

АНАЛИЗЕ КАПАЦИТЕТА У ПОСТУПЦИМА ПЛАНИРАЊА ПУТЕВА

Милица Тубић, Саобраћајни факултет, Београд, milica.tubic66@gmail.com
Јован Дробњак, Саобраћајни факултет, Београд jovandrobnjak98@gmail.com

Резиме: У свим издањима Приручника за капацитет аутопутева (НСМ) до 2016. год., дефинисана су три нивоа анализе капацитета: оперативна, пројектна и планерска анализа. Нивои детаљности сваке од анализа су у функцији сврхе, ширине приступа и доступних информација. Планерском анализом се утврђује капацитет у најранијим фазама планирања, када је доступан мали број података и информација. Процедура планирања је заснована на прогнози ПГДС-а и макро симулацији саобраћаја. Често, употреба симулационих модела може довести до грешака, па је из тих разлога, при анализи саобраћајних захтева неопходно спровести проверу када буде доступан већи број информација. Планерске анализе из приручника НСМ су генерално усмерене на широка питања као што су почетна идентификација проблема, концепт пројекта пута и када се пореде алтернативе. Ове анализе погодне су за процену предложених системских мера, као нпр., контрола коришћења трака за тешка возила, ramp metering на аутопутном систему и друге примене интелигентних транспортних система. Методологија препоручена у НСМ-у подразумева коришћење подразумеваних вредности инпута, односно генерализованих табела капацитета. С обзиром да су препоручене вредности капацитета засноване на типичним профилима путева и карактеристикама саобраћајног тока у САД, у раду је урађена детаљна анализа капацитета на планерском нивоу за локалне услове четири стандардна геометријска профила двотрачних путева и један стандардни профил вишетрачног пута. Капацитети су прорачунати за различите вредности меродавног протока, рачунске брзине, фактора вршног сата, утицаја комерцијалних возила и типа терена, како би се упоредили са генерализованим табелама капацитета из НСМ2010. Упоредна анализа указује на разлике у прорачунатим вредностима капацитета са планерског аспекта па се из тог разлога добијене вредности препоручују за примену у моделским симулацијама за локалне услове у Републици Србији.

Кључне речи: капацитет, планерска анализа, ПГДС, Highway Capacity Manual

1. УВОД

Амерички Приручник за капацитет путева (НСМ) је један од основних докумената саобраћајне струке од свог првог издања из 1950. године. Кроз сва издања НСМ приручника дефинисане су методологије за прорачун капацитета на путевима, као и одређивање Нивоа Услуге. Капацитет или пропусна способност представља максималну величину протока возила која се може остварити на посматраном функционалном делу мреже у јединици времена при преовлађујућим техничко-експлоатационим, саобраћајним, регулативним и амбијенталним условима. Са друге стране, Ниво Услуге се дефинише као квалитативна мера услова

у саобраћајном току, која се исказује одговарајућим критеријумима обзиром на функционални део мреже. Сва релевантна издања Приручника за капацитет путева дефинишу три нивоа анализе капацитета: оперативну, пројектну и планерску, односно прелиминарну инжењерску анализу. Фокус рада је планерска анализа којом се утврђује капацитет у најранијим фазама планирања, када је доступан мали број података и информација. Методологија препоручена у НСМ-у подразумева коришћење подразумеваних вредности инпута, односно генерализованих табела капацитета. С обзиром да су препоручене вредности капацитета засноване на типичним профилима путева и карактеристикама саобраћајног тока у САД, кључни допринос рада јесте детаљна анализа капацитета на планерском нивоу за локалне услове у Републици Србији.

2. НИВОИ АНАЛИЗЕ КАПАЦИТЕТА У САОБРАЋАЈНОМ ИНЖЕЊЕРСТВУ

Сва издања Приручника за капацитет аутопутева дефинишу 3 нивоа анализе капацитета. Нивои детаљности су у функцији од сврхе анализе и количине доступних информација, а то су:

- Оперативна анализа;
- Пројектна анализа;
- Планерска и прелиминарна инжењерска анализа.

Оперативна анализа омогућава одређивање тренутног и захтеваног Нивоа Услуге на постојећем функционалном делу мреже. У оперативној анализи, аналитичар директно примењује методологију и испоручује све потребне улазне параметре из измерених или прогнозираних вредности. Због непосредног, краткорочног фокуса оперативних анализа, могуће је обезбедити детаљне инпуте за моделе - многи од улазних података су засновани на теренским истраживањима саобраћаја, физичким карактеристика и контролним параметрима. Генерално, није препоручљиво користити подразумеване и минималне вредности на овом нивоу анализе. Због потребе за детаљним прикупљањем података, оперативне анализе обезбеђују највиши ниво тачности и прецизности, али свака варијабилност повезана са инпутима модела може утицати на резултате.

Пројектна анализа је кључна за одређивање броја трака које се захтевају на одређеном правцу, или коридору, ради остваривања жељеног Нивоа Услуге. Поред броја трака, анализа се може користити за утврђивање утицаја и других пројектних елемената на капацитет и Ниво Услуге, као прегледност, полупречници кривина, максимални нагиби и друго. Детаљни подаци очекиваног саобраћајног тока и карактеристика саобраћајног тока су неопходни, као и стандардне геометријске мере које се користе у пројектовању: ширина трака, бочне сметње, рачунска брзина и радијуси хоризонталних и вертикалних кривина. Пројектовање сигналног програма је такође могуће извршити уз помоћ одговарајућих процедура анализе капацитета и Нивоа Услуге.

Планерска и прелиминарна инжењерска анализа представља широку оцену Нивоа Услуге, а на овом нивоу анализа капацитета и Нивоа Услуге даје одговоре на следећа питања:

- Колики је максималан број возила који се може опслужити у одређеном временском периоду?
- Који се Ниво Услуге очекује/планира у будућности на мрежи са и без инвестиција?
- Које су карактеристике пута или сигнализације неопходне за различита саобраћајна оптерећења на најоптерећенијим саобраћајницама у региону?

Планерском анализом се често утврђује Ниво Услуге у најранијим фазама планирања, када је доступан мали број података. Процедура планирања најчешће је заснована на прогнози ПГДС-а и макро симулацији саобраћаја. Често употреба симулационих модела са невалидним улазним подацима може довести до грешака. Због тога се при генералним планерским анализама мора спровести провера када буде доступан већи број информација. Процес планерске анализе кроз касније фазе може да достигне ниво пројектне анализе.

3. ПЛАНЕРСКА И ПРЕЛИМИНАРНА ИНЖЕЊЕРСКА АНАЛИЗА У ОКВИРУ НСМ2010

У планерским и прелиминарним инжењерским анализама, аналитичар примењује НСМ методологију користећи подразумеване вредности за скоро све улазне податке модела – на пример, коришћењем генерализованих табела обима услуга (дневних капацитета). Резултати су генерално мање прецизни, али употреба подразумеваних вредности смањује количину података које је неопходно прикупити и време потребно за извођење истраживања и анализе. У студији планирања великих размера, где је предмет анализе велики број путева, овај ниво анализе је најбоља опција, с обзиром на временска и буџетска ограничења.

Анализа на овом нивоу је обично фокусирана на услове у будућности, где је пожељно у кратком року поредити серије алтернатива/коридора или када конкретне вредности потребне за процедуре нису познате (не могу сви инпути бити познати) или предвидљиве. Аналитичар често мора да процени будуће услове у којима ће рад садашњих и планираних/пројектованих функционалних елемената мреже пасти испод захтеваног/жељеног Нивоа Услуге.

Конкретан циљ анализе на овом нивоу је најчешће одређивање потребног броја трака (типа пута) како би се одржао прихватљив Ниво Услуге. Као што је наглашено, потражња се у оквиру планерске и прелиминарне инжењерске анализе изражава кроз вредности ПГДС-а, а понуда кроз дневне капацитете.

НСМ даје генерализоване табеле обима услуга (дневних капацитета) као иницијалне у планерским анализама.

За ове типове планерских анализа, фокус је истицање потенцијалних проблематичних подручја (на пример, локације где потражња може премашити капацитет или где се може погоршати жељени Ниво Услуге). Управо у таквим случајевима, табела обима услуга је незаменљив алат за провере.

Карактеристике било ког датог пута ће се вероватно на неки начин разликовати од претпостављених улазних вредности које се користе за израду табеле обима услуге. Према томе, резултате из табеле обима услуга треба третирати као апроксимације. Табеле обима услуга не би требало да буду замењене другим алатима за коначно одређивање оперативне ефикасности одређеног пута.

На пример, сви сегменти двотрачног пута у одређеном региону могу се узети у обзир коришћењем ових критеријума. Сви сегменти за које се чини да раде на неадекватном Нивоу Услуге треба да буду подвргнути студији специфичној за локацију са детаљнијом пројектном анализом пре него што се донесу било какве конкретне одлуке о проширењу капацитета, реконструкцији, односно нивоу инвестиције.

Вредности у табелама дате у НСМ-у дефинисане су засебно за сваки тип пута тј., за двотрачне путеве, вишетрачне путеве и аутопутеве. У фокусу овог рада биће калибрација ових табела за локалне услове, пре свега, за категорије двотрачних и вишетрачних путева.

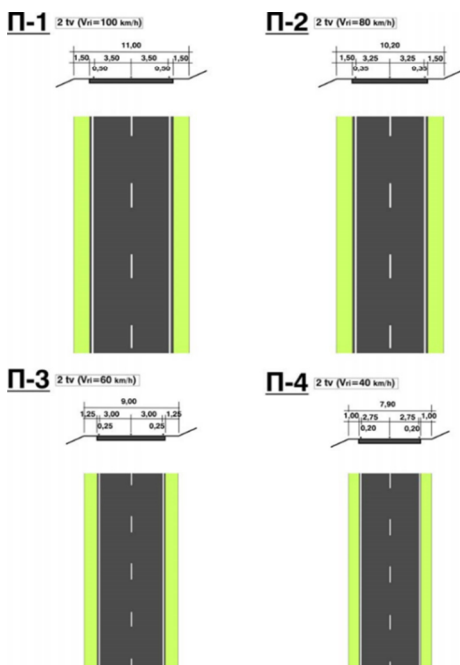
4. АНАЛИЗА ДНЕВНИХ КАПАЦИТЕТА ЗА ДВОТРАЧНЕ ПУТЕВЕ У ЛОКАЛНИМ УСЛОВИМА

За анализу дневних вредности капацитета двотрачних путева у Србији коришћена су четири стандардна путна профила, дефинисана постојећим Правилником о пројектовању путева и најчешће заступљена на локалној путној мрежи (Слика 1).

Рачунске брзине за приказане путне попречне профиле износе 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h и 100 km/h. По узору на амерички приручник, дневни капацитети су прорачунати за различите вредности К и D. Вредности за К се крећу у распону од 0.08 до 0.12, док за D износе 0.5, 0.55, 0.6, 0.65 и 0.7. Поред наведених распона вредности улазних параметара, у жељи да се обухвати што већи број случајева, анализа је урађена и за различите улазне вредности фактора комерцијалних возила (10%, 15% и 20%), као и фактора вршног сата (0.88, 0.90 и 0.92).

5. АНАЛИЗА ДНЕВНИХ КАПАЦИТЕТА ЗА ВИШЕТРАЧНЕ ПУТЕВЕ У ЛОКАЛНИМ УСЛОВИМА

Анализа дневних капацитета вишетрачних путева за Републику Србију, подразумева стандардан профил (2+2), заступљен у локалним условима. За прорачун су узете вредности рачунске брзине од 80 km/h, 90 km/h и 100 km/h. По узору на амерички приручник, дневни капацитети су прорачунати за различите вредности К и D. Вредности за К се крећу у распону од 0.08 до 0.12, док за D износе 0.5, 0.55, 0.6, 0.65 и 0.7. Поред наведених распона вредности улазних параметара, у жељи да се обухвати што већи број случајева, анализа је урађена и за равничасрски и за брдовит тип терена, као и за различите улазне вредности фактора комерцијалних возила (10%, 15% и 20%) и фактора вршног сата (0.88, 0.90 и 0.92).



Слика 1: Стандардни геометријски попречни профили двотрачних путева

6. ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА

Детаљна анализа спроведена за локалне услове обухватила је значајно више улазних путних и саобраћајних карактеристика, као и више њихових комбинација. Капацитети су прорачунати за различите вредности меродавног протока, рачунске брзине, фактора вршног сата, утицаја комерцијалних возила и типа терена, како би се упоредили са генерализованим табелама обима услуге, односно вредностима које се односе на Ниво Услуге “Е” (Ниво Услуге који одговара капацитету) из НСМ₂₀₁₀ и максималним протоцима при вишим Нивиома Услуге. Анализа је спроведена за четири стандардна профила двотрачних путева, као и за један стандардни профил вишетрачног пута.

Приликом анализе добијених резултата, неопходно је узети у обзир другачије услове у САД-у у односу на локалне, па су свакако очекиване вредности капацитета за путеве у Републици Србији ниже. У наредној табели дат приказ само неких од добијених вредности дневних капацитета (*voz/dan*) за двотрачне и вишетрачне путеве.

Табела 1: Упоредна анализа добијених са вредностима из приручника за ДП и ВП

К	D	ДП		ВП	
		НСМ ₂₀₁₀	Прорачунате вредности	НСМ ₂₀₁₀	Прорачунате вредности
0.09	0.50	31.200	26.584	73.800	81.947
	0.55	30.200	25.421	67.100	74.497
	0.60	27.600	24.217	61.500	68.289
	0.65	25.500	23.076	56.800	63.036
0.10	0.50	28.000	23.926	66.400	73.752
	0.55	27.100	22.879	60.400	67.048
	0.60	24.900	21.795	55.300	61.460
	0.65	23.000	20.769	51.100	56.733
0.12	0.50	23.400	19.938	55.300	61.460
	0.55	22.600	19.066	50.300	55.873
	0.60	20.700	18.163	46.100	51.217
	0.65	19.100	17.307	42.600	47.277

Анализа указује на релативну сагласност у добијеним резултатима (до + -10%) за карактеристике сличне или исте као у НСМ, што потврђује валидност примењене методологије. Упоредна анализа указује на значајне разлике са погоршавањем улазних параметара типичним за локалне услове на двотрачним путевима где су добијене мање вредности дневних капацитета. Код вишетрачних путева добијене су веће вредности дневних капацитета што говори о осетљивости примењене методологије на улазне параметре, па се из тог разлога, добијене вредности препоручују за примену у моделским симулацијама у Републици Србији. Такође, добијени резултати указују на то да је примењени поступак валидно квантификовао значај улазних параметара, како саобраћајног тока, тако и техничко-експлоатационих карактеристика на крајње вредности.

7. ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕПОРУКЕ

С обзиром да су препоручене вредности дневних капацитета засноване на типичним профилима путева и карактеристикама саобраћајног тока у САД, урађена је детаљна анализа капацитета на планерском нивоу за локалне услове за четири стандардна геометријска профила двотрачних путева и један стандардни профил вишетрачног пута. Упоредна анализа указује на разлике у прорачунатим вредностима капацитета на планерском нивоу, па се из тог разлога добијене вредности препоручују за примену у моделским симулацијама за локалне услове.

Погодност примене и унапређење полазних табела дневних капацитета из НСМ-а се огледа и у чињеници да су квантификоване вредности часовних максималних капацитета, као и дневних капацитета по смеровима у функцији типичних карактеристика неравномерности протока по смеровима за Републику Србију.

Сумарно, допринос овог рада јесте детаљна анализа улазних параметара са препорученим вредностима дневних капацитета, које су погодније за примену у савременим планерским алатима попут програмског пакета PTV VISUM, али и за димензионисање попречног профила саобраћајница. Свакако да је препорука

спровођење оваквих анализа и за аутопутске профиле, остале путне међупрофиле (нпр. тротрачни пут), профиле градских артерија итд.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Highway Capacity Manual 2010., Transportation Research Board, USA
- [2] Highway Capacity Manual 2000., Transportation Research Board, USA
- [3] Highway Capacity Manual 2016. Transportation Research Board, USA
- [4] Priručnik za projektovanje puteva u R. Srbiji, JP „Putevi Srbije“, Beograd, 2012.
- [5] Anđus, V., Maletin, M., Tehnička uputstva za projektovanje vangradskih puteva, deo 1. TRASA (PP – T/08), Građevinski fakultet, Beograd, 2008.
- [6] M Maletin, V Tubić, (2013) Basic characteristics of traffic on primary rural roads in Serbia, International Journal for Traffic and Transport Engineering 3 (4)
- [7] M Petković, V Tubić, N Stepanović (2021), Prediction of design hourly volume on rural roads, Transportation research record 2675 (3), 112-121

SUMMARY

Capacity Analysis in Road Planning Procedures

Abstract: In every edition of the Highway Capacity Manual (HCM) until 2016, three levels of capacity analysis were defined: operational, project and planning analysis. The level of detail of each analysis is a function of purpose, breadth of access and available information. Planning analysis determines capacity in the earliest stages of planning, when small amount of data and information is available. The planning procedure is based on the AADT forecast and macro traffic simulation. Often, the usage of simulation models can lead to errors, and for these reasons, when analyzing traffic demands, it is necessary to carry out a check when more informations are available. Planning analyzes from the HCM manual are generally focused on broad issues such as initial problem identification, road design concept, and when alternatives are compared. These analyzes are suitable for evaluating proposed system measures, such as heavy vehicle lane usage control, highway ramp metering, and other applications of intelligent transportation systems. The methodology recommended in HCM implies the use of default input values, i.e. table of generalized values. Given that the recommended capacity values are based on typical road profiles and traffic flow characteristics in the USA, the paper provides a detailed capacity analysis at the planning level for local conditions - four standard geometric two-lane and highway profiles. Capacities are calculated for different values of design hourly volume, design speed, peak hour factor, commercial vehicle impact and terrain type, in order to compare with the generalized capacity tables from HCM2010. The comparative analysis indicates differences in the calculated capacity values, and for that reason the obtained values are recommended for use in model simulations for local conditions in the Republic of Serbia.

Key words: Capacity, Planning analysis, AADT, Highway Capacity Manual