između x i y (Kijima, Nishide, & Ohyama, 2010).

3.2 Lorencova kriva

Lorencova kriva je sredstvo koje se koristi za predstavljanje raspodele prihoda, odnosno, pomoću nje može da se objasni koji je udeo ukupnog prihoda u rukama određenog procenta stanovništva. Takođe ukazuje na stepen nejednakosti prihoda, što je grafički prikazuje kao rastojanje krive od linije jednakosti – što je kriva dalja od linije jednakosti (p), to je raspodela prihoda neravnomernija.

Standardna definicija Lorencove krive se može svesti na dve jednačine. Prvo je potrebno odrediti kvantil, što bi zahtevalo pronalazak rešenja z u jednačini:

$$p = F(z) = \int_0^z f(t)dt, \quad (3.2)$$

gde je $F(x)$ neopadajuća funkcija raspodele neprekidne slučajne promenljive X , a $f(x)$ neprekidna funkcija gustine. Zatim je potrebno rešiti i sledeću jednačinu, gde je sa $L(p)$ prestavljena neskalarirana funkcija Lorencove krive:

$$L(p) = \frac{1}{\mu} \int_0^z tf(t)dt. \quad (3.3)$$

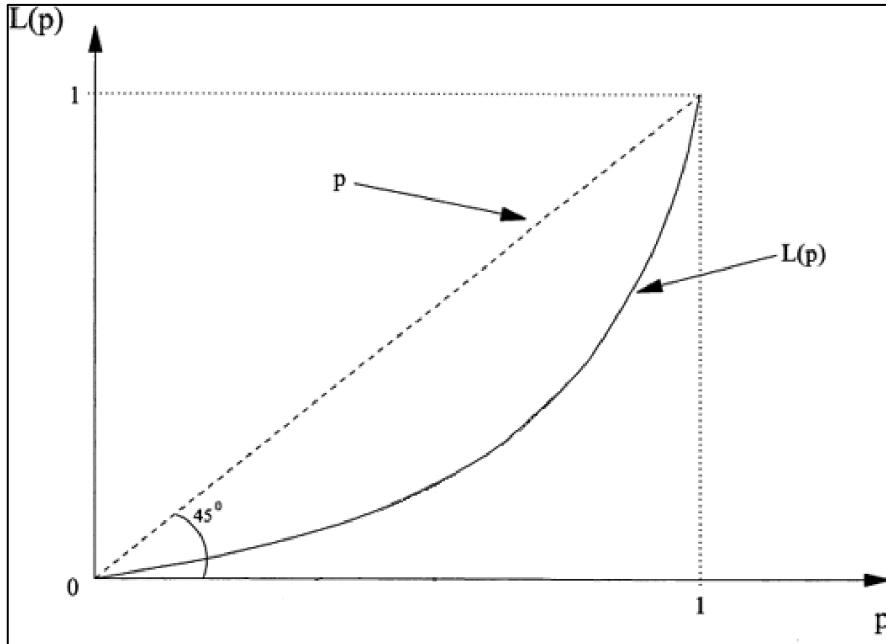
Direktan način na koji ona može da se napiše, budući da važi da je $z = q(p) = F^{-1}(p)$, gde je $q(p)$ kvantil, je sledeći:

$$L(p) = \frac{1}{\mu} \int_0^p q(t)dt = \frac{1}{\mu} \int_0^p F^{-1}(t)dt. \quad (3.4)$$

Još jedan način na koji se može prikazati, koristeći relaciju $\mu = \int_0^1 q(t)dt$, je sledeći:

$$L(p) = \frac{\int_0^p q(t)dt}{\int_0^1 q(t)dt}. \quad (3.5)$$

Brojilac predstavlja sumu prihoda donjeg p udela populacije, dok imenilac predstavlja sumu prihoda cele populacije. Prema tome, $L(p)$ indikuje kumulativni procenat ukupnog prihoda u odnosu na kumulativni p udeo populacije, u slučaju kada su pojedinci poređani po rastućem poretku vrednosti prihoda (Lubrano, 2012).



Slika 3.2: Lorencova kriva

U diskretnom slučaju, Lorencova kriva n tačaka empirijske raspodele, npr. prihoda domaćinstva, $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n), x_i \geq 0$, može da se konstruiše kao ideo $L\left(\frac{k}{n}\right)$ ukupnog prihoda najsiromašnjeg $\frac{k}{n}$ procenta domaćinstava, a zatim i primeni linearna interpolacija.

Tada je Lorencova kriva definisana kao:

$$L\left(\frac{k}{n}\right) = \frac{\sum_{i=1}^k x_{i:n}}{\sum_{i=1}^n x_{i:n}}, k = 1, \dots, n, \quad (3.6)$$

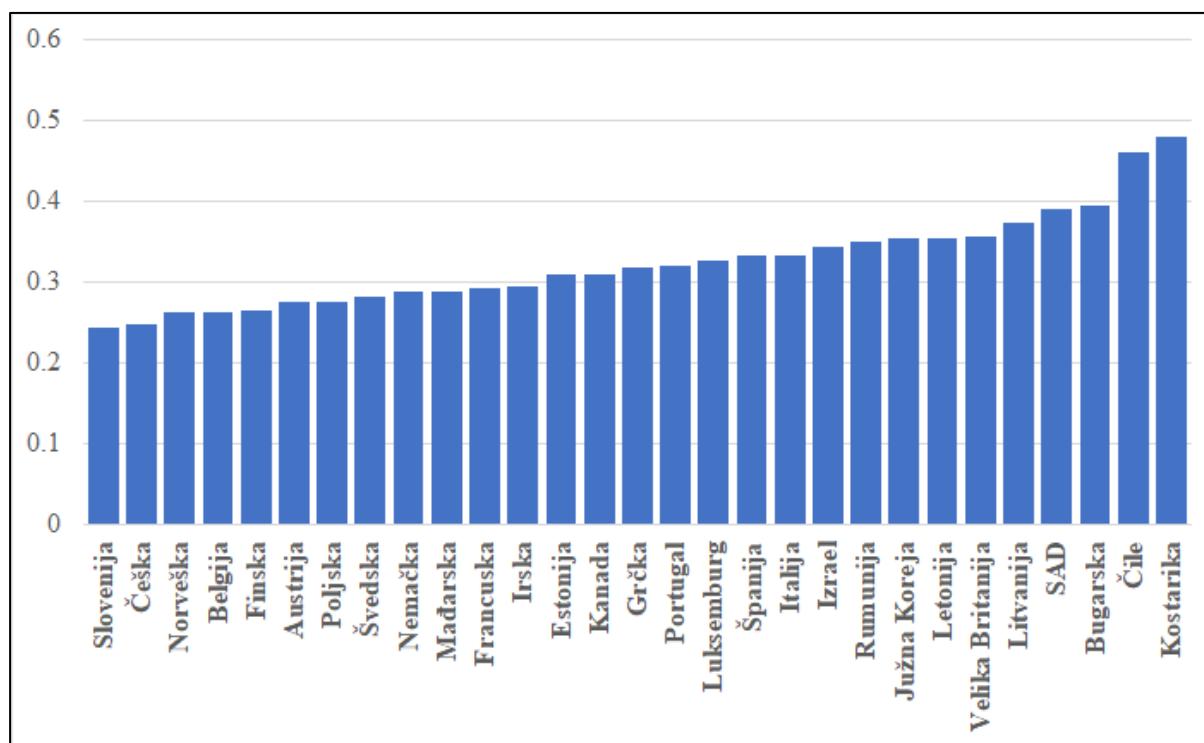
gde $x_{i:n}$ predstavlja i -ti najniži prihod, a neprekidna kriva $L(u), u \in [0,1]$, je data sa:

$$L(u) = \frac{\sum_{i=1}^k x_{i:n}}{\sum_{i=1}^n x_{i:n}} \frac{1}{n\bar{x}} \left\{ \sum_{i=1}^{\lfloor un \rfloor} x_{i:n} + (un - \lfloor un \rfloor)x_{\lfloor un \rfloor + i:n} \right\}, \quad (3.7)$$

gde je $\lfloor un \rfloor$ najveći realan broj koji nije veći od un (Kleiber, 2007).

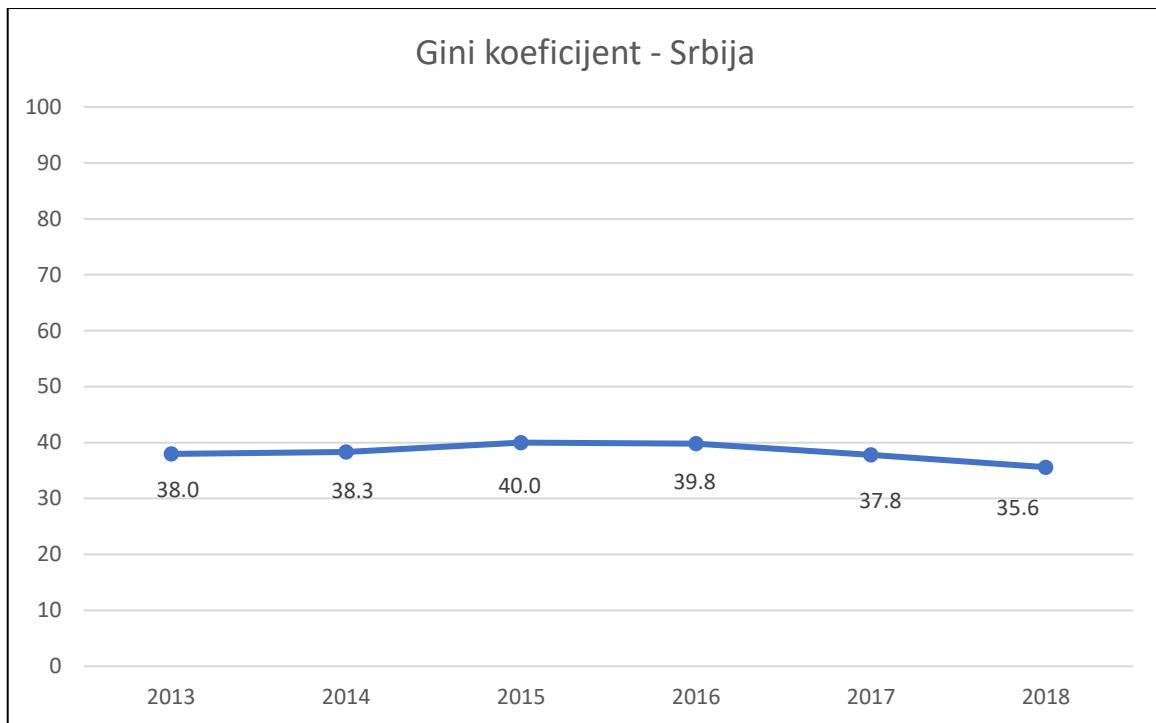
3.3 Gini koeficijent

Gini koeficijent, ili Gini indeks, predstavlja statističku meru ekonomske nejednakosti stanovništva, i strogo je povezan sa prikazom nejednakosti prihoda putem Lorencove krive. Ima široku primenu u merenju nejednakosti prihoda i raspodeli bogatstva, uglavnom zbog svoje intuitivne geometrijske interpretacije. Ova mera se može definisati na različite načine. Generalno, Gini koeficijent je funkcija $G: R_n^+ \rightarrow [0,1]$ koja svakom nenegativnom vektoru prihoda dodeljuje realan broj između 0 i 1, koji predstavlja nivo nejednakosti u društvu. Ova mera uzima vrednost 0 u slučaju savršene jednakosti, a 1 u slučaju savršene nejednakosti. Zemlja u kojoj bi svi stanovnici imali jednak prihod imala bi Gini koeficijent prihoda 0, dok ona u kojoj bi jedan stanovnik zaradio sav prihod, imala bi Gini koeficijent prihoda 1.



Slika 3.3: Grafički prikaz Gini koeficijenta za 2017. godinu⁵

⁵ Podaci preuzeti sa <https://data.oecd.org/inequality/income-inequality.htm>



Slika 3.4: Grafički prikaz Gini koeficijenta Srbije (prikazan u procentima) za period 2013-2018. godine⁶

Kada bi svi pojedinci imali jednak prihod, kumulativni procenat ukupnog prihoda bilo kojeg donjeg p dela populacije takođe bi bio p . Lorencova kriva bi tada bila $L(p) = p$: deo stanovništva i deo ukupnog prihoda bili bi identični. Koristan podatak koji se može dobiti putem Lorencove krive je zapravo njeno rastojanje od linije savršene jednakosti prihoda, $p - L(p)$.

Lorencova kriva je smeštena u donji trougao jediničnog kvadrata površine 1. Kako je površina tog trougla jednaka $\frac{1}{2}$, a potrebno je da se dobijeni koeficijent u intervalu $[0,1]$, neophodno je uzeti dvostruku vrednost integrala izraza $p - L(p)$, odnosno:

$$G = 2 \int_0^1 (p - L(p)) dp = 1 - 2 \int_0^1 L(p) dp, \quad (3.8)$$

što predstavlja prikaz Gini koeficijenta kao površine.

⁶ Podaci preuzeti sa <https://ec.europa.eu/eurostat>

4 Primeri primene meta-analize

U ovom poglavlju biće prikazana dva primera primene meta-analize na ekonomskim modelima. Prvi primer će obuhvatiti analizu rezultata preuzetog rada *The productivity paradox: A Meta-analysis* (Polák, 2017b), gde se ispituje efekat ulaganja u informacione tehnologije na rast produktivnosti. Drugi primer će predstavljati samostalnu meta-analizu uticaja nejednakosti prihoda na ekonomski rast, sprovedenu na uzorku od 21 studije.

4.1 Meta-analiza paradoksa produktivnosti

4.1.1 Uvod

Rast produktivnosti je suštinska komponenta ekonomskog rasta i razvoja. On proizlazi iz inovacija i razvoja novih proizvodnih metoda, procedura i tehnologija. Usporavanje rasta produktivnosti u vodećim ekonomijama opisano je kao zagonetka ili paradoks, što je dovelo do opsežnog istraživanja mogućih objašnjenja. Paradoks produktivnosti informacionih tehnologija predstavlja uočena neslaganja između ulaganja u informacione tehnologije i njenih performansi, odnosno, između njenih ulaznih i izlaznih parametara. Tadašnje opravdanje ulaganja u informacione tehnologije je bilo to što bi se takvim potezom povećala produktivnost. Međutim, početni rezultati nisu bili zadovoljavajući i iziskivali su mnogo truda kako bi se pronašli pozitivni efekti ulaganja na produktivnost.

Početkom 21. veka intenzivno su planirana i vršena istraživanja na ovu temu, ne bi li se utvrdilo da li paradoks produktivnosti postoji, i ukoliko je to slučaj, koji su uzroci njegovog nastanka. Studije koje proučavaju uticaj raznih faktora na ekonomski rast prikazuju velike doprinose produktivnosti od strane industrija koje proizvode informacione tehnologije, kao i od onih koje ih koriste u svojoj proizvodnji. Slično tome, ocene proizvodnih funkcija koje koriste podatke iz firmi prikazuju značajnu vezu između informacionih tehnologija i proizvodnih jedinica, dok studije slučaja specifične za industriju zapažaju veliku korist od njih u raznim vrstama industrija.

Turban (Turban, McLean, & Wetherbe, 2000) je definisao paradoks produktivnosti kao nesklad između mera ulaganja u informacione tehnologije i mere proizvodnje na

nacionalnom nivou. Metode i modeli korišćeni za analizu kvantitativnih podataka se uglavnom zasnivaju na neoklasičnoj teoriji proizvodnje koja jasno predviđa znak i veličinu elastičnosti kapitala: u slučaju stalnih prinosa i konkurentnih tržišta, elastičnost bi trebalo biti jednaka udelu faktora. Koli i Devaraj (Kohli & Devaraj, 2003) su prvi u meta-analizi saželi empirijske rezultate na nivou preduzeća i jasno naznačili da paradoks produktivnosti ne postoji. Kasnije je Stiroh (“Reassessing the Impact of IT in the Production Function: A Meta-Analysis and Sensitivity Tests,” 2005) u svoju meta-analizu uvrstio studije zasnovane na više agregatnih podataka i među rezultatima spomenuo moguću prisutnost pristrasnosti publikacije, ali nije preuzeo nikakve korake da to i proveri.

4.1.2 Faze razvoja paradoksa produktivnosti

Nasuprot tvrdnjama nekih stručnjaka, paradoks produktivnosti se nije prvi put pojavio krajem osamdesetih godina prošlog veka i potpuno nestao deceniju kasnije, već je njegov proces nastanka i razvoja mnogo duži i kompleksniji. U radu *Measurement or Management: Revisiting the Productivity Paradox of Information Technology* (Macdonald, Anderson, & Kimbel, 2000) je opisano pet faza razvoja paradoksa produktivnosti na sledeći način:

1. Na samom početku, pošto je glavna zamisao bila da informacione tehnologije mogu da zamene radnu snagu, za njih je postojalo veliko interesovanje, što je dovelo do gotovo automatske pretpostavke da se produktivnost rada može posmatrati kao odgovarajuća mera uticaja informacionih tehnologija.
2. Krajem sedamdesetih godina prošlog veka, u literaturi su počele da se pojavljuju informacije o tome kako je taj planirani uticaj informacionih tehnologija manji nego očekivan. Uprkos tome, firme koje nisu planirale ulaganje velikog dela budžeta u unapređenje svoje tehnologije su na kraju to morale da učine, iz razloga što su konkurentske firme na tržištu nudile usluge dostupne jedino uz pomoć informacionih tehnologija.
3. Početkom osamdesetih godina prošlog veka informacione tehnologije su prestale da se koriste u kontekstu produktivnosti rada, dobijajući novu svrhu u strateškom planiranju, pritom stvarajući ogromnu konkurentsку prednost u granama kao što su vazduhoplovstvo, bankarstvo i medicina.

4. Krajem iste decenije, usmerile su se ka menadžmentu informacionih sistema, kao što su kontrolni i sistemi za nadzor. U ovoj fazi su se takođe prvi put pojavila konkretna objašnjenja za ovakav problem.
5. Od početka devedesetih godina prošlog veka, većina ulaganja u informacione tehnologije se usmeravala ka komunikacijama, što je dodatno smanjilo očekivanje njihovog uticaja na rast produktivnosti.

4.1.3 Modeliranje procesa proizvodnje

Potrebno je matematički opisati proizvodni proces i konstruisati ekonomski model kako bi se analizirao doprinos faktora proizvodnje na samu proizvodnju, gde se čitav proces može zamisliti kao funkcionalni odnos između ulaznih i izlaznih parametara proizvodnje. Solov (Robert M. Solow, 1956) opisuje takvu agregatnu funkciju proizvodnje koja je definisana na sledeći način:

$$Q = Af(L, K), \quad (4.1)$$

gde Q predstavlja izlazni parametar (proizvodnju), K predstavlja kapital, L rad, A proizvodni faktor koji opisuje tehnološki razvoj koji određuje nivo efikasnosti proizvodnje, dok $f(\cdot)$ predstavlja funkcionalni odnos.

Najčešći pristup u ekonomskoj literaturi jeste razmatranje Kob-Daglasove proizvodne funkcije izražene pomoću:

$$Q = AK^\alpha L^\beta, \quad \alpha, \beta > 0. \quad (4.2)$$

Sa ekonometrijske strane, češće se upotrebljava logaritamski oblik Kob-Daglasove proizvodne funkcije, gde α i β označavaju elastičnost kapitala i rada. Funkcija dobija sledeći oblik:

$$\ln Q = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L, \quad \alpha, \beta > 0. \quad (4.3)$$

Za procenu efekta informacionih i komunikacionih tehnologija (IKT), potrebno je podeliti kapital na onaj koji je vezan za IKT (K_{IKT}) i na onaj koji nije (K_{nonIKT}). Pored toga, studije mogu varirati u dodatnim ulaganjima za određenu firmu ili industriju (M) koji su deo proizvodnje, stoga je funkcija oblika:

$$\ln Q = \alpha + \beta_{IKT} \ln K_{IKT} + \beta_{nonIKT} \ln K_{nonIKT} + \beta_L \ln L + \beta_M \ln M + \varepsilon, \quad (4.4)$$

gde je β_{IKT} mera elastičnosti, koja predstavlja povećanje proizvodnje Q kada se kapital K_{IKT} poveća za 1 procenat.

4.1.4 Ispitivanje paradoksa produktivnosti

Kao što je već spomenuto, jednu od prvih meta-analiza na ovu temu su sproveli Koli i Devaraj. Za razliku od standardne meta-analize, nisu ispitivali veličinu efekta, već samo faktore istraživanja koji doprinose otkrivanju veze između informacionih i komunikacionih tehnologija i postignuća firme, sprovodeći regresiju na uzorku studija iz perioda od 1990. do 2000. godine. Pored toga, uglavnom su upoređivane studije koje izračunavaju i pozitivne i negativne ocene bez obzira na veličinu i preciznost efekta. Analizom je utvrđeno da je 40% istraživanja vezana za studije isplate informacionih tehnologija objavljeno u periodu od 1995. do 1997. godine, gde se ponovo trend rasta pojavio na samom početku 20. veka. Regresijom se došlo do zaključka da vrsta industrije značajno utiče na zavisnu promenljivu, kao i da studije koje mere profitabilnost zavisne promenljive prijavljuju drugačiju isplatu informacionih tehnologija nego one koje mere produktivnost ili obe karakteristike. Nasuprot tome, tvrdnja da studije koje za analizu podataka koriste regresiju ili ekonomske modele kao rezultate dobijaju veći procenat isplate nego one koje primenjuju analize koje se oslanjaju na korelaciju se odbacuje, jer je manje od 20% ispitivanog uzorka proisteklo iz studija korelacijske, što je nedovoljno kako bi se dobili statistički značajni rezultati.

Stiroh, sa druge strane, u svom radu koristi metode meta-analize na 20 empirijskih studija kako bi pronašao predvidive razlike u procenama elastičnosti informacionih tehnologija na osnovu karakteristika studija, kao što su period u kom je prikupljen uzorak, nivo agregacije ili ekonometrijska specifikacija. Njome je pokazano da je veliki deo varijacija u elastičnosti informacionih tehnologija predvidiv i odražava razlike u specifikacijama i empirijskim metodama. U drugom delu rada korišćeni su američki industrijski podaci za period od 1987. do 2000. godine za procenu elastičnosti informacionih tehnologija iz različitih specifikacija i alternativnih tehnika procene. Jedan od glavnih zaključaka ovog rada je da su informacione tehnologije važne, ali i da treba biti pažljiv u davanju prekomerne važnosti bilo kojoj datoј proceni.

Jedna od razlika između studija koje su odabrali Koli, Devaraj i Stiroh se ogleda u tome da se uzorak prvog istraživanja sastoji od studija sa višim i raznovrsnijim procenama (veća varijansa).

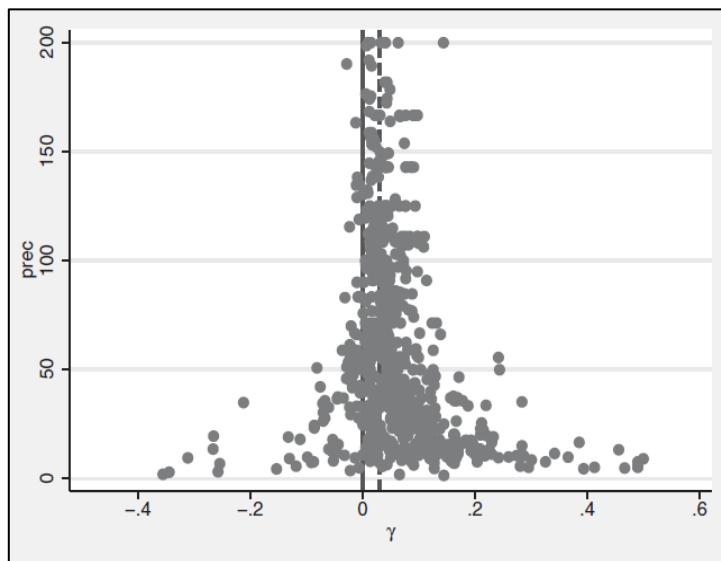
4.1.5 Meta-analiza paradoksa produktivnosti

Rast produktivnosti proizilazi iz inovacija i razvoja novih proizvodnih metoda, procedura i tehnologija. Iz toga je izведен zaključak da će informacione i komunikacione tehnologije (IKT) kao nova tehnologija povećati produktivnost. Međutim, početni rezultati nisu bili ubedljivi i jedva da su pronađeni pozitivni efekti IKT ulaganja na produktivnost. Kako su nove tehnologije polako postajale važan deo procesa proizvodnje u drugoj polovini dvadesetog veka, tako se broj studija koje ispituju vezu između produktivnosti i IKT povećavao.

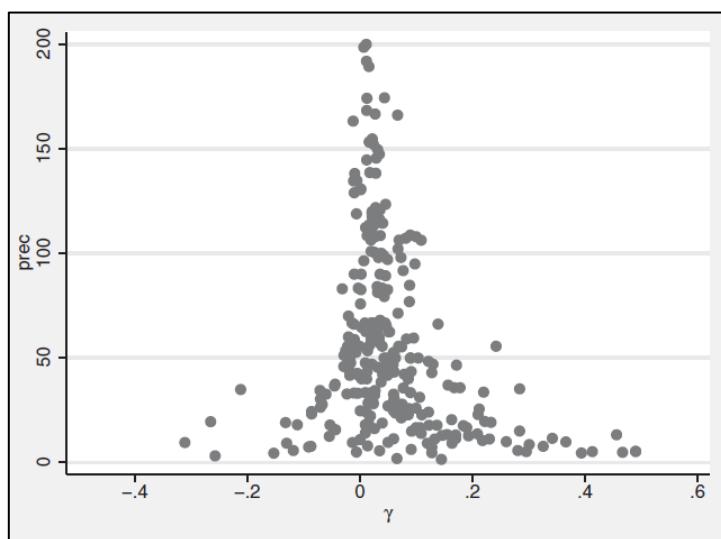
Polak je prvi put ispitao postojanje pristrasnosti publikacija u ovoj oblasti (Polák, 2017a). U njegovom radu su uključene sve ocene studija uzorka, što je uvelo ispitivanje heterogenosti u istraživanja ovog tipa. Takođe, za razliku od prethodnih istraživanja na ovu temu, u ovom radu se ocenjuje veličina efekta isplate informacionih i komunikacionih tehnologija koristeći meta-regresiju, dok su se u prethodnim istraživanjima analizirali samo faktori koji potencijalno utiču na veličinu efekta. U uzorak su uključene samo studije koje koriste funkciju proizvodnje i IKT kapital posmatraju kao posebnu promenljivu, kao i one koje imaju izračunatu vrednost IKT kapitala, što je na kraju obuhvatilo 71 studiju sa preko 850 ocena, koje su objavljene u periodu između 1992. i 2016. godine.

Kako se svaka studija sastoji od ocena različitih veličina, bilo je neophodno ispitati heterogenost između studija. Postoje dva opšta tipa heterogenosti u istraživanju, činjenična i metodološka. Činjenična heterogenost uzima u obzir stvarne razlike između efekata nastale kao posledica razlika u testiranom uzorku, kao što su zemlje u razvoju, gde je ekonomija zasnovana na proizvodnji, i razvijene zemlje koje su okrenute pružanju usluga. S druge strane, metodološka heterogenost nastaje kao posledica različitih pristupa studijama, kao što je odabir modela, posmatrane karakteristike ili ekonometrijske metode. Izvori heterogenosti se mogu uočiti pomoću meta-regresije ili ocenjivača slučajnih efekata, kao i ocenjivača mešovitih efekata.

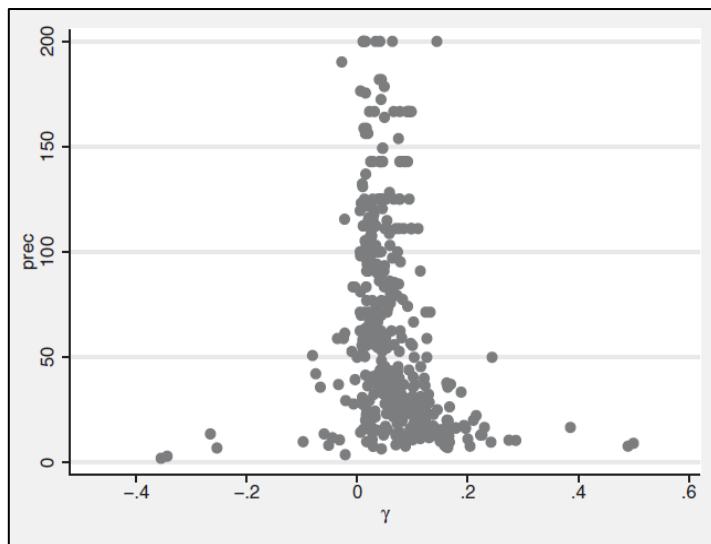
Kako je već navedeno u jednačini 4.4, posmatra se regresioni model meta-regresije elastičnosti IKT. Pre ispitivanja postojanja pristrasnosti publikacije, kako bi se otklonilo moguće prisustvo heteroskedastičnosti, izračunata je težinska prosečna vrednost svih ocena, gde su težine predstavljale njihove inverzne varijanse. Zatim su određene promenljive koje imaju uticaj na veličinu efekta, što je u ovom slučaju obuhvatalo: ekonometrijski metod ocenjivanja, veličina uzorka, izvor podataka, obuhvaćen vremenski period, prosečna godina prikupljanja podataka iz uzorka i broj citata u svakoj studiji. Kao grafičku procenu postojanja pristrasnosti publikacija korišćen je grafik levka, gde je na x -osi prikazana ocena veličine efekta ($\hat{\gamma}$), koja predstavlja ocenjenu meru elastičnosti, odnosno, koeficijenta β_{IKT} , dok je na y -osi prikazana inverzna vrednost standardne devijacije veličine efekta.



Slika 4.1: Grafik levka punog uzorka (Polák, 2017a)



Slika 4.2: Grafik levka za podatke prikupljene pre 2002. godine (Polák, 2017a)



Slika 4.3: Grafik levka za podatke prikupljene nakon 2002. godine (Polák, 2017a)

Na Slici 4.1 se može videti da je grafik simetričan oko ocene veličine efekta ($\hat{\gamma} = 0.036$), kao i kada se posmatra na uzorku studija objavljenih pre 2002. godine (Slika 4.2), dok je vidno asimetričan za studije objavljene nakon 2002. godine kao posledica nedostajućih podataka o negativnim veličinama efekta (Slika 4.3). Nakon toga je sprovedeno ekonometrijsko testiranje pristrasnosti korišćenjem metode najmanjih kvadrata sa grupisanim standardnim greškama.

4.1.6 Rezultati

U ovoj meta-analizi ispitana je uticaj IKT ulaganja na produktivnost i zaključeno je da je on mnogo niži od očekivanog. Uticaj IKT kapitala na produktivnost je pozitivan i statistički značajan, sa koeficijentom 0.003 i nivoom značajnosti 1%, dok koeficijent uticaja na profitabilnost nije statistički značajno različit od nule. Takođe, dobijeni su značajni dokazi o pristrasnosti publikacije u literaturi sa čak 1% nivoa značajnosti, ali je pokazano da koeficijenti svih nezavisnih promenljivih povezanih sa pristrasnošću nisu statistički značajni. Nakon toga je primenjena meta-regresija, čime je pokazano da se elastičnost IKT smanjuje s porastom prosečne godine u uzorku. Nisu se pronašle razlike između rezultata dobijenih iz naučnih radova i objavljenih studija što znači da pristrasnost publikacije nije prouzrokovana postupkom pregleda i objavljivanja, već autocenzurom istraživanja. Više informacija o izvorima pristrasnosti publikacije mogu se uočiti u tabeli u Prilogu 1.

Rezultati ispitivanja postojanja heterogenosti između studija ovog uzorka se mogu uporediti sa rezultatima drugih istraživanja. Za razliku od rezultata do kojih su istraživanjem došli Koli i Devaraj, kojima tvrde da veći uzorak dovodi do veće IKT isplate, u ovom radu se dobijaju različite ocene efekata za profitabilnost i za produktivnost, što ne potvrđuje njihovu tvrdnju. Sa druge strane, slažu se sa tvrdnjom da se studije čije zavisne promenljive mere profitabilnost razlikuju u IKT isplati od onih čije zavisne promenljive mere produktivnost. Neka druga poređenja rezultata ove tri studije se mogu pronaći u Tabeli 4.1.

Ograničenja ovog rada zasnivaju se na sposobnosti da se objasni raznolikost rezultata iz samo nekoliko opštih opisnih promenljivih za svaku studiju čije se ocene mogu izvući iz studija i kodirati. Budući da veličina efekta utiče na donošenje ispravnih odluka u vezi sa investicijama vezanim za poslovanje, rezultat elastičnosti IKT je vrlo blizu nule, i iznosi samo 0.3% za produktivnost, dok nema uticaja na profitabilnost, što podržava argument da postoje bolji oblici ulaganja od ulaganja u IKT.

Prepostavka	Koli i Devaraj	Stiroh	Polak
IKT isplate se razlikuju između različitih industrijskih sektora	Podržana	Nije podržana po svim specifikacijama	Nema informacija
Veći uzorak vodi ka većoj IKT isplati	Podržana	Nema informacija	Nije podržana po svim specifikacijama
Ocene zavisne promenljive zasnovane na profitabilnosti se razlikuju od onih zasnovanih na produktivnosti	Podržana	Nije podržana	Izrazito podržana
Zavisna promenljiva produktivnosti koja se meri radom se razlikuje od normalizovane zavisne promenljive produktivnosti koja se ne meri radom	Nema informacija	Nije podržana	Nije podržana po svim specifikacijama
Dugoročne ocene su veće od kratkoročnih	Nije podržana	Nema informacija	Nije podržana po svim specifikacijama
Ocene zasnovane na skorijim podacima su više	Nema informacija	Podržana	Nije podržana po svim specifikacijama
Postoji pristrasnost publikacije u literaturi koja ispituje IKT isplatu	Nema informacija	Nema informacija	Podržana
Stvarna veličina efekta	Nema informacija	0.06	0.002-0.003

Tabela 4.1: Poređenje rezultata tri studije (Polák, 2017b)

4.2 Meta-analiza odnosa nejednakosti prihoda i ekonomskog rasta

4.2.1 Uvod

Veza između nejednakosti prihoda i ekonomskog rasta je dugi niz godina predmet ispitivanja mnogobrojne teorijske i empirijske literature. Zemlje, bez obzira na to da li se nalaze u periodu razvoja ili se već smatraju razvijenim, pokušavaju da postignu ili održe određeni nivo ekonomskog rasta. Istovremeno, one vode brigu o prirodi raspodele prihoda u privredi, jer je glavna svrha razvoja poboljšanje dobrobiti građana koja se može postići preraspodelom prihoda. Tokom poslednjih nekoliko decenija mnogi naučnici pokušavaju da istraže tačnu prirodu odnosa između ova dva pojma. Jedan od prvih naučnika koji se dotakao takve teme je Kaldor (Kaldor, 1955), koji je 1955. godine naglasio uticaj raspodele prihoda na akumulaciju kapitala, a samim tim i na ekonomski rast. U isto vreme, Kuznjec (Kuznets, 1955) se koncentrisao uglavnom na suprotni smer uticaja, odnosno efekat rasta ili faze razvoja na raspodelu prihoda. Interesovanje za ovu temu ponovo se javilo devedesetih godina prošlog veka. Razvoj teorije rasta i dostupnost uporedivih podataka o nacionalnim prihodima i stopama rasta je omogućilo empirijsku analizu nacionalnih uticaja na stopu rasta, gde je predmet velikog procenta studija koje su se bavile takvom analizom baš uticaj nejednakosti prihoda.

Na teoretskom nivou, preovlađujući stav pedesetih i šezdesetih godina prošlog veka je bio da veća nejednakost može da bude korisna za ekonomski rast, stvarajući podsticaj za rad i više ulaganja. Drugim rečima, ako bi osobe sa višim nivoom obrazovanja bile produktivnije, razlike u stopi prinosa bi podstakle više ljudi da steknu viši nivo obrazovanja. Sa druge strane, veća nejednakost može dovesti do većeg rasta kroz više ulaganja, s obzirom da grupe sa visokim prihodima manje štede i više ulažu.

Međutim, jedan od glavnih argumenata da veća nejednakost negativno utiče na ekonomski rast je taj da veća nejednakost može smanjiti profesionalne mogućnosti koje su dostupne najnepovoljnijim grupama u društvu i samim tim smanjiti socijalnu mobilnost, ograničavajući potencijal za rast ekonomije. Konkretno, viši nivo nejednakosti može rezultovati manjim ulaganjem u ljudski kapital osoba sa nižim primanjima ako, na primer, ne postoji odgovarajući državni sistem obrazovanja. Iz tog razloga, zemlje sa većim stepenom nejednakosti imaju tendenciju da imaju niži nivo socijalne mobilnosti među generacijama.

Početkom devedesetih godina prošlog veka, kada je literatura o ispitivanju uticaja nejednakosti prihoda na ekonomski rast postajala sve obimnija, postojala je tendencija da autori i časopisi objavljuju uglavnom negativne rezultate, gde su još Persson i Tabelini (Persson, Torsten; Tabellini, 1994) pokazali da je takva veza mnogo jača u zemljama u kojima vlada demokratija nego u onima u kojima vlada diktatura. Većina radova ekonomista prikazala je negativan uticaj između nejednakosti prihoda i ekonomskog rasta, ali postojali su i neki koji su nastojali dokazati da se ipak može pronaći pozitivan odnos. Li i Zu (Li & Zou, 1998) pokazuju da, nakon pojave petogodišnjeg rasta, njihov međusobni odnos postaje pozitivan. Takođe, Forbes (Forbes, 2000) dve godine kasnije u svojoj studiji uspeva da pronađe pozitivnu vezu između nejednakosti i rasta. Sa druge strane, Galor i Moav (Galor & Moav, 2004) su došli do zaključka u kom odnos između raspodele prihoda i ekonomskog rasta nije stabilan tokom vremena, već u mnogo tome zavisi od faze razvoja zemlje za koju se posmatra. Prema njima, pozitivan uticaj nejednakosti na rast odražava stanje ekonomije u ranoj fazi industrijalizacije.

Favaz i saradnici (Fawaz, Rahnama, & Valcarcel, 2014) su pokazali negativan uticaj nejednakosti prihoda na ekonomski rast u zemljama u razvoju sa malim prihodima. Njihovi rezultati i zaključci nastali su pomoću generalizovane metode momenta (GMM) na uzorku od 55 zemalja u razvoju sa niskom stopom prihoda i 56 zemalja u razvoju sa visokom stopom prihoda. Čejmbers i Kraus (Chambers & Krause, 2010) su otkrili da veća nejednakost prihoda uglavnom smanjuje ekonomski rast u petogodišnjem periodu, kako u zemljama razvijenih, tako i zemljama nerazvijenih regiona. Na uzorku od 46 zemalja u razvoju, Hercer i Volmer (Herzer & Vollmer, 2012) su pokazali da, u dugoročnom smislu, nejednakost prihoda u proseku ima negativan uticaj na ekonomski rast.

Između 1990. i 2010. godine, BDP⁷ po osobi u 19 osnovnih OECD⁸ zemalja porastao za ukupno 28%, međutim, on bi porastao za 33% u istom periodu da se nejednakost prihoda nije povećala nakon 1985. godine. Ova procena se temelji na ekonometrijskoj analizi 31 zemlje OECD-a sa visokom i srednjom stopom prihoda, u kojoj se zaključuje da bi smanjivanje nejednakosti za samo jednu „Gini tačku“ (standardnu meru nejednakosti koju koriste ekonomisti) povećalo godišnju stopu rasta BDP-a za 0.15%.

⁷ Bruto domaći proizvod (BDP) predstavlja sumu proizvedenih dobara i pruženih usluga u jednoj zemlji u određenom vremenskom periodu.

⁸ Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (<https://www.oecd.org/>)

U ovom delu rada će biti prikazana meta-analiza odnosa nejednakosti prihoda i ekonomskog rasta, kako bi se sistematski opisala i analizirala varijacija u ishodima studija koje ispituju njihove međusobne uticaje.

4.2.2 Ekonomski rast

Prihod po glavi stanovnika predstavlja prosečnu količinu novca koju je pojedinac zaradio u jednoj državi ili geografskom regionu. Može da se koristi za određivanje prosečnog dohotka po osobi za neko područje i za procenu životnog standarda i kvaliteta života stanovništva. Prihod po glavi stanovnika se može izračunati kao

$$\text{Prihod po glavi stanovnika} = \frac{\text{Bruto domaći proizvod}}{\text{Ukupan broj stanovnika}}. \quad (4.5)$$

Ekonomski rast jedan je od najvažnijih pokazatelja „zdrave“ ekonomije. Jedan od najvećih uticaja dugoročnog rasta zemlje je taj što ima pozitivan uticaj na nacionalni dohodak i nivo zaposlenosti, što povećava životni standard. Zemlja sa stopom rasta od 1% godišnje udvostručuje životni standard svakih sedamdeset godina, dok zemlja sa stopom rasta od 3% godišnje udvostručuje životni standard svake dvadeset tri godine.

Ekonomski rast se takođe odnosi na povećanje ukupne proizvodnje u privredi. Često, ali ne nužno, ukupni dobici u proizvodnji su u korelaciji sa povećanom prosečnom marginalnom produktivnošću. U ekonomiji se rast obično modeluje kao funkcija fizičkog kapitala, ljudskog kapitala, radne snage i tehnologije.

4.2.3 Nejednakost prihoda

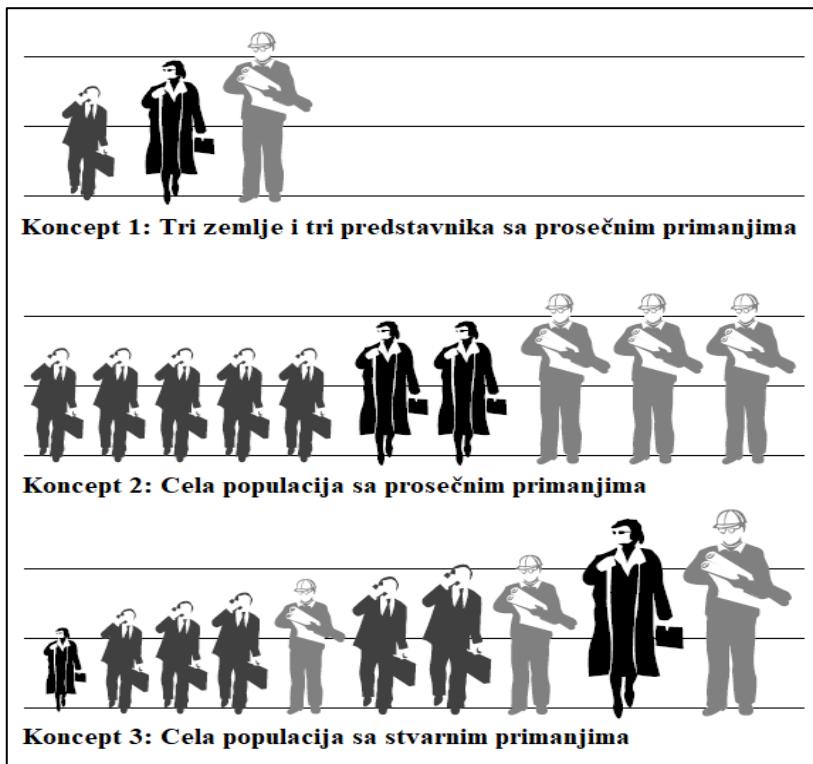
U bilo kom kontekstu, pojam nejednakosti se uvek odnosi na uporedivost nekih elemenata. Poređenje se obično zasniva na specifičnim karakteristikama koje se mogu meriti korišćenjem odgovarajućih indeksa ili pokazatelja. Ono se svodi na poređenje između određenih količina, te se nejednakost odnosi na razlike u tim količinama. U ovom kontekstu, konkretno, koncept nejednakosti je povezan sa razlikama u prihodima, potrošnji ili bogatstvu, kao i sa socijalnom zaštitom.

Prihod uključuje tokove prihoda od zarada, plata, kamata na štednom računu, dividendi od akcija, najamnina i dobiti od prodaje nečega što je plaćeno.

Nejednakost prihoda objašnjava do kog stepena je ukupan prihod neravnomerno raspoređen na stanovništvo. U mnogim slučajevima ekonomske nejednakosti, najveći broj bogatstva nesrazmerno teče prema malom broju već finansijski dobrostojećih pojedinaca. Ljudi sa najvišim primanjima često se nazivaju „jedan procenat“ zbog toga što čine veoma mali deo stanovništva, ali predstavljaju veoma veliki procenat bogatstva zemlje. Jaz između bogatih i siromašnih znači da ljudi imaju snažne podsticaje da rade ono što mogu kako bi bili bogati - uključujući naporniji rad, duže školovanje i veći rizik, a sve to može dovesti do veće ekonomske aktivnosti, efikasnosti i rasta.

U protekle tri decenije, tržišta rada su duboko transformisana interakcijom globalizacije, tehnoloških promena i regulatornih reformi. Ove promene su imale veliki uticaj na zarade i prihode. Ljudi sa veštinama u sektorima velike potražnje poput informacionih tehnologija (IT) ili finansija primetili su da se njihova zarada značajno povećavala, posebno na samom vrhu skale, gde su plate i bonusi zasnovani na učinku postali rasprostranjeni. U međuvremenu, na drugom kraju skale, plate radnika sa niskim veštinama nisu uspele da isprate ovaj trend.

U slučaju posmatranja globalne nejednakosti prihoda, Branko Milanović (Milanović, 2005) je definisao tri glavna koncepta, ilustrovanih na Slici 4.4.



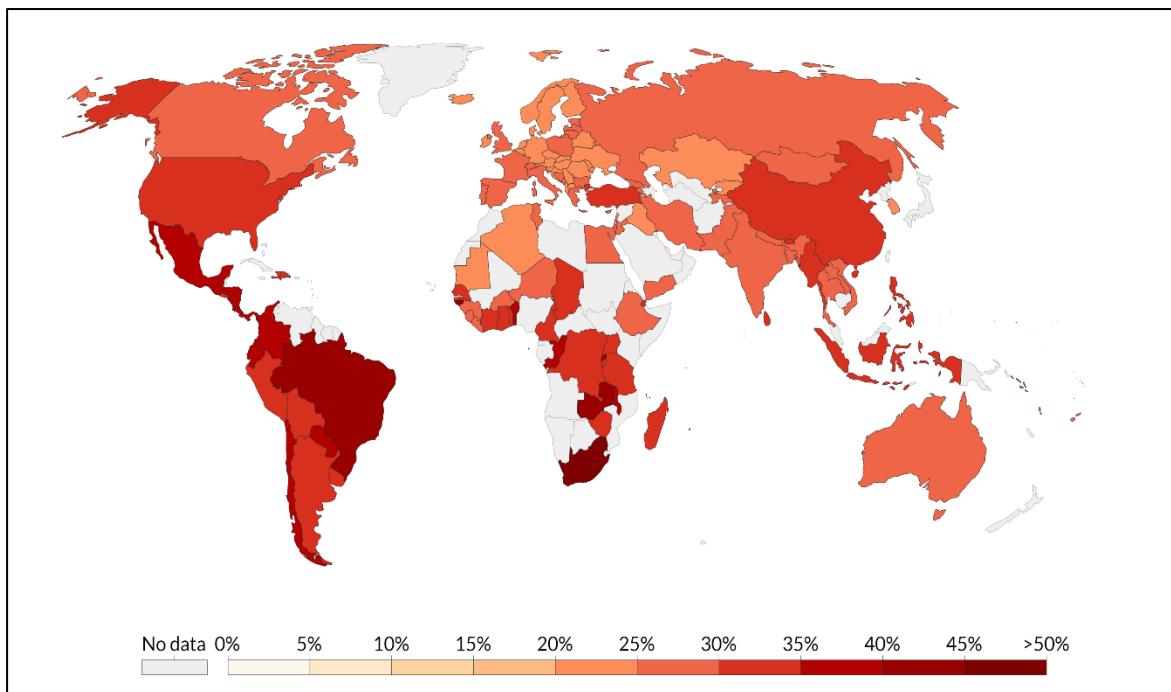
Slika 4.4: Koncepti nejednakosti prihoda

Prvi koncept predstavlja neponderisanu međunarodnu nejednakost prihoda, gde jedinicu posmatranja predstavlja svaka zemlja pojedinačno. Pretpostavlja se da svi pojedinci u nekoj zemlji imaju jednake prihode (prosečan prihod), a zemlje se posmatraju na isti način bez obzira na njihovu veličinu. Na taj način može da se izvrši poređenje nejednakosti prihoda između svih zemalja sveta. Na slici je prvi koncept predstavljen u gornjem delu, gde je svaka zemlja predstavljena osobom čija visina oslikava prosečan prihod te zemlje.

Drugi koncept predstavlja ponderisanu međunarodnu nejednakost prihoda, gde se i dalje pretpostavlja da svi stanovnici neke zemlje imaju jednake prihode, međutim, u ovom slučaju broj reprezentativnih pojedinaca iz svake zemlje odražava njenu veličinu stanovništva. Na slici je predstavljen u srednjem delu, gde visina svakog pojedinca jedne zemlje prikazuje prosečan prihod te zemlje. Drugi koncept, iako precizniji od prvog, je samo na pola puta do izračunavanja stvarne raspodele prihoda u svetu.

U trećem konceptu se nejednakost prihoda računa u odnosu na sve pojedince, gde je svaki pojedinac važan za računanje globalne raspodele prihoda, bez obzira na zemlju porekla. Na slici je predstavljen u donjem delu, gde visina svakog pojedinca jedne zemlje prikazuje stvarni prihod tog pojedinca. Tokom 1980-ih, najbogatijih 10% stanovništva zarađivalo je sedam puta više od najsiromašnijih 10%, dok danas zarađuju gotovo deset puta više.

Na Slici 4.5 prikazan je procenat ukupnog prihoda svake zemlje koji pripada najbogatijih 10% stanovništva, izmeren u 2015. godini. Može se primetiti da je taj procenat izrazito visok (viši od 45%) u Centralnoj i Južnoj Americi, kao i u Južnoj Africi, dok je u ostalim delovima sveta izražen srednje do umereno visok procenat prihoda.



Slika 4.5: Procenat prihoda koji pripada najbogatijem decilu stanovništva za 2015. godinu⁹

Meta-analiza empirijske literature o uticajima nejednakosti prihoda na ekonomski rast poželjna je iz dva razloga. Prvo, pomaže u razumevanju uzroka različitih rezultata koje je ova literatura tokom godina stvarala koristeći kvantitativni pristup, pružajući tako objektivniju analizu odnosa te dve promenljive. Drugo, ispravna procena različitih mehanizama kroz koje nejednakost utiče na ekonomski rast i okolnosti pod kojima deluju je od presudne važnosti za tačne smernice politike u ovoj oblasti (Neves, Afonso, & Silva, 2016).

4.2.4 Priprema uzorka

Pretraga studija se vršila putem baza podataka Scopus, JSTOR i EconPapers¹⁰ koristeći ključne reči i izraze kao što su nejednakost prihoda (*income inequality*), raspodela prihoda (*income distribution*) i ekonomski rast (*economic growth*), gde su posmatrane studije koje sadrže bar jednu od ključnih reči u svom naslovu ili sažetku. U prvobitnoj pretrazi je prikupljeno 30 studija. Odlučeno je da će se razmatrati samo one studije koji kao meru

⁹ preuzeto sa <https://ourworldindata.org/income-inequality>

¹⁰ <https://www.scopus.com/>, <https://www.jstor.org/>, <https://econpapers.repec.org/>

nejednakosti prihoda koriste Gini koeficijent, te je stoga naknadno odbačeno 8 studija koje nisu zadovoljavale taj uslov, što znači da se konačan uzorak ove meta-analize sastoji od 22 studije koje obuhvataju ukupno 198 opservacija (Prilog 3).

Većina empirijskih studija koja ispituje odnos ekonomskog rasta i nejednakosti prihoda ocenjuje regresiju oblika:

$$g = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m Z_m + \theta INEQ + u, \quad (4.6)$$

gde je g prosečna godišnja stopa rasta prihoda (koja uglavnom merena kao rast BDP-a), $INEQ$ predstavlja meru nejednakosti prihoda (u ovom slučaju je to Gini koeficijent), Z je skup drugih promenljivih koje imaju uticaj na ekonomski rast, a u je rezidualna promenljiva. Veličina efekta je stoga predstavljena sa θ , koje pokazuje uticaj nejednakosti prihoda na ekonomski rast. Iz svakog rada su prikupljeni podaci koji uključuju ocene koeficijenata nejednakosti, veličine uzorka, kao i realizovane vrednosti t-statistike i standardne greške.

Veličina efekta pokazuje koliki uticaj povećanje Gini koeficijenta (izraženog pomoću procentualne skale 0–100%) za jedan procenat ima na prosečnu godišnju stopu rasta dohotka merenog BDP-om (takođe izraženo u procentima). Iz svake studije izvučena je medijana ocena veličine efekta, i na taj način je svaka studija predstavljena jednom ocenom. U Tabeli 4.2. su predstavljene sa $\hat{\theta}$, dok su ocene standardne greške i realizovana vrednost t-statistike označene sa $\hat{\sigma}$ i t .

<i>Autor</i>	$\widehat{\theta}$	$\widehat{\sigma}$	<i>t</i>
Clarke (1995)	-0.0737	0.0259	-2.8500
Deininger and Squire (1998)	-0.0235	0.0292	-0.8051
Knell (1999)	-0.0376	0.0205	-1.8330
Deininger and Olinto (2000)	0.0032	0.0022	1.4545
Mo (2000)	0.0194	0.0606	0.3200
Odekokun and Round (2001)	-0.0750	0.0714	-1.0500
Mbabazi et al. (2001)	-0.0240	0.0209	-1.1500
Keefer and Knack (2002)	-0.0670	0.0275	-2.4364
Castelló and Domenech (2002)	0.0355	0.0174	2.0350
Banerjee and Duflo (2003)	0.0219	0.0420	0.5214
Bleaney and Nishiyama (2004)	0.0220	0.0153	1.4400
Castelló (2004)	0.0070	0.0410	0.1707
Knowles (2005)	-0.0185	0.0073	-2.5350
Voitchovsky (2005)	-0.0093	0.0581	-0.1601
Iradian (2005)	0.0300	0.0261	1.1500
Sarkar (2007)	-0.0100	0.0055	-1.8050
Chambers and Krause (2009)	0.0440	0.0179	2.4581
Castello (2010)	-0.0150	0.0610	-0.2459
Halter et al. (2011)	0.0034	0.0890	0.0382
Woo (2011)	-0.0575	0.0170	-3.3824
Herzer and Volmer (2012)	-0.0130	0.0025	-5.1950
Wu (2017)	-0.0315	0.0112	-2.8125

Tabela 4.2: Pregled ocena veličine efekta

4.2.5 Meta-analiza

U ovom delu će se izvršiti detaljnija analiza uzorka i ispitati uticaj nejednakosti prihoda na ekonomski rast. Prvo će se objediniti efekti iz svih studija i izračunati njihovi ponderisani proseci kako bi se odredio njihov zajednički efekat. Zatim će biti testirano prisustvo heterogenosti i proveriti da li postoji prisustvo pristrasnosti publikacija. Na kraju će se primeniti tehnike meta-regresije kako bi se objasnio razlog zašto se rezultati studija iz uzorka u tolikoj meri međusobno razlikuju.

4.2.5.1 Ocena fiksnih i slučajnih efekata

Ocenjivač fiksnih efekata prepostavlja da nema heterogenosti među rezultatima studija, što je ekvivalentno hipotezi da su sve veličine efekta međusobno jednake, odnosno da važi:

$$\theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_{22} = \theta, \quad (4.7)$$

gde θ_j predstavlja veličinu efekta j -te studije, $j=1,2,\dots,22$, dok je θ zajednička „stvarna“ veličina efekta. U tom slučaju, ukoliko se veličine uzoraka posmatranih studija razlikuju, ocene većih studija će biti preciznije od ocena manjih, pa se kod objedinjavanja efekata daje veća težina preciznijim ocenama. Kako se preciznost svake ocene veličine efekta $\hat{\theta}_j$ može meriti pomoću svoje inverzne varijanse, $\frac{1}{\hat{\sigma}_j^2}$, θ će biti predstavljeno kao težinski prosek svih $\hat{\theta}_j$ sa težinama $\omega_{j,FE} = \frac{1}{\hat{\sigma}_j^2}$.

Sa druge strane, ocenjivač slučajnih efekata prepostavlja da postoji heterogenost, što povlači prepostavku da ne postoji jedinstven „pravi“ efekat svih studija, već svaka od njih ima poseban, sa fiksiranim očekivanjem i varijansom. Zbog toga, varijabilnost u oceni uzorka ima dva parametra: jedan predstavlja varijabilnost greške uzorkovanja, σ , dok drugi predstavlja varijabilnost veličine efekta populacije, τ , i često se naziva parametrom heterogenosti. Tada je ocenjivač slučajnih efekata zapravo ponderisani prosek svih $\hat{\theta}_j$, sa težinama, $\omega_{j,SE} = \frac{1}{\hat{\sigma}_j^2 + \hat{\tau}^2}$, gde $\hat{\sigma}_j^2$ predstavlja ocenu varijanse unutar studija, dok $\hat{\tau}^2$ predstavlja ocenu varijanse među studijama.

Ocenjena vrednost koeficijenta $\hat{\tau}^2$ iznosi 0.0002. Nakon izračunavanja ocene veličine efekta pomoću oba ocenjivača, dobijeno je da je ocena fiksnih efekata, $\hat{\theta}_{FE}$,

negativna i iznosi -0.0055. To znači da povećanje Gini koeficijenta za jedan procenat ima ocenjen negativan efekat na prosečnu godišnju stopu prihoda za 0.0055%. Ocena slučajnih efekata, $\hat{\theta}_{SE}$, je takođe negativna i iznosi -0.0106, što je snažnija ocena od ocene fiksnih efekata, i statistički značajna sa nivoom značajnosti 5%. U oba slučaja je dobijeno da nejednakost ima negativan uticaj na ekonomski rast, ali budući da porastom Gini koeficijenta za deset procenata smanjuje prosečnu godišnju stopu rasta za samo 0.055%, odnosno, 0.106%, to je izrazito mali uticaj, koji u praksi nije mnogo značajan. Takođe, potrebno je proveriti da li su ove ocene pod uticajem pristrasnosti publikacija, jer usled toga može doći do varijacije rezultata.

4.2.5.2 Testiranje heterogenosti

Kako se ocenjivač fiksnih efekata razlikuje od ocenjivača slučajnih efekata u tome što pretpostavlja da postoji heterogenost između veličina efekata, ta hipoteza se može testirati primenom Kokranovog Q -testa pomoću jednačine (2.13).

Ukoliko bi svaka od 22 studije imala jednaku veličinu efekta populacije, odnosno, ukoliko bi hipoteza $H_0 (\theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_{22})$ bila tačna, tada bi test statistika Q imala asimptotsku χ^2 -raspodelu sa 21 stepenom slobode. Prema tome, ako bi Q uzimalo vrednost veću od gornje kritične vrednosti χ^2 -raspodele, H_0 bi bila odbačena. Na ovom uzorku, izračunata Q -vrednost iznosi 78.70, sa 21 stepenom slobode, što je mnogo veće od 95% kritične vrednosti (koja iznosi 10.85), i pokazuje da se hipoteza postojanja jedinstvenog „pravog“ efekta odbacuje.

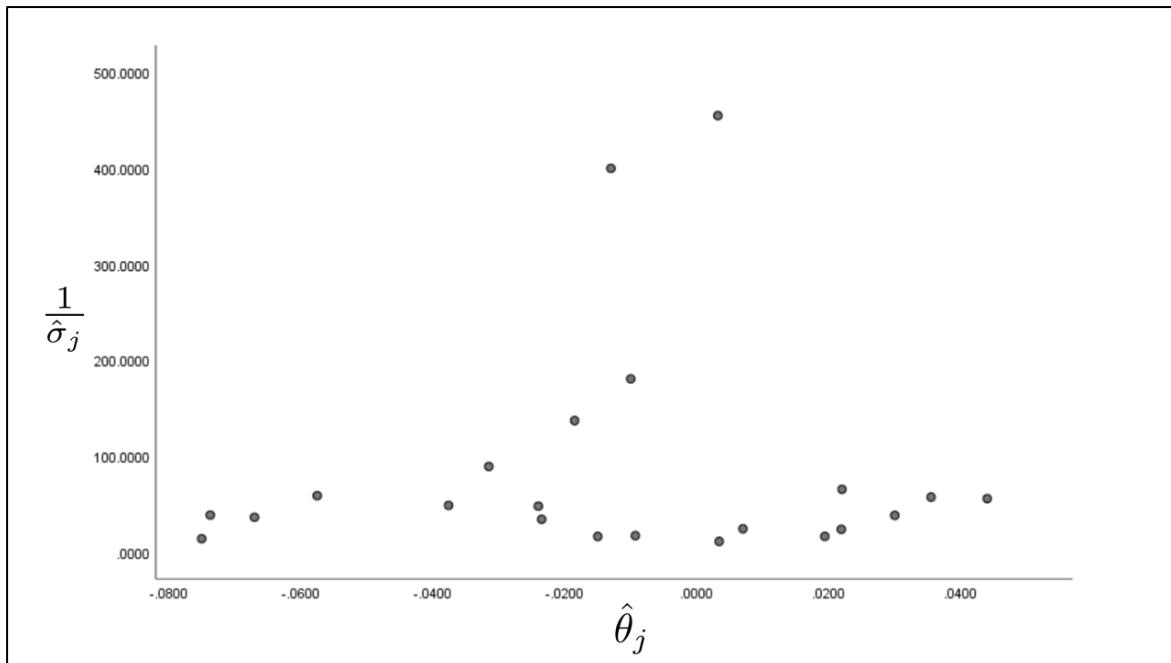
Količina heterogenosti se može kvantifikovati pomoću indeksa I^2 koji opisuje udio ukupne varijacije u studijama koja je nastala kao rezultat heterogenosti. U ovom slučaju, indeks I^2 iznosi 73.32%, što indikuje umereno visok stepen heterogenosti. Ovaj višak varijacija u ocenama veličine efekta će se ispitati i objasniti pomoću meta-regresije, međutim, pre toga je potrebno proveriti da li postoji uticaj pristrasnosti publikacija na ocene pojedinačnih studija.

4.2.5.3 Testiranje prisustva pristrasnosti publikacija

Jedan od tipova pristrasnosti publikacija se javlja kada autori unapred odluče da li će rezultati njihovih istraživanja biti pozitivni ili negativni, te na razne načine pokušavaju da ih usmere tako da na kraju ispunjavaju taj uslov. Još jedan tip se javlja u slučaju kada autor doneše odluku da će objavljivati samo one radove koji imaju statistički značajne rezultate. U ovom delu će se ispitivati da li i na koji način su rezultati studija uključenih u uzorak ovog rada pod uticajem gore navedenih tipova pristrasnosti publikacija, i pokušati da se koriguju primenom odgovarajućih statističkih metoda.

- *Pristrasnost publikacija u pravcu istraživanja*

Dešava se da studije koje imaju izrazito negativne stavove i rezultate, posle uklanjanja uticaja pristrasnosti prikažu neutralne rezultate, i obrnuto. Kao što je već spomenuto, najčešći princip koji se koristi za detekciju pristrasnosti je grafik levka, koji upoređuje ocene veličine efekta iz svake studije, $\hat{\theta}_j$, sa njihovom preciznošću, koja se meri inverznom ocenom njihovih standardnih grešaka, $\frac{1}{\hat{\sigma}_j}$. U slučaju odsustva pristrasnosti, ocene će na grafiku biti simetrično raspoređene oko „prave“ veličine efekta, gde će joj studije sa većim uzorcima biti bliže, a one sa malim biti dalje. Studije sa malim uzorcima uglavnom imaju veće standardne greške ocena, zbog čega su raspoređene na dnu grafika, i stoga grafik dobija oblik izvrnutog levka koji je simetričan oko „stvarnog“ efekta. Ukoliko bi postojala pristrasnost publikacija, elementi grafika bi vukli na jednu stranu, narušavajući njegovu simetričnost. Grafik levka je prikazan na Slici 4.6.



Slika 4.6: Grafik levka

Nije pouzdano oslanjati se samo na vizuelnu proveru postojanja pristrasnosti publikacije. Objektivniji način za njeno testiranje je test asimetrije levka, koji predstavlja regresiju između veličine efekta studije i njenih ocenjenih standardnih grešaka. Ovaj test može da se izračuna pomoću sledeće relacije:

$$\widehat{\theta}_j = \gamma_0 + \gamma_1 \widehat{\sigma}_j + \varepsilon_j. \quad (4.8)$$

U slučaju odsustva pristrasnosti, ocene $\widehat{\theta}_j$ bi, nezavisno od $\widehat{\sigma}_j$, trebalo da budu raspoređene simetrično i na slučajan način oko „stvarne“ vrednosti, γ_0 . Odnosno, parametar γ_1 u regresiji bi trebalo da bude jednak 0. Stoga bi dobar test za ispitivanje prisustva pristrasnosti publikacije bio t -test koeficijenta γ_1 , kojim se testira hipoteza $H_0 (\gamma_1 = 0)$ sa njoj alternativnom $H_1 (\gamma_1 \neq 0)$.

Međutim, u gorepomenutoj relaciji postoji mogućnost pojave problema heteroskedastičnosti, jer se ocene standardnih grešaka veličine efekta svake studije mogu međusobno značajno razlikovati. Zbog toga, ocena standardne greške ε_j ne bi bila konstanta. Ovaj problem se može rešiti tako što će se ceo izraz podeliti sa $\widehat{\sigma}_j$, što daje:

$$\widehat{\theta}_j^* = \gamma_1 + \gamma_0 \frac{1}{\widehat{\sigma}_j} + \varepsilon_j^*, \quad (4.9)$$

gde je $\varepsilon_j^* = \frac{\varepsilon_j}{\widehat{\sigma}_j}$ i $\widehat{\theta}_j^* = \frac{\widehat{\theta}_j}{\widehat{\sigma}_j}$. Kako su koeficijenti nagiba i preseka zamenili mesto, test asimetrije levka postaje t -test za γ_1 .

Rezultati ocene su prikazani u prvoj koloni u Tabeli 4.3, gde se može primetiti da se potvrđuje interpretacija grafika levka, odnosno prihvata se osnovna hipoteza, jer γ_1 nije statistički značajno različit od nule, što za sobom povlači zaključak da nemamo mnogo informacija o pristrasnosti publikacije u pravcu istraživanja, odnosno, za to ne postoje statistički značajni dokazi.

Zavisna promenljiva	Pristrasnost pravca	Pristrasnost značajnosti
	$\widehat{\theta}_j^*$	$ \widehat{\theta}_j^* $
Konstanta	-0.440 (0.515)	1.160** (0.297)
$\frac{1}{\widehat{\sigma}_j}$	-0.004 (0.004)	0.006* (0.002)

Tabela 4.3: Rezultati ispitivanja postojanja pristrasnosti publikacija¹¹

- Pristrasnost publikacija u značajnosti rezultata

Ovaj problem se javlja iz razloga što istraživači imaju predispoziciju da se bolje odnose prema statistički značajnim rezultatima, stoga se mnogo više radova sa takvim rezultatima objavljuje. Studije koje se baziraju na malom uzorku često imaju veliku standardnu grešku, te mali ili neznačajan efekat, i mnogo manju šansu da budu objavljene. Jedan od najvećih uticaja ovog tipa pristrasnosti se javljao u medicini i farmaciji, jer su se većinsko objavljivali samo pozitivni rezultati ispitivanja novih vrsta tretmana i lekova.

Ukoliko rade na manjem uzorku, istraživači pokušavaju na nekoliko načina da manipulišu svojim podacima ne bi li dobili statistički značajne rezultate. Zbog toga se u prisustvu pristrasnosti prema značajnosti rezultata očekuje pozitivna veza između jačine

¹¹ U zagradama se nalaze standardne greške koeficijenata. Nivo statističke značajnosti od 1% je označen sa **, dok je nivo statističke značajnosti od 5% označen sa *.

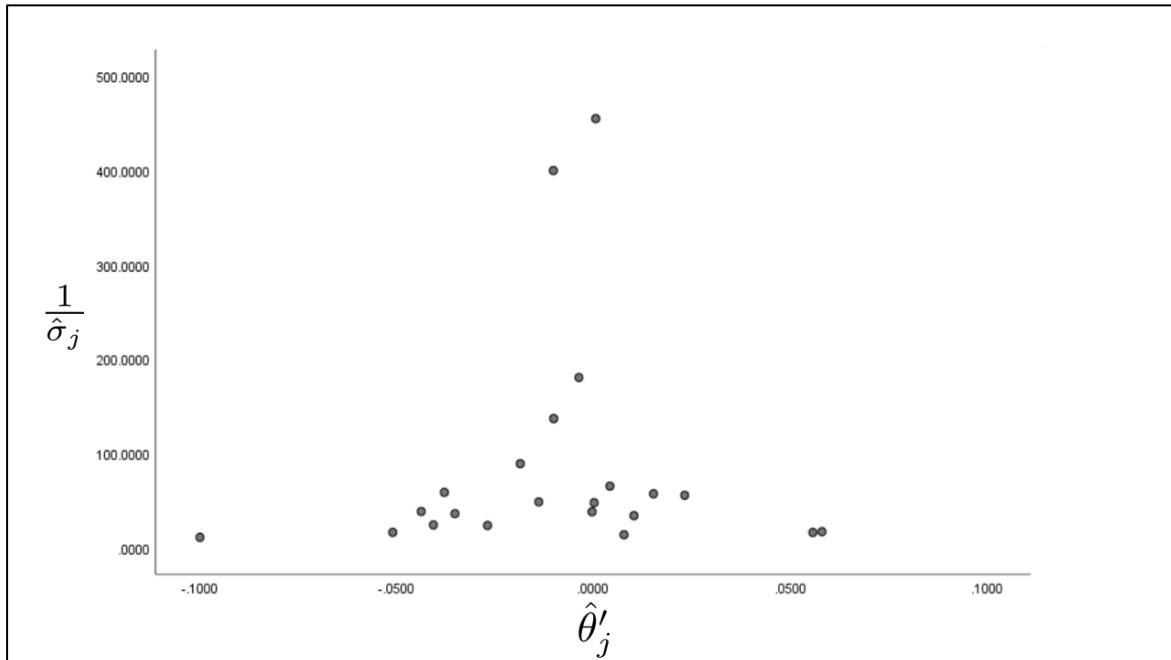
ocene veličine efekta i njene standardne greške. Način za testiranje postojanja ovakve pristrasnosti je ocena regresije:

$$|\hat{\theta}_j| = \gamma_0 + \gamma_1 \hat{\sigma}_j + \varepsilon_j. \quad (4.10)$$

Razlog zbog kog se posmatra apsolutna vrednost veličine efekta je taj što se ne ispituje pravac pristrasnosti, već jačina ocene. Testira se hipoteza $H_0 (\gamma_1 = 0)$, što predstavlja odsustvo pristrasnosti, sa njenom alternativnom hipotezom $H_1 (\gamma_1 > 0)$. Zbog prethodno spomenute heteroskedastičnosti, test će izgledati ovako:

$$|\hat{\theta}_j^*| = \gamma_1 + \gamma_0 \frac{1}{\hat{\sigma}_j} + \varepsilon_j^*. \quad (4.11)$$

Rezultati testa su prikazani u Tabeli 4.3. I u ovom slučaju, hipoteza H_0 se odbacuje, odnosno, postoje dokazi o postojanju pristrasnosti publikacija u značajnosti rezultata. Dalje je potrebno korigovali ove ocene veličine efekta za ovu pristrasnost, tako što će se svaka ocena približiti nuli umanjenjem (uvećanjem) za jačinu pristrasnosti, datu sa $\hat{\gamma}_1 \hat{\sigma}_j$ (Stanley, 2005). Nakon ispravljanja ocena veličine efekta, ponovo je izračunata ocena slučajnih efekata, koja sada iznosi -0.0088. Grafik levka sa ispravljenim ocenama veličine efekata je predstavljen na slici 4.7.



Slika 4.7: Grafik levka sa ispravljenim ocenama

Ispravljene ocene su prikazane u Tabeli 4.4.

<i>Autor</i>	$\hat{\theta}'$	$\hat{\sigma}$	t'
Clarke (1995)	-0.0437	0.0259	-1.6882
Deininger and Squire (1998)	0.0104	0.0292	0.3549
Knell (1999)	-0.0138	0.0205	-0.6737
Deininger and Olinto (2000)	0.0006	0.0022	0.2945
Mo (2000)	-0.0509	0.0606	-0.8395
Odekokun and Round (2001)	0.0078	0.0714	0.1095
Mbabazi et al. (2001)	0.0002	0.0209	0.0117
Keefer and Knack (2002)	-0.0351	0.0275	-1.2764
Castelló and Domenech (2002)	0.0153	0.0174	0.8780
Banerjee and Duflo (2003)	-0.0268	0.0420	-0.6386
Bleaney and Nishiyama (2004)	0.0043	0.0153	0.2783
Castelló (2004)	-0.0406	0.0410	-0.9893
Knowles (2005)	-0.0100	0.0073	-1.3747
Voitchovsky (2005)	0.0581	0.0581	0.9999
Iradian (2005)	-0.0003	0.0261	-0.0106
Sarkar (2007)	-0.0036	0.0055	-0.6534
Chambers and Krause (2009)	0.0232	0.0179	1.2981
Castello (2010)	0.0558	0.0610	0.9141
Halter et al. (2011)	-0.0998	0.0890	-1.1218
Woo (2011)	-0.0378	0.0170	-2.2224
Herzer and Volmer (2012)	-0.0101	0.0025	-4.0361
Wu (2017)	-0.0185	0.0112	-1.6525

Tabela 4.4: Pregled ispravljenih ocena veličine efekta

4.2.6 Meta-regresija

U ovom delu akcenat je stavljen na problem heterogenosti među veličinama efekata, gde će se pokušati otkriti šta su sve njeni izvori. Meta-regresija je jedan od najadekvatnijih načina za modeliranje heterogenosti. Ona je predstavljena pomoću:

$$Y_j = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kj} + \varepsilon_j, \quad j = 1, 2, \dots, 22, \quad (4.12)$$

gde je Y_j ocena zavisne promenljive od interesa u studiji j , X_{kj} su moderator koji mere značajne karakteristike empirijskih studija i objašnjavaju varijaciju Y_j , β_k su meta-regresioni koeficijenti koji objašnjavaju koliki je efekat svake od k karakteristika na Y_j , dok ε_j predstavlja meta-regresionu grešku.

U prethodnom delu rada je prvo bitno pronađeno da postoji slaba negativna veza između nejednakosti prihoda i ekonomskog rasta. Nakon što je uzorak testiran na prisustvo pristrasnosti publikacija, pokazano je da postoji pristrasnost publikacija u značajnosti rezultata, te su nakon toga ocene veličine efekta korigovane.

Meta-regresiona analiza se koristi kako bi se modelirala heterogenost podataka izvučenih iz uzorka, gde je u ovom slučaju zavisna promenljiva ocena veličine efekata, dok nezavisne promenljive predstavljaju neke od karakteristika studija iz uzorka od kojih se očekuje da imaju uticaj na ekonomski rast. Karakteristike studija koje će u meta-regresiji biti razmatrane kao nezavisne promenljive su prikazane u Tabeli 4.5. Kako bi se izbeglo prisustvo heteroskedastičnosti, sve nezavisne promenljive suodeljene vrednošću $\hat{\sigma}_j$.

Indikatori su bazirani na osnovu sledećih kriterijuma:

- *Stepen razvoja zemalja studije.* Prepostavka je da je negativna veza između nejednakosti prihoda i ekonomskog rasta jača u zemljama u razvoju, dok je neznačajna ili pozitivna u razvijenim zemljama. To potvrđuje i Castelo, koji kaže da negativan odnos može biti jači u manje razvijenim zemljama, jer su u tim zemljama mnogo strožija ograničenja nagomilavanja ljudskog kapitala i političke nestabilnosti. SR_j predstavlja indikator koji uzima vrednost 1 kada je opservacija j uzeta iz studije koja uključuje samo zemlje u razvoju, a vrednost 0 u suprotnom.

- *Vrsta publikacije.* Razlike u rezultatima studija mogu takođe biti povezane sa razlikama u načinu objavljivanja, gde se posebna pažnja pridaje odnosu između neobjavljenih radova (radova u izradi) i članaka iz časopisa ili poglavlja u knjigama. Stoga se definiše indikator VP_j koji uzima vrednost 1 ako ocena veličine efekta potiče iz neobjavljenog rada, a vrednost 0 ako je ocena iz rada objavljenog u časopisu ili knjizi.

<i>Naziv studije</i>	<i>Godina publikacije</i>	<i>Broj opservacija</i>	<i>Stepen razvoja zemalja</i>	<i>Vrsta publikacije</i>	<i>Broj zemalja u uzorku</i>
Clarke (1995)	1995	6	Obe grupe ¹²	Objavljen	81
Deininger and Squire (1998)	1998	10	Obe grupe	Neobjavljen	108
Knell (1999)	1999	3	Obe grupe	Objavljen	83
Deininger and Olinto (2000)	2000	9	Obe grupe	Neobjavljen	108
Mo (2000)	2000	20	Obe grupe	Objavljen	108
Odekukun and Round (2001)	2001	4	U razvoju	Objavljen	35
Mbabazi et al. (2001)	2001	15	U razvoju	Neobjavljen	44
Keefer and Knack (2002)	2002	2	U razvoju	Objavljen	108
Castelló and Domenech (2002)	2002	2	U razvoju	Objavljen	108
Banerjee and Duflo (2003)	2003	8	U razvoju	Objavljen	45
Bleaney and Nishiyama (2004)	2004	28	Obe grupe	Objavljen	108
Castelló (2004)	2004	13	U razvoju	Neobjavljen	108
Knowles (2005)	2005	12	U razvoju	Objavljen	40
Voitchovsky (2005)	2005	14	Obe grupe	Objavljen	25
Iadian (2005)	2005	6	U razvoju	Objavljen	82
Sarkar (2007)	2007	2	Obe grupe	Objavljen	92
Chambers and Krause (2009)	2009	4	Obe grupe	Objavljen	54
Castello (2010)	2010	9	Razvijene	Objavljen	56
Halter et al. (2011)	2011	19	Razvijene	Neobjavljen	26
Woo (2011)	2011	6	Obe grupe	Objavljen	93
Herzer and Volmer (2012)	2012	2	Obe grupe	Objavljen	46
Wu (2017)	2017	4	U razvoju	Objavljen	1

*Tabela 4.5: Prikaz nezavisnih promenljivih*¹² Studijom su obuhvaćene i zemlje u razvoju i razvijene zemlje.

4.2.7 Rezultati meta-regresije i diskusija

Za konstruisanje meta-regresionog modela razmatrano je 5 nezavisnih promenljivih koje imaju uticaj na ocenu veličine efekta. Jednačina (4.12) se može preformulisati u:

$$\hat{\theta}_j' = \beta_0 + \beta_1 BO_j + \beta_2 SR_j + \beta_3 VP_j + \beta_4 BZ_j + \beta_5 GP_j + \varepsilon_j, \quad j = 1, \dots, 22, \quad (4.13)$$

gde je:

- BO_j – broj opservacija j -te studije uzorka
- SR_j – stepen razvoja posmatranih zemalja j -te studije (u razvoju/razvijene)
- VP_j – vrsta publikacije j -te studije (objavljeno/neobjavljeno)
- BZ_j – broj zemalja u uzorku j -te studije
- GP_j – godina publikacije j -te studije.

Za ispitivanje postojanja multikolinearnosti korišćen je faktor inflacije varijanse (VIF), koji ukazuje na postojanje korelacije između dve ili više nezavisnih promenljivih u modelu.

Posmatra se sledeća tabela:

	Tolerancija	VIF
BO	0.199	5.030
SR	0.738	1.356
VP	0.101	9.945
BZ	0.179	6.667
GP	0.194	2.921

Tabela 4.6: Ispitivanje multikolinearnosti – korak 1

Najviša vrednost koeficijenta VIF se nalazi kod promenljive VP , što ukazuje na umereno visoku korelaciju između te promenljive i ostalih promenljivih u modelu. Nakon uklanjanja

te promenljive iz modela, ponovo se proverava postojanje multikolinearnosti između preostalih promenljivih.

	Tolerancija	VIF
<i>BO</i>	0.210	4.224
<i>SR</i>	0.757	1.322
<i>BZ</i>	0.159	6.282
<i>GP</i>	0.589	1.699

Tabela 4.7: Ispitivanje multikolinearnosti – korak 2

Budući da se u Tabeli 4.7 i dalje primećuje korelacija između promenljive *BZ* i preostalih promenljivih u modelu, ona se uklanja iz modela, i ponovo se testira multikolinearnost.

	Tolerancija	VIF
<i>BO</i>	0.869	1.150
<i>SR</i>	0.993	1.007
<i>GP</i>	0.875	1.143

Tabela 4.8: Ispitivanje multikolinearnosti – korak 3

Nakon što je testirana multikolinearnost, linearni regresioni model (4.13) postaje:

$$\hat{\theta}_j' = \beta_0 + \beta_1 BO_j + \beta_2 SR_j + \beta_3 GP_j + \varepsilon_j, \quad j = 1, \dots, 22. \quad (4.14)$$

U Tabeli 4.9 su prikazani rezultati meta-regresione analize.

Zavisna promenljiva: $\hat{\theta}_j$ ¹³			
Nezavisna promenljiva	koeficijent	standardna greška	t-vrednost
Konstanta	-0.1694	0.2941	-0.5758
GP_j	-0.0005** ¹⁴	0.0001	-3.7332
BO_j	0.0004	0.0002	1.6192
SR_j	-0.0044	0.0061	-0.7114
Broj opservacija meta-regresije	22		
F-statistika	4.8327 ^{*15}		
R^2	0.4461		
\bar{R}^2	0.3538		

Tabela 4.9: Rezultati meta-regresije

Koeficijent uz nezavisnu promenljivu GP_j ima negativan koeficijent, što ukazuje na to da, što je neka studija novija, kao rezultat će imati sve jači negativan uticaj nejednakosti prihoda na ekonomski rast. Koeficijent je statistički značajno različit od nule, ponovo sa nivoom značajnosti 1%.

Indikator SR_j ima negativan koeficijent, što sugerise da je nejednakost prihoda štetnija po ekonomski rast u zemljama u razvoju nego u razvijenim zemljama. Koeficijent nije statistički značajno različit od nule, što znači da se ovaj uticaj ne smatra značajnim.

Sa druge strane, pretpostavka je da bi ocena veličine efekta bila preciznije određena ukoliko bi se posmatrao uticaj nejednakosti prihoda na ekonomski rast u studijama koje imaju obimniji uzorak. U ovom slučaju, koeficijent uz BO_j jeste pozitivan, što potvrđuje pretpostavku, međutim, nije statistički značajan, pa se ne razmatra uticaj ove nezavisne promenljive na zavisnu.

¹³ Ocena veličine efekta korigovana za prisustvo heteroskedastičnosti

¹⁴ Nivo statističke značajnosti od 1% je označen sa **

¹⁵ Nivo statističke značajnosti od 5% je označen sa *

Vrednost F -statistike pokazuje da je model statistički značajan sa nivoom značajnosti 5%. Koeficijent determinacije R^2 iznosi 0.44, što znači da skoro 45% varijacije zavisne promenljive može biti objašnjen pomoću nezavisnih promenljivih, dok prilagođeni koeficijent determinacije pokazuje da je meta-regresijom 35% varijacije veličine efekta objašnjeno statistički značajnim nezavisnim promenljivama. Kao što je već napomenuto, treba uzeti u obzir to što je uzorak malog obima, te da nije izvodljivo postići izrazito visok koeficijent determinacije.

5 Zaključak

Ideja ovog rada je da se kroz praktične primere prikaže primena metoda meta-analize i meta-regresije. U prvom primeru prikazano je ispitivanje uticaja ulaganja u informacione i komunikacione tehnologije na produktivnost firmi, gde je pokazano da je on pozitivan i statistički značajan, dok koeficijent uticaja ulaganja na profitabilnost firmi nije statistički značajno različit od nule. Pored toga, ispitano je prisustvo pristrasnosti publikacija u literaturi, ali je pokazano da koeficijenti svih nezavisnih promenljivih povezanih sa pristrasnošću nisu statistički značajni. Nakon primene meta-regresija pokazano je da se elastičnost informacionih i komunikacionih tehnologija smanjuje s porastom prosečne godine u uzorku. Nisu se pronašle razlike između rezultata dobijenih iz naučnih radova i objavljenih studija što znači da pristrasnost publikacije nije prouzrokovana postupkom pregleda i objavljanja, već autocenzurom istraživanja.

U drugom primeru sprovedena je kvantitativna analiza empirijske literature o efektima nejednakosti prihoda na ekonomski rast korišćenjem meta-analize, kako bi se sistematizovali rezultati i pomoću toga došlo do objektivnijih zaključaka u ovoj oblasti. Primenom metoda ocenjivača fiksnih i slučajnih efekata utvrđeno je da postoji heterogenost među veličinama efekata, kao i da postoji slaba negativna veza između nejednakosti prihoda i ekonomskog rasta, što je u skladu sa zaključcima studija iz uzorka. Testirano je prisustvo pristrasnosti publikacija, gde je pokazano da su autori skloni objavljivanju statistički značajnih rezultata, što čini empirijski efekat nejednakosti prihoda na ekonomski rast većim nego što zaista jeste. Nakon korekcije parametara, upotrebljena je meta-regresiona analiza kako bi se identifikovali izvori heterogenosti. Testom multikolinearnosti između nezavisnih promenljivih modela utvrđeno je da se u model uključuju tri promenljive, koje predstavljaju godinu publikacije posmatrane studije, stepen razvoja zemalja uzorka posmatrane studije i broj opservacija koje su služile za odabir ocene. Pokazano je da je jedino koeficijent uz prvu nezavisnu promenljivu statistički značajan sa nivoom značajnosti 1%, što može biti objašnjeno time što novije studije iz uzorka kao teorijsku i metodološku osnovu koriste starije studije iz uzorka, pogotovo studije iz perioda kada je postojao trend objavljivanja negativnog uticaja. Iz svega navedenog, može se zaključiti da je sa nivoom značajnosti 5% pokazano je da je uticaj nejednakosti prihoda na ekonomski rast negativan, kao i da je on naglašeniji u novijim studijama.

Jedna od potencijalnih ideja za buduća istraživanja je da se u meta-analizu uključe sve ocene veličine efekta dobijene u pojedinačnim studijama iz uzorka, jer bi na taj način analiza bila sveobuhvatnija, koristila bi veću količinu informacija, i dolazila bi do preciznijih zaključaka. Uzorak se takođe može proširiti uključivanjem većeg broja studija. Važno je napomenuti da, iako ovi zaključci daju smernice za dalja istraživanja, ne bi trebalo razmatrati postojanje jedinstvenog šablonu na osnovu kog se može analizirati odnos između nejednakosti prihoda i ekonomskog rasta. Nasuprot, u zavisnosti od perspektive iz koje se posmatra i ispituje taj odnos, potrebno je definisati odgovarajuće metodologije.

6 Reference

- Borenstein, M., & Rothstein, H. (2007). *Introduction to Meta-Analysis*.
<https://doi.org/10.1002/9780470743386>
- Castelló-Climent, A. (2010). Inequality and growth in advanced economies: An empirical investigation. *Journal of Economic Inequality*, 8(3), 293–321.
<https://doi.org/10.1007/s10888-010-9133-4>
- Chambers, D., & Krause, A. (2010). Is the relationship between inequality and growth affected by physical and human capital accumulation? *Journal of Economic Inequality*, 8(2), 153–172. <https://doi.org/10.1007/s10888-009-9111-x>
- Clarke, G. R. G. (1995). More evidence on income distribution and growth. *Journal of Development Economics*, 47(2), 403–427. [https://doi.org/10.1016/0304-3878\(94\)00069-O](https://doi.org/10.1016/0304-3878(94)00069-O)
- Crook, T. R., Todd, S. Y., Combs, J. G., Woehr, D. J., & Ketchen, D. J. (2011). Does human capital matter? a meta-analysis of the relationship between human capital and firm performance. *Journal of Applied Psychology*, 96(3), 443–456.
<https://doi.org/10.1037/a0022147>
- DerSimonian, R., & Laird, N. (1986). Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials*, 7(3), 177–188. [https://doi.org/10.1016/0197-2456\(86\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0197-2456(86)90046-2)
- Draper, D. (1995). Inference and Hierarchical Modeling in the Social Sciences. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 20(2), 115–147.
<https://doi.org/10.3102/10769986020002115>
- Faber, J., & Fonseca, L. M. (2014). How sample size influences research outcomes. 19(4), 27–29.
- Fawaz, F., Rahnama, M., & Valcarcel, V. J. (2014). A refinement of the relationship between economic growth and income inequality. *Applied Economics*, 46(27), 3351–3361. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.929624>
- Forbes, K. J. (2000). A reassessment of the relationship between inequality and growth. *American Economic Review*, 90(4), 869–887. <https://doi.org/10.1257/aer.90.4.869>
- Galor, O., & Moav, O. (2004). From physical to human capital accumulation: Inequality and the process of development. *Review of Economic Studies*, 71(4), 1001–1026.
<https://doi.org/10.1111/0034-6527.00312>
- Glass, G. V. (2013). Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research. *Educational Researcher*, 5(10), 3–8.
- Herzer, D., & Vollmer, S. (2012). Inequality and growth: Evidence from panel cointegration. *Journal of Economic Inequality*, 10(4), 489–503.
<https://doi.org/10.1007/s10888-011-9171-6>
- Higgins, J. P. T., & Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine*, 21(11), 1539–1558. <https://doi.org/10.1002/sim.1186>
- Kaldor, N. (1955). Alternative Theories of Distribution. *The Review of Economic Studies*, 23(2), 83. <https://doi.org/10.2307/2296292>
- Kijima, M., Nishide, K., & Ohyama, A. (2010). Journal of Economic Dynamics & Control Economic models for the environmental Kuznets curve : A survey. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(7), 1187–1201.

- <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2010.03.010>
- Kleiber, C. (2007). *The Lorenz curve in economics and econometrics*. (January).
- Knowles, S. (2005). Inequality and economic growth: The empirical relationship reconsidered in the light of comparable data. *Journal of Development Studies*, 41(1), 135–159. <https://doi.org/10.1080/0022038042000276590>
- Kohli, R., & Devaraj, S. (2003). Measuring information technology payoff: A meta-analysis of structural variables in firm-level empirical research. *Information Systems Research*, 14(2), 127–145.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality Simon Kuznets. *American Economic Review*, 45(1), 1–28.
- Labandeira, X., Labeaga, J. M., & López-Otero, X. (2016). A meta-analysis on the price elasticity of energy demand. *EUI Working Papers*.
- Li, H., & Zou, H. F. (1998). Income inequality is not harmful for growth: theory and evidence. *Review of Development Economics*, 2(3), 318–334.
<https://doi.org/10.1111/1467-9361.00045>
- Lubrano, M. (2012). The econometrics of inequality and poverty- Lorenz curves, the Gini coefficient and parametric distributions . *Vcharite.Univ-Mrs.Fr*, (September), 1–36. Retrieved from <http://www.vcharite.univ-mrs.fr/PP/lubrano/cours/Lecture-4.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/5177B7C7-2F63-487B-904E-761CDEAEB694>
- Macdonald, S., Anderson, P., & Kimbel, D. (2000). Measurement or Management?: Revisiting the Productivity Paradox of Information Technology. *Vierteljahrsshefte Zur Wirtschaftsforschung*, 69(4), 601–617. <https://doi.org/10.3790/vjh.69.4.601>
- Mark W. Lipsey, D. W. (2000). Practical Meta Analysis Overview. *Applied Social Research Methods Series*.
- Mason, Charlotte H; Perreault, W. D. (2012). *of Interpretation Regression Analysis Multiple*. 28(3), 268–280.
- Milanović, B. (2005). Worlds apart - Measuring international and global inequaity. *Apollo*, 190(681), 17. <https://doi.org/10.1038/355123a0>
- Mitić, P., Kresoja, M., & Minović, J. (2019). A Literature Survey of the Environmental Kuznets Curve. *Economic Analysis*, 52(1), 109–127.
<https://doi.org/10.28934/ea.19.52.12.pp109-127>
- Neves, P. C., Afonso, Ó., & Silva, S. T. (2016). A Meta-Analytic Reassessment of the Effects of Inequality on Growth. *World Development*, 78, 386–400.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.038>
- Noel A. Card. (2012). *Applied Meta-Analysis for Social Science Research*. A Division of Guilford Publications, Inc.
- Pearson, K. (1904). *Report on certain enteric fever inoculation statistics*. (8).
- Persson, Torsten; Tabellini, G. (1994). Is Inequality Harmful for Growth? *American Economic Association*, 16(2), 52–58. <https://doi.org/10.1108/eb018853>
- Polák, P. (2017a). The productivity paradox : A Meta-analysis. *Information Economics and Policy*, 38, 38–54.
- Polák, P. (2017b). The productivity paradox: A meta-analysis. *Information Economics and Policy*, 38, 38–54. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2016.11.003>

Reassessing the Impact of IT in the Production Function: A Meta-Analysis and Sensitivity Tests. (2005). *Annales d'Économie et de Statistique*, (79/80), 529. <https://doi.org/10.2307/20777587>

Robert M. Solow. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth Author (s): Robert M . Solow Source : The Quarterly Journal of Economics , Vol . 70 , No . 1 (Feb ., 1956), pp . 65-94 Published by : The MIT Press Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1884513>. *Growth (Lakeland)*, 70(1), 65–94.

Sánchez-Meca, J., Marín-Martínez, F., & Chacón-Moscoso, S. (2003). Effect-Size Indices for Dichotomized Outcomes in Meta-Analysis. *Psychological Methods*, 8(4), 448–467. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.8.4.448>

Stanley, T. D. (2005). *Beyond Publication Bias*. 19(3), 309–345.

Talebi, M. (2013). *Study of publication bias in meta-analysis using trim and fill method*. 4(1), 31–36.

Turban, E., McLean, E., & Wetherbe, J. (2000). Information Technology for Management: Transforming Organizations in the Digital Economy. *Information Technology*, 2(4), 192–221. <https://doi.org/10.1108/09593840010377644>

7 Prilog

7.1 Prilog 1 – Tabela izvora pristrasnosti publikacija

	Mixed-effects multilevel			Clustered OLS		
	Profitability	Productivity	All	Profitability	Productivity	All
prec	-0.000150 (-0.18)	0.00308** (5.88)	0.00229** (5.56)	0.0000229 (0.02)	0.00236 (0.81)	0.00173 (0.71)
Observations	1.408** (7.57)	0.422 (1.45)	0.795** (3.75)	0.927** (3.69)	0.0780 (0.16)	0.431 (1.57)
Years	0.155** (3.14)	-0.247* (-2.14)	0.0190 (0.27)	0.103† (1.82)	-0.213 (-1.14)	-0.0353 (-0.31)
Labour	-5.091* (-2.43)	-1.233 (-0.99)	-2.106* (-2.16)	-6.599** (-2.89)	-0.0977 (-0.11)	-0.686 (-0.82)
Publication year	-0.542 (-1.40)	0.359 (0.67)	-0.136 (-0.30)	-0.494* (-2.34)	0.226 (0.56)	-0.0875 (-0.31)
Publication year ²	0.0125 (0.88)	0.0115 (0.60)	0.0113 (0.71)	0.0123 (1.52)	0.0178 (1.54)	0.0120 (1.59)
Citations	-0.0154 (-0.05)	0.310 (0.61)	0.184 (0.44)	0.167 (0.69)	0.455* (2.04)	0.297† (1.80)
Working paper	-0.515 (-0.52)	0.760 (0.34)	-0.0523 (-0.03)	-0.0400 (-0.05)	1.542 (1.06)	0.802 (0.95)
OLS method	0.383 (0.94)	-0.0887 (-0.12)	0.0286 (0.06)	1.593* (2.46)	0.126 (0.15)	0.752 (1.12)
countryUS	2.300* (2.31)	0.984 (0.62)	0.590 (0.50)	1.868* (2.69)	1.330 (1.15)	0.637 (0.99)
Average year	0.183* (2.53)	-0.506** (-3.57)	-0.135 (-1.50)	0.147† (1.91)	-0.439 (-1.33)	-0.118 (-0.62)
Impact factor	-0.468 (-0.96)	-1.468 (-1.51)	-0.625 (-0.90)	-0.663* (-2.28)	-1.320† (-1.69)	-0.383 (-1.29)
Dependent variable			-0.780 (-1.23)			-0.374 (-0.57)
Constant	-369.5* (-2.56)	1004.6** (3.57)	268.0 (1.50)	-293.9† (-1.92)	873.2 (1.33)	234.7 (0.62)
Observations	317	533	850	317	533	850
rmse				2.500	6.242	5.290

Rezultati meta-regresione analize: Testiranje izvora heterogenosti između studija

7.2 Prilog 2 – Spisak studija korišćenih u primeni meta-analize

- Bleaney, M., & Nishiyama, A. (2004). Income inequality and growth - Does the relationship vary with the income level? *Economics Letters*, 84(3), 349–355.
<https://doi.org/10.1016/j.econlet.2004.03.004>
- Castelló-Climent, A. (2004). *A reassessment of the relationship between inequality and growth: what human capital inequality data say?*
- Castelló-Climent, A. (2010). Inequality and growth in advanced economies: An empirical investigation. *Journal of Economic Inequality*, 8(3), 293–321.
<https://doi.org/10.1007/s10888-010-9133-4>
- Castelló-Climent, A., & Domenech, R. (2002). *HUMAN CAPITAL INEQUALITY AND ECONOMIC GROWTH : SOME NEW EVIDENCE **. 112(1996), 187–200.
- Chambers, D., & Krause, A. (2009). Is the relationship between inequality and growth affected by physical and human capital accumulation? *Journal of Economic Inequality*, 8(2), 153–172. <https://doi.org/10.1007/s10888-009-9111-x>
- Deininger, K. W. (2000). *Asset distribution, inequality, and growth / Klaus Deininger and Pedro Olinto*. (July). <https://doi.org/10.1596/1813-9450-2375>
- Deininger, K., & Squire, L. (1998). New ways of looking at old issues: Inequality and growth. *Journal of Development Economics*, 57(2), 259–287.
[https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(98\)00099-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(98)00099-6)
- Halter, D., Oechslin, M., & Zweimüller, J. (2011). Inequality and growth: The neglected time dimension. *Journal of Economic Growth*, 19(1), 81–104.
<https://doi.org/10.1007/s10887-013-9099-8>
- Herzer, D., & Vollmer, S. (2012). Inequality and growth: Evidence from panel cointegration. *Journal of Economic Inequality*, 10(4), 489–503.
<https://doi.org/10.1007/s10888-011-9171-6>
- Iradian, G. (2005). *Inequality , Poverty , and Growth : Cross-Country Evidence*.
- Keefer, P., & Knack, S. (2002). *Polarization , politics and property rights : Links between inequality and growth **. 127–154
- Knell, M. (1999). Social Comparisons, Inequality, and Growth. *SSRN Electronic Journal*.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.203114>
- Mbabazi, J; Morrisey, O; Milner, C. (2001). *Are Inequality and Trade Liberalization Influences on Growth and Poverty ?*
- Mo, P. H. (2000). *Income Inequality and Economic Growth*. 53(1996), 293–315.
- Neves, P. C., & Silva, S. M. T. (2014). Inequality and Growth: Uncovering the Main Conclusions from the Empirics. *Journal of Development Studies*, 50(1), 1–21.
<https://doi.org/10.1080/00220388.2013.841885>
- Odedokun, M. O., & Round, J. I. (2001). *Discussion Paper No . 2001 / 103 Determinants of Income Inequality and its Effects on Economic Growth Evidence from African Countries*.

- Sarkar, D. (2007). The role of human capital in economic growth revisited. *Applied Economics Letters*, 14(6), 419–423. <https://doi.org/10.1080/13504850500447323>
- Voitchovsky, S. (2005). Does the profile of income inequality matter for economic growth?: Distinguishing between the effects of inequality in different parts of the income distribution. *Journal of Economic Growth*, 10(3), 273–296. <https://doi.org/10.1007/s10887-005-3535-3>
- Woo, J. (2011). Growth, income distribution, and fiscal policy volatility. *Journal of Development Economics*, 96(2), 289–313. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2010.10.002>
- Wu, X., & Li, J. (2017). Income Inequality, Economic Growth, and Subjective Well-being: Evidence from China. *Research in Social Stratification and Mobility*, 96(2), 289–313. <https://doi.org/10.1016/j.rssm.2017.10.003>

7.3 Prilog 3 – Prikaz studija korišćenih u primeni meta-analize

Autor	Period	Obim uzorka	Struktura podataka	Metodologija	Uticaj nejednakosti prihoda na ekonomski rast
Clarke (1995)	1970-1985	222	Studija preseka	Metoda najmanjih kvadrata	Negativan
Deininger and Squire (1998)	1960-1992	108	Studija preseka	Metoda najmanjih kvadrata	Negativan
Knell (1999)	1960-1985	83	Studija preseka		Negativan
Deininger and Olinto (2000)	1966-1990	744	Panel	Metoda momenta	Pozitivan
Mo (2000)	1960-1985	78	Studija preseka	Metoda najmanjih kvadrata	Negativan
Odekukun and Round (2001)	1960-1990	325	Panel	Metoda najmanjih kvadrata	Negativan
Mbabazi et al. (2001)	1970-1995	220	Panel	Model fiksnih efekata	Negativan
Keefer and Knack (2002)	1970-1972	89		Metoda najmanjih kvadrata	Negativan
Castelló and Domenech (2002)	1960-1990	83	Studija preseka	Metoda najmanjih kvadrata	Negativan; Pozitivan kada se u isto vreme razmatra i nejednakost ljudskog kapitala
Banerjee and Duflo (2003)	1965-1995	588	Panel	Serijski kernel regresija	Negativan

Bleaney and Nishiyama (2004)	1965-1990	252	Panel	Model fiksnih efekata; metoda najmanjih kvadrata	Pozitivan
Castelló (2004)	1960-1985	248	Panel	Model fiksnih efekata; metoda momenta	Pozitivan u slučaju modela fiksnih efekata; negativan u slučaju metode momenta
Knowles (2005)	1960-1990	222	Studija preseka	Metoda momenta	Negativan
Voitchovsky (2005)	1975-2000	170	Panel	Metoda momenta	Pozitivan na vrhu raspodele nejednakosti; negativan na dnu
Iradian (2005)	1965-2003	374	Panel	Model fiksnih efekata; metoda momenta	Pozitivan
Sarkar (2007)	1970-1987	1054	Studija preseka	Metoda najmanjih kvadrata	Negativan
Chambers and Krause (2009)	1960-2000	240	Panel	Metoda najmanjih kvadrata	Negativan
Castello (2010)	1960-2000	204	Panel	Metoda momenta	Negativan
Halter et al. (2011)	1966-2005	272	Panel	Model fiksnih efekata; Metoda momenta	Pozitivan u slučaju modela fiksnih efekata; negativan u slučaju metode momenta

Woo (2011)	1960-2000	824	Panel	Metoda najmanjih kvadrata	Negativan
Herzer and Vollmer (2012)	1970-1995	598	Panel		Negativan
Wu (2017)	2003-2010	168	Studija preseka	Metoda najmanjih kvadrata	Negativan

Kratka biografija



Teodora Glamočanin je rođena 21.10.1993. godine u Novom Sadu, gde je 2008. godine završila Osnovnu školu „Jovan Popović“ kao nosilac Vukove diplome. Gimnaziju „Jovan Jovanović Zmaj“, društveno-jezički smer, završila je 2012. godine. Iste godine upisala je osnovne studije Primjenjene matematike, modul Matematika finansija, na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu, i uspešno ih je završila u oktobru 2016. godine. Nakon toga upisala je master studije na istom departmanu. U oktobru 2018. godine položila je sve ispite predviđene nastavnim planom i programom, sa prosečnom ocenom 8.87, čime je stekla pravo na odbranu master rada. U julu 2018. godine obavila je praksu u Sektoru za Investicije u DDOR-u, a od septembra 2019. godine je zaposlena u firmi ARPM (Advanced Risk and Portfolio Management) na poziciji istraživača.

Novi Sad, jul 2020.

Teodora Glamočanin

UNIVERZITET U NOVOM SADU PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNADOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: *Monografska dokumentacija*

TD

Tip zapisa: *Tekstualni štampani materijal*

TZ

Vrsta rada: *Master rad*

VR

Autor: *Teodora Glamočanin*

AU

Mentor: *Prof. dr Zorana Lužanin*

MN

Naslov rada: *Primeri korišćenja meta-analize u ekonomskim modelima*

NR

Jezik publikacije: *Srpski (latinica)*

JP

Jezik izvoda: *s/e*

JI

Zemlja publikovanja: *Republika Srbija*

ZP

Uže geografsko područje: *Vojvodina*

UGP

Godina: 2020.

GO

Izdavač: *Autorski reprint*

IZ

Mesto i adresa: *Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 4*

MA

Fizički opis rada: *5 poglavlja, 61 stranica, 39 referenci, 14 slika, 10 tabela*

FO

Naučna oblast: *Primjena matematika*

NO

Naučna disciplina: *Statistička analiza*

ND

Ključne reči: *meta-analiza, veličina efekta, meta-regresija, nejednakost prihoda, ekonomski rast*

PO UDK

Čuva se: *Biblioteka Departmana za matematiku i informatiku, Prirodno-matematičkog fakulteta, u Novom Sadu*

ČU

Važna napomena:

VN

Izvod: *U master radu je uveden pojam i metodologija meta-analize kao sredstvo statističke analize bazirane isključivo na rezultatima više studija koje izučavaju istu pojavu, gde su rezultati pojedinačnih studija predstavljeni veličinom efekta. Predstavljeni su modeli meta-analize i načini testiranja postojanja heterogenosti između rezultata studija, kao i postojanja pristrasnosti publikacija. U okviru primera njene primene, prvo je analiziran naučni rad meta-analize paradoksa produktivnosti, gde je predmet istraživanja bio uticaj ulaganja u informacione i komunikacione tehnologije na produktivnost firmi. Zatim je izvršena meta-analiza uticaja nejednakosti prihoda na ekonomski rast na uzorku od 22 studije, gde je kao veličina efekta odabran Gini koeficijent. Testirano je prisustvo pristrasnosti publikacija i heterogenosti između veličina efekata, nakon čega je konstruisan meta-regresioni model.*

IZ

Datum prihvatanja teme od strane NN veća: *15. avgust 2019.*

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik: *dr Andreja Tepavčević, redovni profesor*

Mentor: *dr Zorana Lužanin, redovni profesor*

Član: *dr Jasna Atanasijević, docent*

UNIVERSITY OF NOVI SAD FACULTY OF SCIENCES

KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: *Monograph type*

DT

Type of record: *Printed text*

TR

Contents code: *Master thesis*

CC

Author: *Teodora Glamočanin*

AU

Mentor: *Zorana Lužanin, PhD*

MN

Title: *Examples of using meta-analysis on economic models*

XI

Language of text: *Serbian (latin)*

LT

Language of abstract: *s/e*

LA

Country of publication: *Republic of Serbia*

CP

Locality of publication: *Vojvodina*

LP

Publication year: 2020.

PY

Publisher: *Author's reprint*

PU

Publ. place: *Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 4*

PP

Physical description: *5 chapters, 61 pages, 39 references, 14 pictures, 10 tables*

PD

Scientific field: *Applied mathematics*

SF

Scientific discipline: *Statistical analysis*

SD

Key words: *meta-analysis, effect size, meta-regression, income inequality, economic growth*

UC

Holding data: *Department of Mathematics and Informatics' Library, Faculty of Sciences, Novi Sad*

HD

Note:

N

Abstract: *This master thesis introduces the methodology of meta-analysis as a statistical analysis tool based exclusively on the results of multiple studies in the same field, where those results represent an effect size. Meta-analysis models are introduced, together with the tools for testing heterogeneity between study results, as well as testing the existence of publication bias. Within the examples of its application, a scientific paper on the meta-analysis of the productivity paradox was first analyzed, where the subject of the research was the impact of information and communication technology investment on company productivity. Afterwards, a meta-analysis of the impact of income inequality on economic growth was performed on a sample of 22 studies, where the Gini coefficient was the chosen effect size. The presence of publication bias and heterogeneity between effect sizes was tested before constructing a meta-regression model.*

AB

Accepted by the Scientific Board on: *August 15, 2019*

ASB

Defended:

DE

Thesis defended board:

DB

President: *Prof. Andreja Tepavčević, PhD*

Mentor: *Prof. Zorana Lužanin, PhD*

Member: *Prof. Jasna Atanasijević, PhD*