

O PRIMJENI TEORIJE GRAFA U ANALIZI NODALNE REGIJE

VRESK MILAN

U cilju spoznaje pojedinih pojava u geografiji se danas sve više primjenjuju razni statistički i matematički postupci i modeli. U ovom radu daćemo sažet prikaz mogućnosti primjene jednostavnog grafa u analizi nodalnofunkcionalne regije.

Izdvajanje nodalno-funkcionalnih regija, dobiva rastuću vrijednost s brzim razvojem gradova u 20. st. i sve većim praktičnim potrebama, posebno u planiranju funkcionalne organizacije prostora.

Koncept nodalno-funkcionalne regije počiva na utvrđenoj činjenici da grad i njegov okolni, po prirodnim i drugim obilježjima najčešće heterogen prostor, čine komplementarnu cjelinu. Integralnost ove cjeline proizlazi iz funkcionalnih veza i interakcija koje se ispoljavaju kroz cirkulaciju ljudi, robe i informacija. Izdvajanje nodalnih regija temelji se prema tome na utvrđivanju funkcionalnih veza između grada i okolnog prostora.

U određivanju nodalno-funkcionalnih regija u praksi se primjenjuju analitički i sintetički postupci pri čemu se mogu koristiti kvalitativni i kvantitativni pokazatelji funkcionalnih odnosa. Iz mnoštva dosadašnjih radova posebno treba istaći raširenost analitičkih pristupa. Mnogi su autori pokušali analizom gravitacijskih areala utvrditi komplementarne regije pojedinih centara. Veliki broj takvih radova temeljen je na analizi prostornog utjecaja jedne funkcije gradova, a ima pokušaja određivanja komplementarnih regija sintezom više gravitacijskih areala¹. U analizi gravitacijskih zona, kako se to može zapaziti iz brojnih radova, najčešće se koriste podaci o kretanju ljudi (radi zadovoljenja kulturnih, prosvjetnih, zdravstvenih, trgovačkih i drugih potreba), o razmjeni informacija (putem dnevne štampe, telefonskim vezama itd.), o cirkulaciji robe itd.

Mnogobrojne primjere navedenih analiza nije moguće ovom prilikom sve nabrojiti, a kamoli opisati².

S ovakvom regionalizacijom posebno je naglašen problem određivanja granica i hierarhije nodalno-funkcionalnih regija. Kod jednostavnih gravita-

¹ U američkoj literaturi za takve regije postoje nazivi: »Single-feature region« i »Multiple-feature region« (Whittlesey, 1954.).

² O istraživanju funkcionalnih odnosa postoje sakupljeni bibliografski podaci (Berry — Pred, 1961; Schöller, 1972.).

cijskih areala (na bazi jedne funkcije) granicu čine mjesta krajnjeg gravitacijskog dometa. Kod određivanja komplementarnih funkcionalnih regija sintezom više gravitacijskih areala javljaju se teškoće jer se gravitacijski areali prostorno potpuno ne poklapaju. U takvim slučajevima ima pokušaja određivanja »srednje« granice (npr. Green, 1955.).

Za utvrđivanje hijerarhijske strukture nodalno-funkcionalnih regija dosad se primjenjivalo nekoliko postupaka. Najraširenija je svakako klasična teorija centralnih naselja. Pored nje primjenjuju se gravitacijski modeli³, zatim tzv. »rank-size rule«⁴, a u novije vrijeme i »teorija polova razvoja« (Growth pole theory⁵).

Istraživanja komplementarnih funkcionalnih veza između grada i obalnog prostora omogućuju stvaranje većeg broja modela o nodalno-funkcionalnoj organizaciji prostora⁶.

U novije vrijeme javljaju se u okviru opće teorije sistema novi pogledi na nodalno-funkcionalnu regiju. U okviru opće teorije sistema⁷ nodalna regija je naime, shvaćena kao otvoreni sistem bez izraženih granica u kojem su gradovi, sela i gospodarstva povezana kroz kružno kretanje ljudi, robe i informacija kojeg potiču biološke i socijalne potrebe ljudi. U analizi takve regije postoji nekoliko stupnjeva (Haggett, 1965.). To je analiza kretanja, mreža, čvorišta, hijerarhije te analiza površina (Sl. 1.).

Sa sistemološkim shvaćanjem nodalno-funkcionalne regije povezana je i primjena teorije grafa kao jednog od novijih analitičkih tehnika u prikazivanju i analizi strukture takve regije kao otvorenog sistema.

³ Gravitacijski model temeljen je na poznatoj Newtonovoj teoriji gravitacije, a služi utvrđivanju stupnja interakcije između naselja. Njegova formulacija glasi:

$$I = \frac{P_i P_j}{D^b}$$

U formuli I označava stupanj interakcije; P_i i P_j označavaju »mase« za koje se mogu uzeti broj stanovnika, vrijednost prodane robe, broj zaposlenih itd; D označava »udaljenost« koja može biti izražena u km, vremenu putovanja, transportnim troškovima itd, dok je b konstanta koja se dobije empirijskim putem.

⁴ Rank-size rule« kojeg su po idejama Auerbacha razvili Zipf, Stewart, Singer i drugi (Horton-Berry, 1970) kaže da je stanovništvo u nizu gradova jednog prostora poredanih po veličini jednaka broju stanovnika najvećeg grada podijeljeno s rednim brojem veličine toga grada. Formulacija ovog pravila može se izraziti ovako:

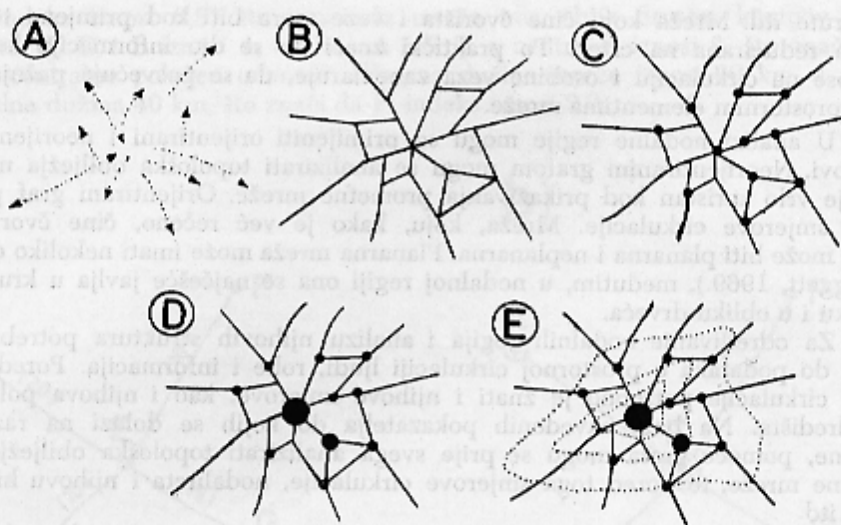
$$S_n = \frac{S_1}{n^b}$$

kod čega S_n označava stanovništvo grada n ; S_1 stanovništvo najvećeg grada; n redni broj veličine grada n , te b konstantu.

⁵ »Teorija polova razvoja« potječe od francuskog ekonomiste Perrouxa, a sve se više razrađuju i primjenjuju u prostornom planiranju. Regionalni razvoj polova (centara) definira se »kao niz ekspandirajućih (propulzivnih) industrija lociranih u urbanim sredinama, koje kroz zone utjecaja pospješuju daljnji razvoj ekonomskih aktivnosti (Boudaville, 1966.).

⁶ Kao primjer takvih planskih modela možemo navesti »Regionalstadt« u Njemačkoj (Hillebrecht, 1962.) ili »Zentralraum« u Austriji (Wurzel, 1970.) itd.

⁷ Sistemološki pristup uzimaju u geografiji u posljednjih petnaestak godina sve više maha. Pored u fizičkoj geografiji u kojeg su najranije došli do izražaja (Chorley, 1962.) u novije vrijeme se primjenjuju i u drugim geografskim disciplinama (Langton, 1972.).



Sl. 1. Stupnjevi analize regionalnog sistema. A = kretanje; B = mreža; C = čvorište; D = hijerarhija; E = površine i polja (Izvor: Haggett, 1965.).

Teorija grafa je jedna grana topologije, dakle, matematička disciplina. Smatra se da je njen začetnik matematičar Leonhard Euler (1707—1783.).⁸ Teorija grafa, kao u cjelini i topologija, ostaje relativno nerazvijena sve do 20. st. Njezin razvoj naročito je pospješen razvojem opće teorije sistema kada graf postaje pogodno sredstvo strukturalnog prikazivanja sistema. Opsežne teoretske osnove ove teorije dao je S. König 1936. da bi se broj radova s tog područja, kako teoretskog tako i aplikativnog karaktera, stalno povećavao.

Sistemološki pristupi kao i teorija grafa primjenjuju se u mnogim znanstvenim disciplinama pa i u geografiji. Primjena grafa u geografiji prvenstveno dolazi do izražaja u analizi prometne mreže, prostorne cirkulacije, a pogotovo u analizi nodalne regije (Kansky, 1963; Nysten and Dacey, 1961; Harary and Norman, 1953. itd.).

Postavlja se pitanje što je graf i u čemu je suština njegove primjene? U geografskom smislu graf se može definirati kao »skup geografskih lokaliteta međusobno povezanih brojnim vezama u sistem« (Kansky, 1963.). Prema tome, graf se sastoji od dva osnovna elementa: od čvorišta i veza. Čvorišta u grafu mogu označavati vrijednost lokacije, veličinu, kapacitet itd., dok veze mogu označavati udaljenost između čvorišta, veličinu, odnosno kapacitet veza. Kod nodalne regije čvorišta mogu biti gradovi, sela, gospodarstva itd., a veze mogu biti ceste, željezničke pruge, vodeni tokovi, naftovodi, telefonske veze, avion-

⁸ Euler je 1736. godine u tadašnjem pruskom gradu Königsbergu pokazao zašto se u četiri područja toga grada međusobno odvojena vodenim tokovima povezana sa sedam mostova, ne može doći i proći sve mostove ako se najmanje jedan most ponovo ne pređe. Njegov rad je kasnije bio razvijen u jednu granu matematike nazvanu teorija grafa (Haggett, 1972.).

ske rute itd. Mreža koju čine čvorišta i veze mora biti kod primjene teorije grafa reducirana na crtež. To praktički znači da se dio informacija koje se odnose na cirkulaciju i osobine veza zanemaruje, da se posvećuje pažnja bitnim prostornim elementima mreže.

U analizi nodalne regije mogu se primijeniti orijentirani i neorijentirani grafovi. Neorijentiranim grafom mogu se analizirati topološka obilježja mreže. On je vrlo koristan kod prikazivanja prometne mreže. Orijetirani graf prikazuje smjerove cirkulacije. Mreža, koju, kako je već rečeno, čine čvorišta i veze može biti planarna i neplanarna. Planarna mreža može imati nekoliko oblika (Haggett, 1969.), međutim, u nodalnoj regiji ona se najčešće javlja u kružnom obliku i u obliku drveća.

Za određivanje nodalnih regija i analizu njihovih struktura potrebno je doći do podataka o prostornoj cirkulaciji ljudi, robe i informacija. Pored količine cirkulacije potrebno je znati i njihove smjerove, kao i njihova polazišta i odredišta. Na bazi navedenih pokazatelja do kojih se dolazi na različite načine, pomoću grafa mogu se prije svega analizirati topološka obilježja dobivene mreže, te pored toga smjerove cirkulacije, nodalitetu i njihovu hijerarhiju itd.

Za analizu topoloških obilježja grafa postoji više topoloških mjera baziranih na teoriji grafa. Za prometnu mrežu nodalne regije najznačajnije su tri topološke mjere: centralitet mreže, povezanost i oblik, odnosno opseg mreže (Garrison, 1960; Kansky, 1963.).

Mjeru centraliteta mreže razvio je König još 1936. godine po kojem se i zove königov broj. Ovaj broj pokazuje maksimalan broj najkraćih veza od jednog do drugog vrha grafa. Centralno mjesto u mreži ima čvorište s najmanjim königovim brojem. Distance između čvorišta mogu biti iskazane i u km, miljama ili vremenom, a čvorišta s königovim brojem mogu biti zamijenjena rednim brojem u odnosu na dobivenu središnju lokaciju.

Najjednostavnija mjera stupnja povezanosti prometne mreže je tzv. Beta-indeks. On pokazuje odnos veza i čvorišta u mreži. Izračunava se po formuli v/c , u kojoj v označuje broj veza, a c broj čvorišta u mreži. Vrijednost ovog odnosa ispod 1 ukazuje na oblik drveta i na nepovezani graf; vrijednost od 1 ukazuje na mrežu koji ima samo jedan krug, dok vrijednost od 1 i 3 ukazuju na kompleksnu mrežu.

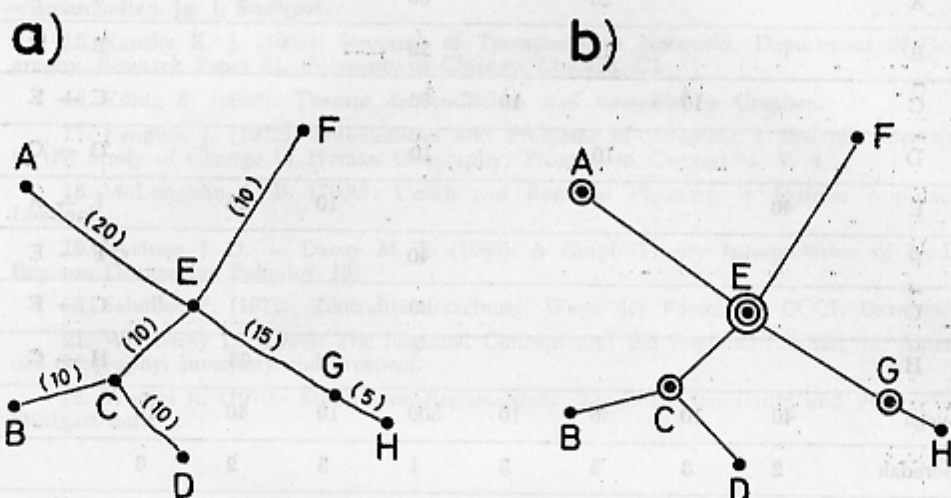
Oblik, odnosno opseg ukupne mreže iskazuje se pomoću tzv. dijametra (Delta-indeks). On pokazuje topološki opseg grafa pomoću računanja broja najkraćih veza između najudaljenijih čvorišta. Za izračunavanje stvarne prometne mreže može poslužiti i tzv. Pi-indeks. On pokazuje odnos ukupne mreže u km i ukupne dijametarske dužine (Kansky, 1963.).

Pored navedenih postoje i druge mjere za analizu prometne mreže u cjelini (Haggett, 1965.).

Na bazi podataka o prostornim funkcionalnim vezama koje se ispoljavaju kroz cirkulaciju ljudi, robe i informacija, mogu se pomoću grafa i matrica vezani uz njega utvrditi smjerovi i intenzitet cirkulacije te značenje i hijerarhija centara, dakle najbitnijih obilježja nodalne regije.

Da bismo to pokazali poslužit ćemo se jednim primjerom. Zamislimo jedan prostor (Sl. 2a) u kojem npr. postoji osam centara (A—H). Navedeni centri povezani su određenim vezama za koje su nam poznate stvarne udaljenosti. Osam centara sa sedam veza čine mrežu čija su topološka obilježja slijedeća:

beta-indeks iznosi 0,87 što znači da mreža ima oblik drveta; königov broj centara H, D i B iznosi 4, centara A i F 3, a centra E iznosi 2, što znači da je on centralno položen u mreži. Ukupna dužina mreže iznosi 90 km, a dijametralna dužina 40 km, što znači da Pi-indeks iznosi 2,2.



Sl. 2. Jednostavna ilustracija grafa u prikazu nodalne regije.

Nas nadalje zanima nodalitet odnosno nodalna hijerarhija prostora. Za to su nam potrebni podaci o funkcionalnim vezama. Zamislimo npr. da se između navedenih naselja izvrši u toku godine određen broj telefonskih razgovora, što je jedan od pokazatelja funkcionalne povezanosti. Da bi mogli izvršiti analizu međusobnih veza između naselja podatke o prosječnom broju dnevno izvršenih telefonskih poziva unijet ćemo u matricu 8×8 (tab. 1.).

Na taj način moći ćemo utvrditi poredak važnosti centara, funkcionalnu povezanost odnosno hijerarhiju te tzv. terminalne točke ili čvorišta.

Ako se vrijednosti u kolonama matrice zbroje dobije se ukupna vrijednost telefonskih poziva po centrima. Dobijene totalne vrijednosti pokazuju privlačno značenje, odnosno redoslijed značenja centara. U našem slučaju (tab. 1) centar E je centar prvog reda, A, B, i G su centri drugog reda, dok su D i F centri trećeg reda. To se može prikazati primjenom određenih simbola na crtežu (Sl. 2b).

Drugo bitno obilježje nodalne regije je hijerarhija centara. Ona se pomoću matrice odredi na taj način da se utvrdi najveći broj poziva iz pojedinih centara u centar višeg reda. Na našem primjeru to je iskazano u zadnjoj koloni matrice. Tako npr. centri B i D sateliti su centra C; H je satelit centra G, dok su opet centri A, C, F i G hijerarhijski vezani za centar E.

Terminalno čvorište u nodalnoj mreži imaju oni centri kod kojih je najveći broj cirkulacije usmjeren prema centru nižeg reda. Na našem primjeru to je centar E.

Tabl. 1. Broj telefonskih poziva dnevno između centara (pretpostavka)

iz/u	A	B	C	D	E	F	G	H	hijerarhijski odnos
A			25		60				A → E
B			15		20				B → C
C		10		10	80				C → E
D			10		10				D → C
E	40					10	15		E → A
F					40				F → E
G					90				G → E
H							35		H → G
svega	40	10	40	10	300	10	40	10	
poredak	2	3	2	3	1	3	2	3	

Pored osnovnih topoloških obilježja mreže, primjenom grafa i za njega vezane matrice utvrdili smo i bitna obilježja nodalne regije. Teorija grafa pruža međutim, mogućnost još detaljnije analize, što nam ovom prilikom nije cilj. Treba na kraju naglasiti da se teorija grafa u analizi nodalnih regija u svijetu sve više primjenjuje što ukazuje na njenu stvarnu vrijednost.

Literatura

1. Abler, Adams, Gould (1972): *Spatial Organization. The Geographer's View of the World*, London.
2. Berge C (1962): *The theory of Graph and its Applications*, N. York.
3. Berry B. J. L. — Horton F. B. (1970): *Geographic Perspectives on Urban Systems, with Integrated Readings*.
4. Berry B. J. L. — Pred A (1961): *Central Place Studies. A Bibliography of Theory and Applications*, Philadelphia.
5. Boudeville J (1966): *Problems of Regional Economic Planning*, Edinburgh.
6. Ford L. K. — Fulkerson D. R. *Flows in Networks*, Princeton.
7. Green H. L. (1955): *Hinterland Boundaries of New York City and Boston in southern New England*, *Economic Geography* 31.
8. Grigg D. (1967): *Regions, Models and Classes*, in: Chorley and Haggett: *Integrated Models in Geography*, London.
9. Haggett P. (1972): *Geography: A Modern Synthesis*, London.
10. Haggett P. (1965): *Locational Analysis in Human Geography*, London.

11. Haggett P. — Chorley R. J. (1969): *Network Analysis in Geography*, London.
12. Harary F. (1969): *Graph Theory*, Reading.
13. Harary F. — Norman R. (1966): *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs*, N. York.
14. Hillebrecht R. (1962): *Städtebau und Stadtentwicklung*; *Archiv für Kommunalwissenschaften*, Jg. 1, Stuttgart.
15. Kansky K. J. (1963): *Structure of Transportation Networks*, Department of Geography, Research Paper 84, University of Chicago, Chicago, Ill.
16. König S. (1936): *Theorie der endlichen und unendlichen Graphen*.
17. Langton J. (1972): *Potentialities and Problems of Adopting a Systems Approach to the Study of Change in Human Geography*; *Progress in Geography*, V. 4.
18. McLoughlin J. B. (1969): *Urban and Regional Planning. A Systems Approach*. London.
19. Nystuen J. D. — Dacey M. F. (1968): *A Graph Theory Interpretation of Nodal Regions*, *Geographia Polonica*, 15.
20. Schöller P. (1972): *Zentralitätsforschung, Wege der Forschung CCCI*, Darmstadt.
21. Whittlesey D. (1954): *The Regional Concept and the Regional Method*, in: *American Geography, Inventory and Prospect*.
22. Wurzel R. (1970): *Stadtregion-Regionalstadt; Zwischen Standmitte und Stadregion*, Stuttgart/Bern.

NEKI ASPEKTI PRIMJENE LORENZOVE KRIVULJE U PROSTORNIM ANALIZAMA

VERA PAVLAKOVIĆ-KOČI

Lorenzova krivulja¹ je grafička metoda na principu kumulativnog niza kojom se uspoređuju dvije distribucije izražene u postocima. Bez obzira na niz varijanti², osnovno je to da metoda omogućava vizualni efekt koncentracije promatrane pojave u odnosu na neku veličinu koja je uzeta za bazu usporedbe, ili u odnosu na hipotetičku distribuciju.

S prostornog aspekta Lorenzova se krivulja može primjeniti u analizi distribucije neke pojave (1) unutar pojedine prostorne jedinice, dakle prostorna jedinica predstavlja konstantu i (2) unutar različitih prostornih jedinica, kada prostorna jedinica predstavlja varijablu. U prvom se slučaju postiže vizualni efekt koncentracije pojave unutar prostorne jedinice s obzirom na kategorije u kojima se javlja pojava, a u drugom s obzirom na prostorne jedinice u kojima je distribuirana.

Lorenzova krivulja u analizi raščlanjenosti gospodarske strukture

Lorenzovu krivulju možemo primjeniti u analizi raščlanjenosti gospodarske strukture, uspoređujući (1) distribuciju aktivnog stanovništva u pojedinim granama djelatnosti izabranih prostornih jedinica s (2) analognom distribucijom prostora u cjelini, ili hipotetičkom distribucijom. Ovaj aspekt primjene Lorenzove krivulje bit će prikazan na primjeru strukture aktivnog stanovništva po djelatnostima u makroregijama Hrvatske u usporedbi sa strukturom aktivnog stanovništva republičkog prostora u cjelini³.

Za konstrukciju Lorenzove krivulje potrebno je najprije broj aktivnih u pojedinoj djelatnosti⁴ za svaki prostor izraziti postotkom. Slijedeći postupak sastoji se u rangiranju djelatnosti prema veličini postotka, idući od najvećeg do najmanjeg, te izračunavanju kumulativnog niza (tab. 1). Pripremljene po-

¹ Ova metoda nazvana je prema svom autoru M. O. Lorenzu, a prvi ju je primjenio za »socijalnu koncentraciju« nacionalnog dohotka 1905. (Methods of Measuring the Concentration of Wealth«, Quarterly Publication of the American Statistical Association, Vol. IX).

² Posebno u regionalnim analizama smještaja industrije, specijalizacije odnosno koncentracije industrije, ili aktivnosti općenito, razvijene su brojne varijante ove grafičke metode. Među njima su najpoznatije tzv. krivulja lokalizacije, krivulja specijalizacije ili diverzifikacije, krivulja redistribucije itd.

³ U ovom primjeru se pojava, tj. gospodarska struktura, promatra kroz određene kategorije unutar pojedine makroregije, prema tome prostorna jedinica predstavlja konstantu, a grana djelatnosti je varijabla. Broj prostornih jedinica koje će se međusobno uspoređivati ovisi o samom zadatku, dok je teoretski dovoljna samo jedna i tada se uspoređuje s pravcem ravnomjerne distribucije.

⁴ Djelatnosti su obilježene rimskim brojevima od I do XI prema redoslijedu u Popisu stanovništva i stanova 31. III 1971.. Osnovni podaci za republiku, regije i općine, Dokumentacija 1973, 163, RZS Zagreb 1973.

Tabl. 1. Djelatnosti prema udjelu aktivnog stanovništva po makroregijama Hrvatske 1971.

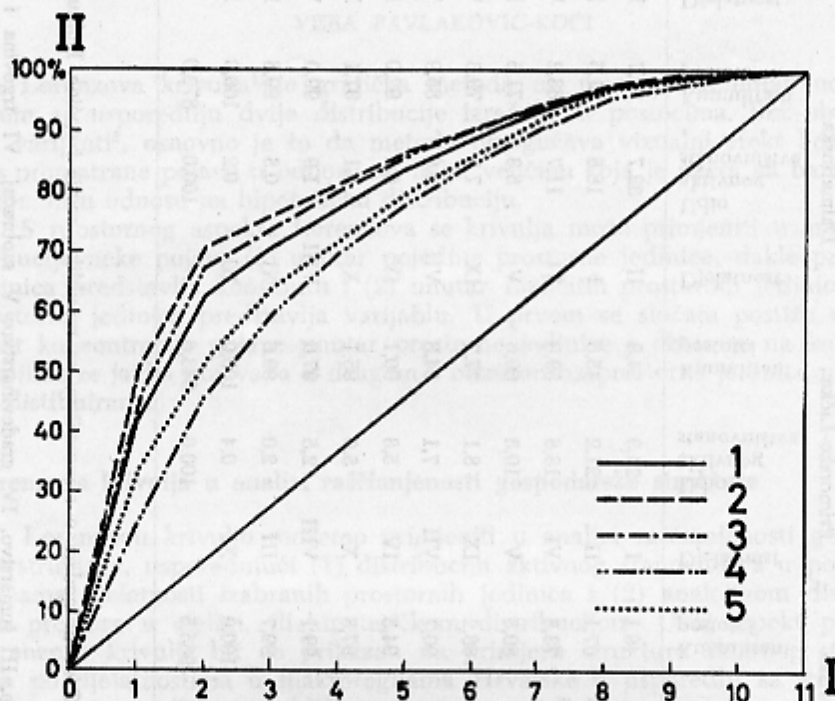
Rang	M A K R O R E G I J A														
	Slavonska			Srednjohrvatska			Primorsko-Lička			Dalmatinska			SR Hrvatska		
	Djelatnost	Udio aktivnog stanovništva	Kumulirani postotci	Djelatnost	Udio aktivnog stanovništva	Kumulirani postotci	Djelatnost	Udio aktivnog stanovništva	Kumulirani postotci	Djelatnost	Udio aktivnog stanovništva	Kumulirani postotci	Djelatnost	Udio aktivnog stanovništva	Kumulirani postotci
1	II	49,4	49,4	II	46,1	46,1	I	24,3	24,3	24,3	II	32,7	32,7	II	41,5
2	I	20,8	70,2	I	21,0	67,1	II	21,2	45,5	45,5	I	18,8	51,5	I	21,0
3	VI	5,5	75,7	VI	6,7	73,8	VI	13,8	59,3	59,3	VI	11,7	63,2	VI	8,2
4	IX	5,5	81,2	IX	6,7	80,5	V	10,3	69,6	69,6	V	8,3	71,5	IX	6,8
5	VII	5,3	86,5	VII	5,7	86,2	IX	8,1	77,7	77,7	IX	7,8	79,3	VII	5,9
6	V	4,2	90,7	IV	4,5	90,7	VII	7,1	84,8	84,8	VII	6,6	85,9	V	5,4
7	IV	3,6	94,3	V	3,8	94,5	IV	5,3	90,1	90,1	IV	6,1	92,0	IV	4,7
8	X	2,8	97,1	X	3,3	97,8	X	5,0	95,1	95,1	X	5,1	97,1	X	3,7
9	III	1,5	98,6	VIII	1,3	99,1	VIII	2,5	97,6	97,6	VIII	1,9	99,0	VIII	1,5
10	VIII	1,1	99,7	III	0,6	99,7	III	2,0	99,6	99,6	XI	0,8	99,8	III	0,8
11	XI	0,3	100,0	XI	0,3	100,0	XI	0,4	100,0	100,0	III	0,2	100,0	XI	0,5
Ukupno		100,0	943,4		100,0	935,5		100,0	843,6		100,0	872,0		100,0	913,3

Izvori: Popis stanovništva i stanova 31. III 1971. Osnovni podaci o stanovništvu za republiku, regije i općine, Dokumentacija 168/1973., RZS, Zagreb 1973.

I industrija i rudarstvo, II poljoprivreda i ribarstvo, III šumarstvo, IV građevinarstvo, V saobraćaj, VI trgovina i ugostiteljstvo, VII zanatstvo, VIII stambena i komunalna djelatnost, IX kultura i socijalne djelatnosti, X djelatnost društvenih službi, XI ostale djelatnosti.

datke prikazujemo u koordinatnom sistemu tako da na okomitu koordinatu unosimo kumulirane postotke, a na vodoravnu djelatnosti prema rang⁵ (sl. 1). Na taj način dobiva se za svaki prostor jedna krivulja.

Kada bi u svakoj djelatnosti bio aktivan jednak udio stanovništva, kada bi, prema tome, aktivno stanovništvo bilo posve ravnomjerno distribuirano po djelatnostima, linija takve distribucije bila bi pravac. (Na slici 1 to je dija-



Sl. 1. Lorenzova krivulja za aktivno stanovništvo prema djelatnosti po makroregijama Hrvatske 1971.

1. SR Hrvatska
2. Slavonska makroregija
3. Srednjohrvatska makroregija
4. Primorsko-Lička makroregija
5. Dalmatinska makroregija

I — rang djelatnosti, II — udio aktivnog stanovništva

gonala iz ishodišta pod kutem od 45°). Vizualni efekt koncentracije aktivnog stanovništva dotične prostorne jedinice daje površina što je zatvara pravac ravnomjerne distribucije i krivulja empirijske distribucije; veća površina upućuje na relativno veću koncentraciju. Na grafikonu je neposredno uočljivo da je najveća koncentracija aktivnog stanovništva u Slavonskoj makroregiji, a rela-

⁵ Na analogan način konstruirana se tzv. krivulja specijalizacije, odnosno diverzifikacije i njene varijante.

tivno najmanja u Primorsko-Ličkoj makroregiji. Može se očitati sa grafikona da u Slavonskoj makroregiji na samo dvije djelatnosti otpada iznad 70% aktivnog stanovništva, nešto manje od 70% u Srednjohrvatskoj makroregiji, dok u Dalmatinskoj i Primorsko-Ličkoj makroregiji isti postotak aktivnog stanovništva imaju četiri djelatnosti zajedno. Budući da koncentracija aktivnog stanovništva u manjem broju djelatnosti znači određeni stupanj gospodarske jednostranosti, to u našem primjeru Slavonska makroregija pokazuje relativno najveću jednostranost gospodarske strukture.

Ucertavanjem krivulje za Hrvatsku u cjelini moguće je tu liniju uzeti za bazu usporedbe, shvativši je kao »prosječnu« distribuciju. Tako možemo konstatirati da veći stupanj raščlanjenosti gospodarske strukture od prosječne imaju Primorsko-Lička i Dalmatiska makroregija, a jednostranije razvijenu Srednjohrvatska i Slavonska.

Iz podataka potrebnih za konstrukciju Lorenzove krivulje moguće je izračunati i brojčane pokazatelje, tj. indekse koncentracije. Grubi indeks koncentracije izračunava se direktno iz tabelarnih podataka sumiranjem članova kumulativnog niza. Brojčana vrijednost takvog pokazatelja veća je što je veća koncentracija aktivnih u jednoj kategoriji. Grafičkim putem utvrđena veća koncentracija aktivnog stanovništva u Slavonskoj i Srednjohrvatskoj makroregiji izražena je vrijednostima 943 i 936 prema 872 za Dalmatinsku i 844 za Primorsko-Ličku makroregiju (kolona 3 tabele 1), odnosno prema 913 za Hrvatsku u cjelini. Budući da bi potpuna koncentracija aktivnog stanovništva u jednoj grani djelatnosti, dakle izrazita jednostranost gospodarske strukture imala vrijednost 1100 (za jedanaest kategorija) to je za svaku makroregiju moguće istovremeno grubo odrediti u kojoj mjeri empirijska koncentracija odstupa od hipotetičke.

Pročišćeni indeks koncentracije izračunava se iz istih podataka usporedbom pojedine makroregije s republikom u cjelini. Indeks se izračunava kao omjer između (1) razlike sume kumuliranih postotaka aktivnih po djelatnostima za dotičnu prostornu jedinicu i sume kumuliranih postotaka za cijeli prostor i (2) razlike između maksimalne sume kumuliranih postotaka aktivnih po djelatnostima i sume kumuliranih postotaka aktivnih po djelatnostima za dotičnu prostornu jedinicu i sume kumuliranih postotaka za cijeli prostor i (2) razlike između maksimalne sume kumuliranih postotaka aktivnih po djelatnostima i sume kumuliranih postotaka za cijeli prostor⁶. Vrijednost indeksa kreće se od 0 do 1, pri čemu vrijednost 0 znači identičnu distribuciju onoj koju ima prostor uzet za bazu, a vrijednost 1 potpunu različitost. Vrijednost indeksa koncentracije za makroregije Hrvatske kreće se od 0,08 za Srednjohrvatsku makroregiju, preko 0,10 za Slavonsku, 0,14 za Dalmatinsku do 0,24 za Primor-

⁶ Izraz za izračunavanje indeksa koncentracije:

$$I = \frac{A-R}{M-R}$$

gdje pojedini simboli imaju slijedeće značenje:

I = indeks koncentracije, A = suma kumuliranih postotaka aktivnih po djelatnostima za dotičnu prostornu jedinicu, R = suma kumuliranih postotaka aktivnih po djelatnostima za prostor u cjelini, i M = maksimalna suma kumuliranih postotaka kada je u prvoj djelatnosti distribuirano svih 100% aktivnih.

(Prema Hammond, R. i P. S. McCullagh, 1974.) Primjer za Slavonsku makroregiju:

$$I = \frac{943 - 913}{1100 - 913} = 0,14$$

sko-Ličku. Srednjohrvatska makroregija ima, prema tome, distribuciju aktivnog stanovništva prema granama djelatnosti najbližu Hrvatskoj u cjelini, dok je Primorsko-Lička relativno najdalje od republičkog prosjeka, iako treba istaći da međumakroregionalne razlike nisu velike.

Lorenzova krivulja u analizi regionalne koncentracije djelatnosti

S drugog aspekta Lorenzova krivulja može se primjeniti za usporedbu dviju distribucija izraženih u postocima, od kojih jedna predstavlja udio pojedine prostorne jedinice u nekoj aktivnosti prostora u cjelini, a druga udio istih prostornih jedinica u nekoj baznoj veličini. Za primjer je odabrana usporedba (1) udjela svake makroregije u aktivnom stanovništvu pojedine djelatnosti s (2) udjelom makroregija u ukupnom aktivnom stanovništvu (koje aproksimira ukupno stanovništvo).

Tabela 2. daje prvu informaciju o nejednakoj distribuciji aktivnog stanovništva po pojedinim djelatnostima u odnosu na distribuciju ukupnog ak-

Tab. 2. Distribucija aktivnog stanovništva u pojedinim djelatnostima po makroregijama Hrvatske 1971. (u %)

Djelatnost	M a k r o r e g i j a				SR Hrvatska
	Slavonska	Srednjo- hrvatska	Primorsko- -Lička	Dalmatinska	
Poljoprivreda	20,7	60,9	6,4	12,0	100,0
Industrija i rudarstvo	17,2	54,7	14,5	13,6	100,0
Trgovina i ugostiteljstvo	11,7	45,2	21,3	21,8	100,0
Ukupno aktivno stanovništvo	17,6	54,2	12,3	15,9	100,0

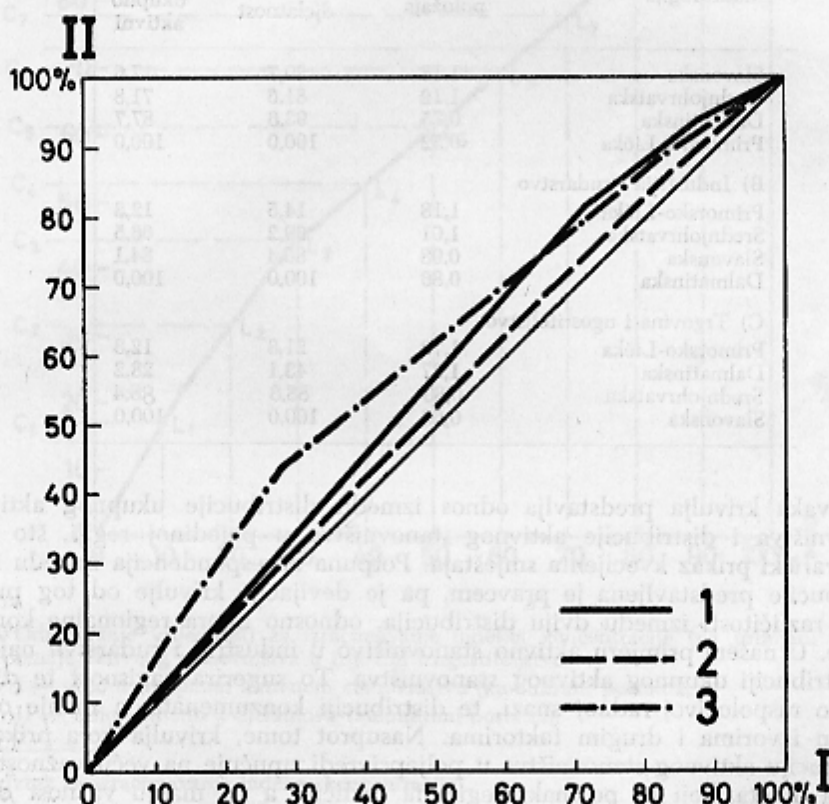
Izvor: Popis stanovništva i stanova 31. III 1971., Osnovni podaci o stanovništvu za republiku, regije i općine, Dokumentacija 1973, 163, Zagreb 1973.

tivnog stanovništva. Tako npr. na Srednjohrvatsku i Slavonsku makroregiju otpada relativno veći udio ukupnog broja aktivnih u poljoprivredi nego u ukupnom aktivnom stanovništvu Hrvatske; nasuprot tome, Primorsko-Lička i Dalmatinska makroregija imaju veći udio u aktivnom stanovništvu u trgovini i ugostiteljstvu Hrvatske, itd. Dijeljenjem udjela u aktivnom stanovništvu dotične djelatnosti s udjelom u ukupnom aktivnom stanovništvu, dobivamo za svaku makroregiju tzv. kvocijent smještaja⁷ (tabela 3). U pripremi podataka

⁷ Kvocijent smještaja ima široku primjenu u regionalnim analizama kao metoda usporedbe između udjela jedne regije u nekoj aktivnosti i udjela iste regije u nekoj baznoj veličini. Izbor baze ovisi, naravno, o samom problemu koji se analizira, a može biti npr. ukupno stanovništvo ili ukupno aktivno stanovništvo, površina itd. Vrijednost kvocijenta za dotičnu regionalnu aktivnost upućuje na prostornu distribuciju ove aktivnosti između regije i prostora u cjelini. Općenito, vrijednost iznad 1 znači nadprosječnu zastupljenost dotične aktivnosti u regiji, dok vrijednost ispod 1 znači zastupljenost aktivnosti u regiji ispod prosjeka. No, interpretacija vrijednosti kvocijenta ipak dosta zavisi o baznoj veličini. Prednost ove metode sastoji se u njenoj jednostavnosti i činjenici da se bazira na podacima koji se mogu brzo pripremiti. Sam po sebi, međutim, kvocijent ne govori mnogo, pa je neophodno primjeniti i druge metode analize. Kvocijent je u literaturi najčešće poznat kao »Location Quotient« (npr. Isard, W. 1964.) ili kao »Standortquotient« (Müller, J. H., 1973.), ali postoje i druge varijante.

Tab. 3. Kvocijent smještaja izabranih djelatnosti sa makroregije Hrvatske

Omjer	Makroregija			
	Slavonska	Srednjo-hrvatska	Primorsko-Lička	Dalmatinska
% aktivnih u poljoprivredi	1,18	1,12	0,52	0,75
% ukupnog broja aktivnog stanovništva				
% aktivnih u industriji i rudarstvu	0,98	1,0	1,18	0,86
% ukupnog broja aktivnog stanovništva				
% aktivnih u trgovini i ugostiteljstvu	0,66	0,83	1,73	1,37
% ukupnog broja aktivnog stanovništva				



Sl. 2. Regionalna distribucija aktivnog stanovništva u izabranim djelatnostima u odnosu na distribuciju ukupnog aktivnog stanovništva 1971.

1. Poljoprivreda
2. Industrija i rudarstvo
3. Trgovina i ugostiteljstvo

I — udio u ukupnom aktivnom stanovništvu (kumulirani postotci),

II — udio aktivnih u djelatnosti (kumulirani postotci)

za konstrukciju Lorenzove krivulje prema veličini ovog kvocijenta određuje se poredak makroregija. Rangirajući makroregije za svaku djelatnost od najvećeg do najmanjeg kvocijenta smještaja, kumuliraju se postoci za dotičnu djelatnost i ukupno aktivno stanovništvo (kako prikazuje tabela 4). Za razliku od prvog primjera, sada se i na vodoravnu i na okomitu koordinatu unose kumulirani postoci⁸, na vodoravnu za ukupno aktivno stanovništvo, a na okomitu za aktivno stanovništvo u pojedinoj djelatnosti (sl. 2).

Tab. 4. Podaci za izradu grafičkog prikaza (Sl. 2)

A) Poljoprivreda

Makroregija	Kvocijent položaja	Kumulirani postotci	
		djelatnost	ukupno aktivni
Slavonska	1,18	20,7	17,6
Srednjohrvatska	1,12	81,6	71,8
Dalmatinska	0,75	93,6	87,7
Primorsko-Lička	0,52	100,0	100,0
B) Industrija i rudarstvo			
Primorsko-Lička	1,18	14,5	12,3
Srednjohrvatska	1,01	69,2	66,5
Slavonska	0,98	86,4	84,1
Dalmatinska	0,86	100,0	100,0
C) Trgovina i ugostiteljstvo			
Primorsko-Lička	1,73	21,3	12,3
Dalmatinska	1,37	43,1	28,2
Srednjohrvatska	0,83	88,3	88,4
Slavonska	0,66	100,0	100,0

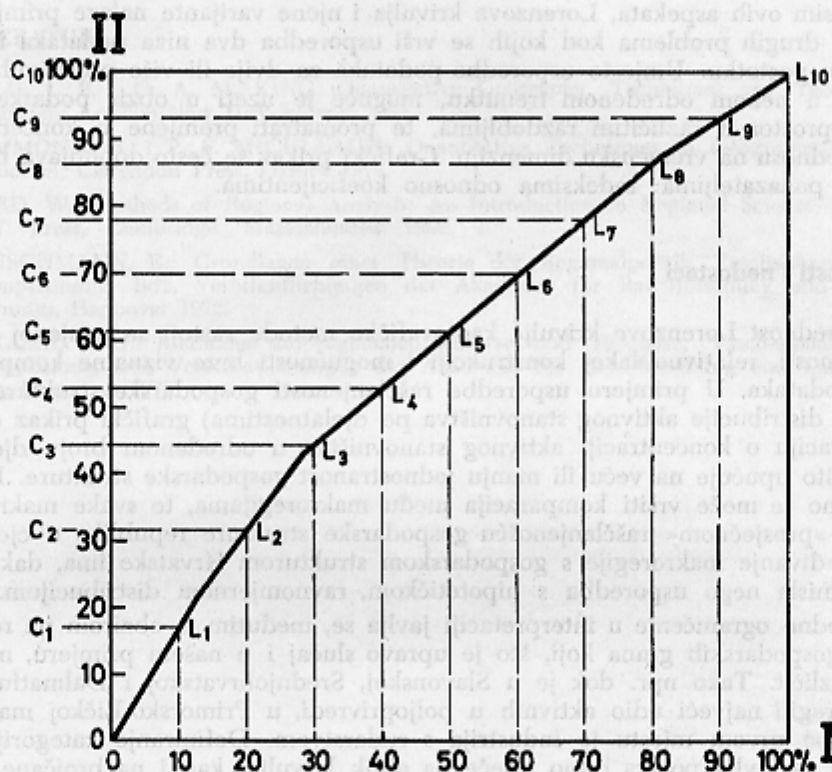
Svaka krivulja predstavlja odnos između distribucije ukupnog aktivnog stanovništva i distribucije aktivnog stanovništva u pojedinoj regiji, što je u biti grafički prikaz kvocijenta smještaja. Potpuna korespondencija između dvije distribucije predstavljena je pravcem, pa je devijacija krivulje od tog pravca mjera različitosti između dviju distribucija, odnosno mjera regionalne koncentracije. U našem primjeru aktivno stanovništvo u industriji i rudarstvu najbliže je distribuciji ukupnog aktivnog stanovništva. To sugerira zavisnost te djelatnosti o raspoloživoj radnoj snazi, te distribuciji konzumenata, a manje o prirodnim izvorima i drugim faktorima. Nasuprot tome, krivulja koja prikazuje distribuciju aktivnog stanovništva u poljoprivredi upućuje na veću važnost prirodnih uvjeta, koji su po makroregijama različiti, a na manju važnost distribucije ukupnog aktivnog stanovništva.

Distribucija aktivnih u trgovini i ugostiteljstvu pokazuje među navedenim djelatnostima najmanju zavisnost o smještaju ukupnog stanovništva, dakle o smještaju domaćih konzumenata, već su za njihov smještaj važniji drugi faktori.

Iz grafičkog prikaza može se izračunati brojčani pokazatelj koncentracije, tj. indeks koncentracije kao odnos (1) razlike između sume vrijednosti

⁸ Identičnim postupkom konstruirala se tzv. krivulja lokalizacije, koju je razvio E. M. Hoover 1936. za mjerenje smještaja industrije.

projiciranih iz empirijske krivulje na okomitu koordinatu i sume analognih vrijednosti projiciranih iz dijagonale koja predstavlja hipotetičku ravnomjernu distribuciju i (2) razlike između maksimalne i minimalne sume tih vrijednosti⁹. Za tu svrhu apscisa se razdjeli na deset jednakih dijelova iz kojih se projiciraju okomice na Lorenzovu krivulju (kako je prikazano na slici 3), odre-



Sl. 3. Određivanje vrijednosti za izračunavanje indeksa koncentracije (na primjeru distribucije aktivnog stanovništva u trgovini i ugostiteljstvu)

I — udio u ukupnom aktivnom stanovništvu (kumulirani postotci),

II — udio aktivnih u djelatnosti (kumulirani postotci).

* Izraz za izračunavanje indeksa koncentracije:

$$I = \frac{1000 - 550}{C - 550}$$

I = indeks koncentracije, C = suma vrijednosti koje se očituju na ordinati ($C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10}$), 550 = minimalna vrijednost C u primjeru potpune ravnomjerne distribucije ($C_1 = 10, C_2 = 10, \text{ itd.}$), 1000 maksimalna vrijednost C kada je $C_1 = 100$, pa je $C = 100 \times 10 = 1000$.

(Prema Hammond, R. i P. S. McCullagh, 1974.)

Primjer za trgovinu i ugostiteljstvo:

$$I = \frac{635 - 550}{1000 - 550} = 0,19$$

đujući na taj način točke L_1 , L_2 , L_{10} . Iz ovih se na ordinatu projiciraju točke C_1 , C_2 , C_{10} , čije se vrijednosti očitaju s grafikona. Vrijednost indeksa kreće se između 0 i 1; 0 znači potpunu ravnomjernu distribuciju, a 1 maksimalnu koncentraciju u jednoj regiji. Za distribuciju aktivnog stanovništva u trgovini i ugostiteljstvu indeks koncentracije ima vrijednost 0,19 prema 0,12 za poljoprivredu i 0,04 za industriju i rudarstvo.

Osim ovih aspekata, Lorenzova krivulja i njene varijante nalaze primjenu u nizu drugih problema kod kojih se vrši usporedba dva niza podataka izraženih u postotku. Umjesto usporedbe podataka za dvije ili više prostornih jedinica u nekom određenom trenutku, moguće je uzeti u obzir podatke za jedan prostor u različitim razdobljima, te promatrati promjene u koncentraciji u odnosu na vremensku dimenziju. Grafički prikaz se često dopunjava brojčanim pokazateljima: indeksima odnosno koeficijentima.

Prednosti i nedostaci

Prednost Lorenzove krivulje kao grafičke metode sastoji se u njoj jednostavnosti, relativno lakoj konstrukciji i mogućnosti brze vizualne komparacije podataka. U primjeru usporedbe raščlanjenosti gospodarske strukture (u smislu distribucije aktivnog stanovništva po djelatnostima) grafički prikaz daje informaciju o koncentraciji aktivnog stanovništva u određenom broju djelatnosti, što upućuje na veću ili manju jednostranost gospodarske strukture. Istovremeno se može vršiti komparacija među makroregijama, te svake makroregije s »prosječnom« raščlanjenošću gospodarske strukture republike u cjelini. Uspoređivanje makroregije s gospodarskom strukturom Hrvatske ima, dakako, više smisla nego usporedba s hipotetičkom, ravnomjernom distribucijom.

Jedno ograničenje u interpretaciji javlja se, međutim, s obzirom na redosljed gospodarskih grana koji, što je upravo slučaj i u našem primjeru, može biti različit. Tako npr. dok je u Slavonskoj, Srednjohrvatskoj i Dalmatinskoj makroregiji najveći udio aktivnih u poljoprivredi, u Primorsko-Ličkoj makroregiji na prvom mjestu je industrija s rudarstvom. Definiranje kategorija u kojima se javlja pojava bitno utječe na oblik krivulje, kao i na brojčane pokazatelje, te predstavlja ograničenje u interpretaciji.

Osim zavisnosti o definiranju kategorija u kojima se varijabla pojavljuje, oblik krivulje i vrijednost indeksa variraju s promjenama u stupnju prostorne podjele. Usporedba s podacima za općine npr. rezultirala bi u većoj devijaciji krivulje, odnosno u većim vrijednostima indeksa.

Daljnji nedostatak i grafičkog prikaza i indeksa proizlazi iz činjenice da imaju značenje samo u odnosu prema veličini koja je uzeta za bazu usporedbe. Oblik krivulje u drugom primjeru (Sl. 2) koji inicira veću ili manju zastupljenost izabranih djelatnosti po makroregijama od neke prosječne, očekivane zastupljenosti, ovisi o distribuciji ukupnog aktivnog stanovništva koje je uzeto za bazu.

Fundamentalno ograničenje¹⁰ metode Lorenzove krivulje i njenih varijanti s odgovarajućim koeficijentima sastoji se u tome, što su od male pomoći u otkrivanju odnosa uzrok-posljedica.

¹⁰ Isard, W., 1969.

