

ИВАН РАТКАЈ*
МАРИЈА МАРТИНОВИЋ
МИШКО МИЛАНОВИЋ

САВРЕМЕНИ ИНДИКАТОРИ САОБРАЋАЈНЕ ДОСТУПНОСТИ

Садржај: Правилна примена индикатора саобраћајне доступности, као квантитативних показатеља, омогућава да се проучавања просторних интеракција спусте са теоријског на практичан ниво. Најширу примену имају агрегатни индикатори саобраћајне доступности места, мада последњих деценија значајну позивију заузимају и индикатори индивидуалне доступности. У раду је приказана већина типова индикатора саобраћајне доступности места, уз кратку анализу њихових карактеристика, могућности примене, главних предности и недостатака.

Кључне речи: индикатори, саобраћајна доступност.

Abstract: Adequate uses of indicators of transport accessibility, as quantitative measures, allow us to move spatial interactions analysis from theoretical to practical level. Aggregate indicators of transport accessibility of places dominate in the research studies, although the indicators of individual accessibility are taking considerable place in the last few decades. The most types of indicators of transport accessibility of places are presented in this article, as well as their characteristics, possibilities for application, advantages and weaknesses.

Key words: indicators, transport accessibility.

Уводна разматрања

Проучавању саобраћајне доступности се придаје велика пажња у оквиру урбаног и регионалног планирања и саобраћајно-географских студија. Увођењем индикатора доступности у та проучавања омогућена је квантитативна анализа саобраћајне доступности и њене улоге у детерминисању сложених просторних социоекономских интеракција, односно, спуштање проблематике са теоријског на практичан ниво.

Рејлијев „закон гравитације у малопродаји“ (Reilly W.J., 1931), може се сматрати почетком развоја индикатора саобраћајне доступности. Према том закону, удели у трговини које освајају конкурентски малопродајни објекти или градови, директно су пропорционални њиховим величинама, а обрнуто пропорционални квадрату растојања, што се може изразити следећом математичком формулом (Taylor P.J., 1977):

$$\frac{b_{ix}}{b_{iy}} = \frac{S_x}{S_y} \left(\frac{d_{iy}}{d_{ix}} \right)^2 \quad (1)$$

• **Мр Иван Раткај**, Географски факултет, асистент, Студентски трг 3/3, Београд.
мр Марија Мартиновић, Географски факултет, асистент, Студентски трг 3/3, Београд.
мр Мишко Милановић, Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд. Рад примљен 20.06.2005. г.

где су: b_{ix}, b_{iy} - обими трговине које привлаче градови x и y из локације i , S_x, S_y - популације (величине) градова x и y , d_{ix}, d_{iy} - растојања градова x и y до локације i .

Касније је Стјуарт (Stewart J.Q., 1941, 1942) објавио радове који су садржали идеје о „утицају популације на растојање“, што је допринело појави индикатора саобраћајне доступности који додељују одређени значај датој локацији с обзиром на њену величину, као што је то случај у познатој Стјуарт-Варнцовой формули (Stewart J.Q., Warntz W., 1958):

$$A_i = \sum_{j=1}^n W_j d_{ij}^{-\beta} \quad (2)$$

или Хансеновој формули (Hansen W.G., 1959):

$$A_i = \sum_{j=1}^n W_j e^{-\beta d_{ij}} \quad (3)$$

где је: A_i - доступност у локацији i , W_j - величина локације j , d_{ij} - растојање између локација i и j и β - емпиријски утврђена константа.

Променљива W_j у претходне две формуле, у зависности од типа проблема, може бити број становника, радних места, места за паркирање, износ малопродаје, површина намењена одређеној делатности и сл, док растојање d_{ij} може представљати дужинско растојање, време путовања, цену путовања и сличне облике транспортних трошкова, који се заједнички називају „отпори путовању“ или „просторни отпори“ (travel impedance, spatial impedance) (Pooler J.A., 1995; Makri M.B., Folkesson C., 1999).

Други тип индекса доступности, који се развијао паралелно са претходним, изоставља променљиве које се тичу величине локација, а у жижу интересовања ставља променљиве које се односе на просторну удаљеност. Ови индекси доступности су се развили у оквиру теорије графа, којом је саобраћајна мрежа апстрахована у скуп веза и чворишта. Најпре је Шимбел (Shimbel A., 1953) дефинисао доступност чворишта унутар графа као суму растојања до тог чворишта:

$$A_i = \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (4)$$

где је: d_{ij} - најкраће растојање између чворишта i и j .

Доступност графа у целини се може израчунати на следећи начин:

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (5)$$

Претходна једначина се у литератури често дефинише и као мера компактности графа. Шимбелов рад у оквиру теорије графа имао је велики утицај на географе, који су га често користили при проучавању саобраћајних мрежа (Haggett P., Chorley R.J., 1969). Даљи развитак индикатора доступности који се базирају само на просторној удаљености наставио је Инграм (Ingram D.R., 1971), који је увео у употребу просечну удаљеност:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n} \quad (6)$$

Аналогно Шимбеловој формули, изведен и индикатор доступности за целокупну мрежу A (Allen W.B., Liu D., Singer S., 1993):

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i \quad (7)$$

Развој индикатора доступности одвијао се у два главна правца, од којих један наглашава значај величине (или других релевантних карактеристика) локација (или на основу одређених критеријума утврђених зона) умањен фактором растојања, док се други фокусира искључиво на тополошке одлике саобраћајних мрежа. Оба приступа су широко прихваћени како од стране географа, тако и од осталих стручњака, који за свој предмет проучавања имају просторно функционисање саобраћајних ситема.

Могућности примене индикатора доступности

Без обзира на тип индикатора саобраћајне доступности који ћемо користити у квантитативним анализама, постоје четири заједничка, међусобно повезана проблема, која се морају решити. То су (Handy S.L., Niemeier D.A., 1997): степен и тип поделе (дезагрегације), дефинисање полазишта и одредишта, мере отпора путовању и мере привлачења (атрактивности).

Степен и тип поделе: Најчешће се издвајају три типа поделе: просторна, социо-економска и подела према циљу путовања или типу потенцијалних (могућих) одредишта.

Просторна подела подразумева груписање појединаца и домаћинства по зонама унутар проучаваног простора. То могу бити зоне административног карактера (пописни, статистички кругови, месне заједнице, општине и др) или специфичне зоне, посебно утврђене за потребе дате студије. Основна предност зона које у својој основи имају административну територијалну поделу јесте могућност употребе разноврсних статистичких података. У неким радовима је просторна подела спроведена у потпуности, будући да се домаћинства или појединци посматрају појединачно, те се полазишта и одредишта дефинишу помоћу тачака, чиме се постиже максимална просторна егзактност квантитативних анализа (Guo, 1983).

Социо-економска подела се може извршити издвајањем различитих категорија становништва, на пример, на основу занимања, прихода, поседовања индивидуалног превозног средства, пола или старости. Овај тип поделе омогућава издвајање категорија становништва са различитим потребама и могућностима за учествовањем у саобраћају, што је релевантно за даље планирање развојних стратегија саобраћајних система. На пример, стратегија која би побољшала доступност млађе, ученичке, популације (бољи услови за бициклически саобраћај, повластице у јавном масовном превозу), није погодна за старије и физички хендикепиране особе, које далеко више зависе од саобраћаја "од врата до врата" и сл.

Подела према циљу путовања (посао, образовање, куповина и сл) или према типу потенцијалних одредишта (на пример, подела на одредишта која су доступна пешачким саобраћајем и она доступна искључиво неким превозним средством, или, издвајање само једног типа одредишта као што су, на пример, места рада).

Дефинисање полазишта и одредишта: Индикатори саобраћајне доступности се најчешће везују за места становања (Handy S.L., Niemeier D.A., 1997; Kwan M., 1998) као полазне тачке, што искључује путовања са вишеструком наменом

и тзв. ланчано повезивање путовања. Проблем дефинисања полазишта и одредишта се налази у међузависности са степеном и типом поделе, будући да утврђивање скупа потенцијалних одредишта која реално треба да буду укључена у анализу доступности подразумева дефинисање оних одредишта за која сами становници увиђају да им стоје на располагању, као и од њихових потреба за различитим типовима одредиштима (Handy S.L., Niemeier D.A., 1997). Решење се може наћи у издвајању засебних скупова потенцијалних одредишта за различите категорије становништва, утврђене према одређеним просторним и социо-економским карактеристикама, што би требало да рефлектује стварни избор могућих одредишта за сваку категорију. При утврђивању саобраћајне доступности места треба имати у виду да су привремене миграције (дневне, недељне и др) двосмерног карактера, те се као полазиште условно може посматрати и одредишна тачка (место рада, школа, дом здравља и др).

Мере отпора путовању: Отпор путовању се обично одређује на основу дужинских растојања, времена или цена путовања. Ти параметри отпора, који се често заједнички називају трошковима путовања, могу се утврдити на основу правoliniјских растојања, реалног растојања у мрежи, теренских истраживања стварног времена путовања, потрошње горива и цене превоза или, пак, опажања самих учесника у саобраћају и сл. Највећи значај придаје се времену и цени путовања, као и њиховој упоредној анализи за различите видове саобраћаја. Појединци, који високо вреднују своје време, спремни су да снесу веће материјалне трошкове, одлучујући се за скупље и брже видове саобраћаја, а већи број истраживања је показао висок степен позитивне корелације између вредновања утрошеног времена и материјалних прихода (Small K.A., 1992).

Мере привлачења (атрактивности): Привлачна снага датог одредишта се може утврдити на основу укупног броја потенцијалних одредишта унутар проучаване територије (већи укупан број потенцијалних одредишта умањује њихове појединачне привлачне снаге). Такође, привлачна снага одредишта се одређује и на основу физичких, економских и других одлика одредишта, као што су број радних места, висине месечних зарада, број ученика у школама, површине малопродајних објеката, цене производа и услуга и сл. Недостатак овако дефинисаних привлачних снага одредишта јесте тај што оне могу у великој мери бити субјективног карактера, што даље отежава прецизирање и калибрисање мера саобраћајне доступности (Handy S.L., Niemeier D.A., 1997).

Индикатори саобраћајне доступности места

Велики допринос развоју индикатора саобраћајне доступности места дао је Инграм (Ingram D.R., 1971), издвојивши релативну и интегралну доступност (места). На тај начин, довео је појам доступности места у функционални облик, након чега су уследила бројна истраживања те проблематике од стране географа, као што су Пире (Pirie G.H., 1979), Гај (Guy, 1983), Гертман и Ван Ек (Geertman S.C.M., Van Eck J.R.R., 1995), Сонг (Song S., 1996), Хенди и Нимејр (Handy S.L., Niemeier D.A., 1997), Квон (Kwan M., 1998) и други.

На степен доступности места утичу три главна фактора:

- *просторно-функционална структура града* (или неке друге проучаване територије), односно, начин коришћења земљишта, који детерминише просторни размештај потенцијалних одредишта.

- *различите одлике одредишта* (или у њима лоцираних делатности), које утичу на њихов значај и атрактивност.

- *постојећи саобраћајни систем*, који утиче на растојања, потребно време и материјалне трошкове неопходне за досезање одређених различитим видовима саобраћаја (Handy S.L., Niemeier D.A., 1997).

Који ће се индикатори користити приликом анализе доступности места, зависи од врсте проблема, изучаваног простора и ограничења везаних за могућност приступа различитим подацима. Доступност места се најчешће утврђује: геометријским индикаторима, индикаторима трошкова путовања, кумулативним индикаторима потенцијалних одређених места и индикаторима гравитационог типа.

Већина ових индикатора би требало да буду калибрисани како би одражавали реалну ситуацију, односно то како појединци и домаћинства доживљавају путовања и одређених места која им стоје на располагању. Општа претпоставка је да се сва потенцијална одређених места налазе унутар утврђеног простора или да становници (тј. учесници у саобраћају) вреднују само та одређених места (Song S., 1996).

Геометријски индикатори: Ослањајући се на концепт теорије графа, ови индикатори се углавном користе у ситуацијама када расположимо минималним подацима о карактеристикама саобраћајних веза и чворишта, односно, када расположимо само подацима о присуству или одсуству директних веза између било која два чворишта у мрежи. Најширу примену имају следећи геометријски индикатори:

- *Степен чворишта* представља укупан број директних веза од датог чворишта до свих осталих чворишта у мрежи. Виша вредност степена чворишта указује на његову већу доступност (Taaffe E.J., Gauthier H.L., 1973).

- *Степен централитета (Кенигов број)* показује максималан број веза, најкраћом путањом, од неког чворишта до врха графа. Централно место у мрежи заузима чвориште са најмањом вредношћу Кениговог броја (Vresk M., 1990; Bradford M.G., Kent W.A., 1977).

- *Укупна геометријска доступност чворишта* представља укупан број веза између датог чворишта и свих осталих чворишта у мрежи.

- *Шимбелов индикатор доступности (матрица најкраћих путања)* представља број веза који је потребан да би се из једног чворишта досегла сва остала чворишта у мрежи (Shimbel A., 1953).

Индикатори трошкова путовања: Ова група индикатора представља нешто сложеније показатеље саобраћајне доступности у односу на геометријске индикаторе, а односи се на укупне трошкове путовања или њихове средње вредности, од једног полазишта до различитих потенцијалних одређених места. Могу се израчунати на основу трошкова путовања до свих одређених места на датом територији, трошкова до одређене величине (тј. значаја), или трошкова до најближег (или неког другог унапред утврђеног) потенцијалног одређених места. У све три варијанте, принцип одређивања доступности је исти: нижа вредност трошкова путовања подразумева виши степен доступности. Привлачна снага одређених места најчешће није укључена у овај тип индикатора доступности, тако да општа формула има следећи облик:

$$A_i = \sum_j d_{ij} \quad (8)$$

где је: A_i - доступност места i , d_{ij} - трошкови путовања од i до j .

У последње време се све више увиђа недостатак једначине (8), те се индикатори трошкова путовања модификују фактором значаја одређених места. Занимљив пример овог модификованог типа индикатора се налази у раду Гаја (Guy, 1977), који се односи на анализу доступности у односу на локације добара и услуга код којих постоји потреба да се налазе близу места становања њихових конзумента. Он је,

наиме, најкраћа растојања од места становања до локација свих ових добара и услуга факторисао просечним трошковима домаћинства на конкретну робу, односно, услугу.

Кумулативни индикатори потенцијалних одредишта: Ови индикатори не одређују доступност на основу трошкова које подразумева кретање до утврђених потенцијалних одредишта, већ на основу броја (или процента) потенцијалних одредишта, која могу бити досегнута у оквиру утврђене висине трошкова (Wachs M., Kumagai T.G., 1973; Carineri C., 1999). Сва потенцијална одредишта унутар дате зоне (временски, ценовно или дужински ограничене) се вреднују независно од њихове удаљености од полазишта. Како су даља потенцијална одредишта вреднована као и она ближа, свако удаљавање граничне линије од полазишта повећава износ овог показатеља:

$$A_i = \sum_j W_j, \text{ за свако } d_{ij} \leq x \quad (9)$$

где је: W_j - величина одредишта j , x - унапред утврђени трошкови путовања од i до j .

Слично као и код индикатора трошкова путовања, кумулативни индикатори потенцијалних одредишта се могу унапредити увођењем додатног фактора растојања. Такав модификован кумулативни индикатор, који узима у обзир просторни размештај и удаљеност потенцијалних одредишта, први су увели Блек и Конрој (Black, Conroy, 1977).

Код примене кумулативних индикатора доступности може се јавити проблем утврђивања тзв. граничних вредности (растојања, времена или цена путовања) изван којих бисмо потенцијална одредишта могли сматрати недоступним. Граничну изолацију лакше је дефинисати за пешачки или бициклически саобраћај, док је њено утврђивање у моторизованом саобраћају отежано чињеницом да такво кретање није везано за физички напор и ограничења, те недоступна места формално и не постоје. Ипак, у земљама Европске Уније усвојени су извесни стандарди, који се односе на прихватљиво растојање и време путовања, унутар којих се одредишта могу сматрати доступним (Gleave S.D., Halden D., 2001).

Табела 1. Граничне изолације (изохроне и изодистанце) за доступност пешачким саобраћајем, према стандардима ЕУ

Циљ кретања	Граничне изолације
крајње одредиште (у урбаној средини)	20 минута (1-1,5 km)
крајње одредиште (у руралној средини)	30 минута (2-3 km)
аутобуска станица (у урбаној средини)	5-7,5 минута (300-500 m)
аутобуска станица (у руралној средини)	10 минута (600-1000 m)
железничка станица	10 минута (600-1000 m)

Извор: Gleave S.D., Halden D., 2001.

Напомена: За бициклически саобраћај не постоје детаљно утврђени критеријуми, већ се сматра да најдужа растојања која се прелазе бициклом износе око 5 km (20 до 30 минута), средња око 2 km (10 минута), а кратка око 1 km (5 минута).

Индикатори гравитационог типа: Ова група индикатора је проистекла из именитеља гравитационог модела дистрибуције путовања. Они додељују одређени значај потенцијалним одредитима у датом простору помоћу параметара који се односе на њихову атрактивност, а затим га умањују неком мером отпора путовању (Geertman S.C.M., Van Eck J.R.R., 1995; Kwan M., 1998; Handy S.L., Niemeier D.A., 1997; Sonesson, 1998; Martellato D., Nijkamp P., Reggiani A., 1998).

Табела 2. Граничне изохроне за доступност моторизованим саобраћајем, према стандардима ЕУ

	Време вожње	Време путовања „од врата до врата“
јавни масовни путнички саобраћај		
дневне активности (изузев одласка на место рада) у урбаним срединама	10-25 минута	30-45 минута
дневне активности (изузев одласка на место рада) у руралним срединама	15-30 минута	45-75 минута
одлазак на место рада	15-45 минута	45-75 минута
путовање у слободном времену	1-2 часа	1,5-2,5 часа
аутомобилски саобраћај		
дневне активности (изузев одласка на место рада)	15-30 минута	
одлазак на место рада	20-45 минута	
путовање у слободном времену	1-3,5 часа	

Извор: Gleave S.D., Halden D., 2001.

Индикатори гравитационог типа: Ова група индикатора је проистекла из именитеља гравитационог модела дистрибуције путовања. Они додељују одређени значај потенцијалним одредиштима у датом простору помоћу параметара који се односе на њихову атрактивност, а затим га умањују неком мером отпора путовању (Geertman S.C.M., Van Eck J.R.R., 1995; Kwan M., 1998; Handy S.L., Niemeier D.A., 1997; Sonesson, 1998; Martellato D., Nijkamp P., Reggiani A., 1998).

Релативна доступност A_{ij} у локацији i , дефинише се као привлачна снага одредишта j умањена функцијом растојања између те две тачке. Интегрална доступност A_i се може израчунати помоћу следеће формуле:

$$A_i = \sum_j W_j \cdot f(d_{ij}) \quad (10)$$

где је: W_j - снага привлачења одредишта j , d_{ij} - време путовања, цена путовања или растојање од i до j и $f(d_{ij})$ - функција отпора путовању.

Гравитациони модели доступности места могу се модификовати увођењем стандардизујућег фактора W , који представља укупну атрактивност датог простора, односно свих одредишта j (Song S., 1996; Reggiani A., 1998):

$$A_i = \frac{\sum_j W_j \cdot f(d_{ij})}{W} \quad (11)$$

Према наведеној формули, интегрална доступност у локацији i се може дефинисати као сума релативних доступности до свих могућих одредишта, подељена укупном атрактивношћу датог простора.

Функција отпора путовању се најчешће израчунава помоћу степених и експоненцијалних формула (Handy S.L., Niemeier D.A., 1997; Kwan M., 1998; Song S., 1996):

$$f(d_{ij}) = d_{ij}^{-\beta} \quad (12)$$

$$f(d_{ij}) = e^{-\beta d_{ij}} \quad (13)$$

Инграм (Ingram D.R., 1971) је међу првима указао на недостатак тих функција, који се огледа у превише нагло опадању вредности отпора путовању са приближавањем тачки полазишта, као и тиме изазваном одступању од емпиријских података. Стога је, као решење, предложио модификовану Гаусову функцију, која у научној пракси, ипак, није нашла већу примену:

$$f(d_{ij}) = e^{-d_{ij}^2 / \beta} \quad (14)$$

У савременијим географским студијама се, као најприхватљивији облик функције отпора путовању, истиче експоненцијална функција која, за разлику од степене функције, омогућава да доступност A_i не тежи бесконачности када d_{ij} тежи нули, већ има ограничен пораст (Agyemang-Duah K., Hall F.L., 1997).

Закључак

Индикатори саобраћајне доступности имају за циљ да објасне утицај који има просторни размештај активности (начин коришћења земљишта) унутар дате територије на друштвене и економске интеракције. Као квантитативни показатељи, омогућили су да се анализе тих утицаја спусте са теоријског и апстрактног, на практичан ниво. Ипак, у циљу потпунијег разумевања карактеристика доступности, може се сматрати примереним комбиновање квантитативних индикатора са квалитативном евалуацијом (Handy S.L., Niemeier D.A. 1997). То би, такође, требало да смањи јаз између резултата које показују индикатори доступности и доступности коју опажају, односно доживљавају, сами грађани. При анализи саобраћајне доступности је важно нагласити и то да различити индикатори обухватају различите димензије проблематике, те би требало да буду изабрани са опрезом и јасним претпоставкама на којима су засновани (Guu, 1983; Kwan M., 1998; Song S., 1996).

У анализама доступности места, најчешће се примењују кумулативни и гравитациони индикатори. Такође, потпуније резултате дају они индикатори који узимају у обзир и привлачну снагу одредишта (или његову величину) и отпор путовању. Главни недостатак тополошких индикатора (геометријских индикатора и индикатора трошкова путовања) јесте тај што се заснивају само на понуди саобраћајних услуга, док се потражња за саобраћајем изоставља, иако се појам доступности најчешће везује управо за досезање одредишта у циљу задовољавања различитих потреба становништва. Неки аутори, чак, прилично екстремно сматрају да тополошки индикатори излазе из оквира друштвене географије, у смислу да немају експлицитну социјалну или економску компоненту (Joly O., 1999). Ова група индикатора, ипак, има своју примену у анализама саобраћајних инфраструктура, тј. у анализама које су у потпуности одвојене од компоненте потражње за саобраћајем (Chapelon L., 1997).

У већини случајева, индикатори доступности места користе групне (агрегатне) податке и методе засноване на зоналној подели простора. На тај начин они додељују исти ниво доступности свим појединцима који станују унутар исте зоне, тако да нису погодни за евалуацију индивидуалне доступности. За решавање проблема индивидуалне доступности је стога погоднији метод који се неће заснивати на зонском приступу, већ на тачкама, тј. прецизним локацијама. Велике потешкоће приликом употребе индикатора доступности места ствара и неопходност идентификовања јединственог места полазишта. Наиме, како се доступност утврђује у односу на једну референтну локацију, претпоставља се да сва путовања или активности (биле оне стварне или потенцијалне), које утичу на ниво доступности, полазе управо из тог једног полазишта што, наравно, није случај у стварности

(посебно велики удео у путовањима имају она са вишеструком наменом, тј. са више успутних станица (Golledge R.G., Stimson R.J., 1997; Hanson S., 1980; Kitamura R., Nishii K., Goulias K., 1990; Richardson A.J., Young W., 1982; Arentze T.A., Borgers A.W.J., Timmermans H.J.P., 1994). Ипак, примена просторно-временских индикатора (индикатора индивидуалне доступности) је и даље повезана са проблемима као што су прибављање комплетних података о свим дневним путовањима и активностима, њихова ретроспективна примена и примена принципа „све или ништа“. Такође, важно је напоменути да се просторно-временским индикаторима симулира могуће понашање појединаца, а не њихово вероватно будуће понашање.

Главна предност агрегатних индикатора доступности места остаје та, што они омогућавају стварање јасније слике о саобраћајно-географским одликама дате територије, док је индивидуалне просторно-временске показатеље тешко генерализовати. Стога се, као једно од могућих решења у циљу ублажавања недостатака обе категорије индикатора доступности (индикатора доступности места и индикатора индивидуалне доступности), намеће њихово паралелно коришћење.

ЛИТЕРАТУРА

- Agyemang-Duah K., Hall F.L. (1997): **Spatial transferability of an ordered response model of trip generation**. Transportation Research A, vol 31, Elsevier, pp. 389-402.
- Allen W.B., Liu D., Singer S. (1993): **Accessibility measures of U.S. metropolitan areas**. Transportation Research B, vol. 11, Elsevier, pp. 439-449.
- Arentze T.A., Borgers A.W.J., Timmermans H.J.P. (1994): **Geographical information systems and the measurement of accessibility in the context of multipurpose travel: a new approach**. Geographical Systems, vol 1, Springer-Verlag, Dordrecht, pp. 87-102.
- Black, Conroy (1977): **Accessibility measures and the social evaluation of urban structure**. Environment and Planning A, vol. 9, Pion, pp. 1013-1031.
- Bradford M.G., Kent W.A. (1977): **Human Geography: Theories and their applications**. Science in Geography 5, Oxford University Press, Oxford.
- Burns L. (1979): **Transportation, temporal, and spatial components of accessibility**. Mass.: Lexington Books, Lexington.
- Capineri C. (1999): **Transport networks and regional development. The spatial impact of Italian railway policies**. Rivista Geografica Italiana, Società di Studi Geografici, Firenze.
- Chapelon L. (1997): **Offre de transport et Aménagement du Territoire**. Est actuellement Maître de Conférences, Tours.
- Denmark D. (1996): **The Outsiders: An Essay on Transport Planning Method**. Institute of Transport Studies Working Paper, Sydney.
- Dyck I. (1990): **Space, time, and renegotiating motherhood: an exploration of the domestic workplace**. Environment and Planning D, vol. 8, Pion, pp. 459-483.
- Geertman S.C.M., Van Eck J.R.R. (1995): **GIS and models of accessibility potential: an application in planning**. International Journal of Geographical Information Systems, vol. 9, no. 1, pp. 67-80.
- Gleave S.D., Halden D. (2001): **The application of accessibility methodologies to land use planning**. Final Report, The National Assembly for Wales, Planning Division, Cardiff.
- Golledge R.G., Stimson R.J. (1997): **Spatial Behavior: A Geographic Perspective**. Guilford, New York.
- Guy (1983): **The assessment of access to local shopping opportunities: a comparison of accessibility measures**. Environment and Planning B, vol. 10, Pion, pp. 219-238.
- Hägerstrand T. (1970): **What about People in Regional Science?** Ninth European Congress of Regional Science Association, Regional Science Association Papers.
- Haggett P., Chorley R.J. (1969): **Network Analysis in Geography**. Edward Arnold, London.
- Handy S.L., Niemeier D.A. (1997): **Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives**. Environment and Planning A, vol. 29, Pion, pp. 1175-1194.
- Hansen W.G. (1959): **How accessibility shapes land use**. Journal of the American Institute of Planners, vol. 25, pp. 73-76.
- Hanson S. (1980): **The importance of the multi-purpose journey to work in urban travel behavior**. Transportation, vol. 9, Kluwer Academic Publishers, pp. 229-48.
- Ingram D.R. (1971): **The concept of accessibility: a search for an operational form**. Regional Studies, vol. 5, Routledge, London, pp. 101-107.
- Joly O. (1999): **State of French Art of Spatial Accessibility Indicators**. SPESD-France, Working Paper.

- Kitamura R., Nishii K., Goulias K. (1990): **Trip chaining behavior by central city commuters: a causal analysis of time-space constraints**. P. Jones (ed) *Developments in Dynamic and Activity-Based Approaches to Travel Analysis*, Gower Publishing Co., Aldershot, pp. 145-70.
- Kwan M. (1998): **Space-Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis Using a Point-based Framework**. *Geographical Analysis*, vol. 30, no. 3, Blackwell Publishing Limited, Oxford, pp. 191-216.
- Makri M.B., Folkesson C. (1999): **Accessibility Measures for Analyses of Land-Use and Travelling with Geographical Information Systems**. Institutionen för Teknik och Samhälle, LTH.
- Martellato D., Nijkamp P., Reggiani A. (1998): **Measurements and Measures of Network Accessibility**. K. Button, H. Priemus, P. Nijkamp (eds): *European Transport Networks*, E. Elgar, Glos.
- Pirie G.H. (1979): **Measuring accessibility: a review and proposal**. *Environment and Planning A*, vol. 11, Pion, pp. 299-312.
- Pooler J.A. (1995): **The use of spatial separation in the measurement of transportation accessibility**. *Transportation Research A*, vol 29, Elsevier, pp. 421-427.
- Pred A. (1981): **Social Reproduction and the Time Geography of Everyday Life**. *Geografiska Annaler B*, vol. 63, Blackwell Publishing Limited, Oxford, pp. 5-22.
- Reggiani A. (1998): **Accessibility, Trade and Locational Behaviour: An Introduction**. A. Reggiani (ed): *Accessibility, Trade and Locational Behaviour*, Ashgate Publishing Ltd, Aldershot.
- Reilly W.J. (1931): **The Law of Retail Gravitation**, New York.
- Richardson A.J., Young W. (1982): **A Measure of Linked-Trip Accessibility**. *Transportation Planning and Technology*, vol. 7, Taylor and Francis, pp. 73-82.
- Shimbel A. (1953): **Structural parameters of communication networks**. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 15, pp. 501-507.
- Small K.A. (1992): **Urban transportation economics**. Harwood Academic, Chur.
- Sonesson (1998): **Estimering av efterfrågan på långväga persontransporter: En ekonomiskteoretisk belysning av gängse modeller samt en ny ansats till uppskattning av efterfrågesamband**. *Dissertations No. 36*, University of Linköping.
- Song S. (1996): *Some tests of alternative accessibility measures: A population density approach*. *Land Economics*, 72(4), University of Wisconsin Press, Wisconsin, pp. 474-482.
- Stewart J.Q. (1941): **An inverse distance variation for certain social influences**. *Science*, vol. 93, American Association for the Advancement of Science, Washington DC, pp. 89-90.
- Stewart J.Q. (1942): **A measure of influence of population at a distance**. *Sociometry*, vol. 5, American Sociological Association, Washington DC, pp. 63-71.
- Stewart J.Q., Wartz W. (1958): **Physics of population distribution**. *Journal of Regional Science*, vol. 1, Blackwell Publishing Limited, Oxford, pp. 99-123.
- Taaffe E.J., Gauthier H.L. (1973): **Geography of transportation**. Prentice-Hall, New York.
- Taylor P.J. (1977): **Quantitative Methods in Geography: An Introduction to Spatial Analysis**. Houghton-Mifflin Co., Boston, MA.
- Vresk M. (1990): **Osnove urbane geografije**. Školska knjiga, Zagreb.
- Wachs M., Kumagai T.G. (1973): **Physical accessibility as a social indicator**. *Socio-Economic Planning Science*, vol. 7, Elsevier, pp. 437-456.

IVAN RATKAJ
 MARIJA MARTINOVIĆ
 MIŠKO MILANOVIĆ

S u m m a r y

MODERN INDICATORS OF TRANSPORT ACCESSIBILITY

Transport accessibility indicators, as quantitative measures, should help us to understand the influence of spatial patterns of activities (land use) in given territory on social and economic interactions. Still, in order to achieve better and more complex results, appropriate combination of quantitative indicators and qualitative evaluation would be useful. That should also narrow the gap between the results derived by application of indicators of transport accessibility and real accessibility experienced by citizens. Different indicators are applicable for different dimensions of accessibility issue and because of that they should be use with specific awareness. Usually, indicators of accessibility of places use aggregate data and methods based on zonal area differentiation, giving the same level of accessibility to all individuals living in the same zone. Difficulties with application of indicators of place accessibility are also related to the fact that they cannot solve the problem of multipurpose trip, because they have to be referred to only one place as the trip origin (usually place of living).