

Планирање шумских комуникација

Владимир Петковић

Сажетак. Планирање шумских комуникација је главни задатак у будућности због прекомјерног коришћења дрвне масе у подручјима. Овај процес је неопходно припремити, подржати и водити коришћењем савремених информационих технологија. Квалитетно планирање шумских комуникација захтијева анализу већег броја критеријума у циљу подршке одлучивању и одрживости одабраних рјешења. Шумарство је веома интересантно подручје истраживања за употребу географско-информационих система (ГИС) због разноликости теренских и састојинских услова. ГИС садржи алате просторне и статистичке анализе и његова снага је у повезивању различитих информација у цјелину и једноставности обраде података. Обрада података подразумева анализу стања постојеће отворености шума, планирање и пројектовање нових примарних и секундарних шумских комуникација и анализу достигнуте отворености шума. Поред коришћења дрвне масе, свеобухватно планирање шумских комуникација треба да узме у обзир интересе и других актера из области медицине, спорта, туризма, екологије и заштите културног и историјског наслеђа. Њихове потребе и захтјеве неопходно је процијенити и искористити резултате испитивања заинтересованих страна за доношење коначне одлуке. Оптимална примарна отвореност шума требала би бити од 20 до 30 м ха⁻¹ а становишта интензитета газдовања шумама, теренских услова и сл.

Цитирање: Петковић В (2023) Планирање шумских комуникација. У: Говедар З, Матаруга М, Пржуљ Н (уредници) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LI:745–768

Cite as: Petković V (2023) Planning of forest traffic infrastructure. In: Govedar Z, Mataruga M, Pržulj N (eds) Sustainable development and management of forest ecosystems. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LI:745–768

Оптимальном секундарном отворености шума могла би се сматрати одлична релативна отвореност, што значи да је 90% површине одјела доступно за вриједност двоструке дистанце примицања око секундарних шумских комуникација. Ове циљане отворености шума могу бити постигнуте пројектовањем нових примарних и секундарних шумских комуникација на терену модерним алатима на бази ултразвучне и ласерске технологије, као што је Vertex Laser Geo и у канцеларији помоћу програмских пакета за пројектовање шумских путева као што је RoadEng. На крају, потребно је узети у обзир и економску анализу планирања и пројектовања шумских комуникација.

Кључне ријечи: Отвореност шума, географски информациони системи, систем за глобално позиционирање, вишекритеријумска анализа

20.1. Увод

Научна и технолошка достигнућа имају свакодневни утицај на развој људског друштва, привреде, а тиме и шумарства као једне од привредних грана. Одрживо, дуготрајно и свеобухватно планирање газдовања шумама није могуће данас замислити без савремених информационих технологија (ИТ). Оне омогућавају анализу и управљање свим прикупљеним подацима, визуализацију и манипулацију добијеним резултатима са једног мјеста, као и одабир најпогоднијих рјешења и њихову примјену на терену у пракси. Саставни дио планирања газдовања шумама је и планирање коришћења шумских ресурса, а у ту сврху и планирање, пројектовање, градња и одржавање шумских комуникација.

Шумске комуникације могу бити примарне и секундарне. То су линијски грађевински објекти јер спајају барем двије тачке, али и просторни јер чине шуму доступном са обје своје стране. Примарне шумске комуникације омогућавају приступ шуми у свим временским приликама и у сваком периоду године. Оне обухватају шумске путеве, које користимо за саобраћај моторних возила и возила на моторни погон у оба смјера једном коловозном траком. Секундарне шумске комуникације су технолошки путеви намијењени првенствено коришћењу шумских ресурса, тачније за транспорт дрвета до шумских путева, како би оно било доступно тржишту. У ову групу комуникација спадају тракторски путеви, тракторске и анималне влаке, али и просјеке за трасе жичара.

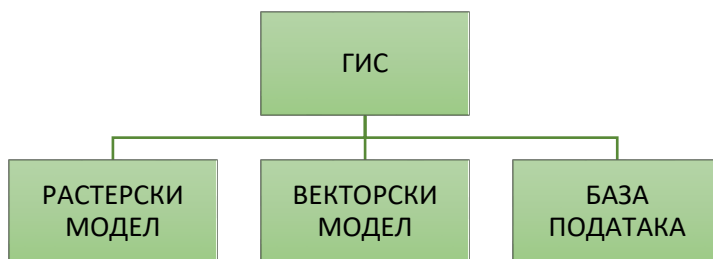
Када је у питању транспорт дрвета, секундарним шумским комуникацијама које се одвајају од шумских путева обавља се примарни транспорт, који

обухвата фазе примицања и привлачења дрвета, док се шумским путевима обавља друга фаза транспорта која се назива превоз.

Највеће промјене примјеном савремених технологија десиле су се у планирању и пројектовању шумских комуникација. На том путу смо од папира, оловке, пантљике и штапа дошли до анимације и виртуелизације планирања и пројектовања траса шумских комуникација. Све захваљујући развоју хардверских склопова рачунара као и програмских пакета који омогућавају просторну и статистичку анализу растерских и векторских елемената и база података које су везане за њих. Такође, ту су програми за пројектовање саобраћајница уопште, али и велики број њих који су специјализовани за пројектовање шумских комуникација, као врло осјетљивог подручја нискоградње са посебним захтјевима у погледу конструктивних елемената, а све у сврху мањег утицаја на шумски екосистем и смањење трошкова планирања, пројектовања, градње и на крају одржавања шумских комуникација. Неријетко, ови програми су компатибилни и омогућавају директно повезивање фаза планирања и пројектовања траса шумских комуникација. Квалитетно планирање шумских комуникација захтијева дефинисање најзначајнијих критеријума и неопходних информација о њима које се добијају анализом слика, векторских елемената и прикупљањем директно на терену (мјерењима) и испитивањем јавног мњења. Данас је прикупљање података на терену засновано на коришћењу уређаја за глобално позиционирање (ГПС) и инструмената који раде на бази ултразвучне и ласерске технологије са могућношћу меморисања снимљених и измјерених елемента, што умногоме олакшава рад и њихово коришћење уз помоћ рачунара.

Поуздани подаци су основ за вишекритеријумску анализу која је подршка одлучивању у планирању шумских комуникација, тачније у дефинисању подручја погодних за њихову градњу. Раније су се на аналогне топографске карте наносиле границе шума, инфраструктура, подаци шумског инвентара, потрошачких центара и сл. На основу њих се одлучивало којим подручјима ће пролазити шумске комуникације. Данас се користе дигиталне подлоге као што су: дигитални модел рељефа (ДМР), дигитални модел висина (ДМВ) и сл., на које се наносе дигитализоване границе шума, транспортна инфраструктура, али и други векторски објекти. Поред геометријских особина ови елементи имају и друге атрибуте који се уносе у базе података на основу којих се ради вишекритеријумска анализа подручја, и то помоћу једне рачунарске јединице. Метод вишекритеријумске процјене захтијева припрему подлога и података помоћу програмских пакета географско-информационих система (ГИС), као што су (ArcGIS, QGIS и сл.), односно ова

фаза рада често се назива формирање ГИС-а посматраног подручја (Граф. 20.1). Након формирања ГИС посматраног подручја приступа се фази одлучивања у смислу дефинисања значаја појединих критеријума за проблем планирања шумских комуникација помоћу математичких метода и модела, а најчешће кориштена метода је тзв. аналитичко хијерархијски процес (*Analytic hierarchical process*), познатији као АХП метода. Ове методе захтијевају испитивање јавног стручног и научног мњења из области шумарства, а прије свега шумског инжењерства, односно грађевинарства. Према Стратегији развоја шумарства Републике Српске (2011–2021), сврха планирања нових шумских комуникација је повећање приступачности шума јер је коришћење шумских ресурса, а прије свега дрвета, оптерећено претхватом у подручјима која су боље отворена шумским комуникацијама.



Граф. 20.1. Формирање ГИС-а (Петковић В 2021)
Graph. 20.1. Creating of the GIS (Petković V 2021)

Површина шума у Републици Српској (РС), Федерацији Босне и Херцеговине (ФБиХ) и Босни и Херцеговини (БиХ) у цјелини су основа за планирање у сваком смислу, па и за планирање шумских комуникација. Шуме у Републици Српској заузимају 44% укупне површине, а што се тиче власничке структуре, око 74% су државне и 26% приватне шуме (Таб. 20.1).

Упоређујући тренутно стање како примарне тако и секундарне отворености, о којој немамо довољно новијих информација, може се рећи да је неопходно ићи у процес повећања отворености шума у Републици Српској уопште, односно дефинисати оптималну или боље речено циљану отвореност узимајући у обзир природно, економско и социјално становиште. Овдје се јавља проблем количине и квалитета информација о сваком од ова три критеријума. Наравно да одређен број података постоји, али много је више оних који недостају како би се урадила свеобухватна вишекритеријумска анализа као подршка у одлучивању најчешће приликом планирања, али и одржавања мреже шумских комуникација.

Таб. 20.1. Структура површине шума у Републици Српској и свијету (Sokolović i Bajrić 2013; Статистички билтен за шумарство 2017)

Table 20.1. Structure of forest area in Republic of Srpska and the world (Sokolović i Bajrić 2013; Statistical bulletin for Forestry 2017)

Површина	БиХ	РС	ФБиХ	Европа	Свијет
Укупно (ха)	2.6 x 10 ⁶	1.1 x 10 ⁶	1.5 x 10 ⁶	1,0 x 10 ⁹	4,0 x 10 ⁹
Укупно (%)	46,0	44,0	48,0	47,0	39,0
Државне шуме (%)	78,0	73.5	82,0	90,0	75,0
Приватне шуме (%)	22,0	26.5	18,0	10,0	20,0

Један од основних извора информација о сва три поменути критеријума јесте привредно–планска документација у облику шумскопривредних основа (ШПО), међутим, оне су оптерећене потребама привреде и друштва, али и начином обраде и приказивања података. Без обзира на недостатке, ШПО садржи велики број података о стању, али и потенцијалима шума одређеног подручја који су прије свега резултат инвентуре шума. Данас се теренске карактеристике могу издвојити просторном анализом из дигиталног модела терена (ДТМ) и статистички обрадити помоћу ГИС-а.

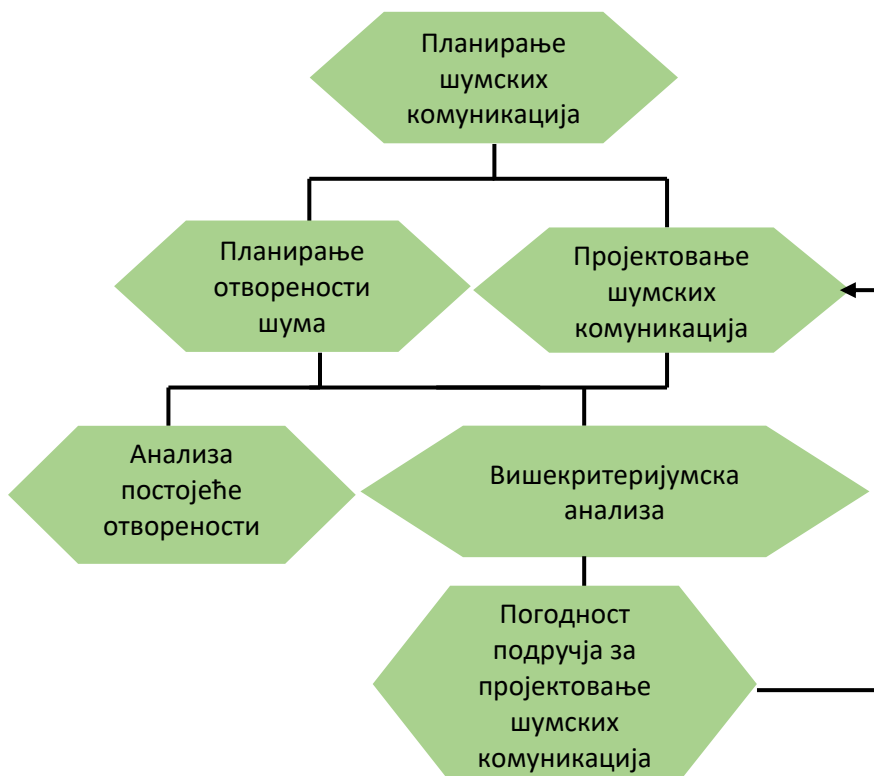
Републичка управа за геодетске и имовинско правне послове Републике Српске (РУГИП) располаже ДТМ-ом резолуције 5 x 5 м. У употреби је ДТМ који је израђен за територију БиХ резолуције 20 x 20 м. Такође, постоји ДТМ *United States Geological Survey (USGS)* резолуције 10 x 10 м (*The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)*), *Digital Elevation Model (DEM)*. Данас се због квалитета података издваја ДТМ или дигитални елевациони или модел висина (ДЕМ) који потиче од ласерског скенирања, било из ваздуха, са земље или воде, познатији по скраћеници LiDAR, који нам недостаје. Економски критеријум највише се одликује честим промјенама у смислу трошкова основних и потрошних средстава, рада и сл. То може да има утицај на тачност и примјењивост добијених резултата. Код нас у употреби су Јединствене норме за извођење радова у шумарству из 2002. године, које су рађене по тада актуелним цијенама за одређена средства рада и извођење радова уопште. Те норме су данас тешко примјењиве, а временом су уведена и средства рада различитих произвођача за која немамо ни норме рада у нашим условима, а тиме ни трошкове не можемо израчунати. Разним актима дефинишу се трошкови рада појединих средстава, али се не ради на обнови и допуни већ постојећих норми. На крају, промјене цијена готових производа морају се пратити и на дневном нивоу.

Социјални аспект шума данас је највидљивији кроз туристички и здравствени допринос, затим ловство и ловни туризам, али оно што недостаје је квалитетна база података социјалних функција шума, као основа за планирање газдовања шумама и на крају планирање шумских комуникација. Допуна ових података требала би ићи према дефинисању и позиционирању заштитних функција шума и културно-историјског наслеђа одређеног простора.

20.2. Савремене методе планирања шумских комуникација

Савремено планирање шумских комуникација врши се на тактичком нивоу и састоји се од двије фазе:

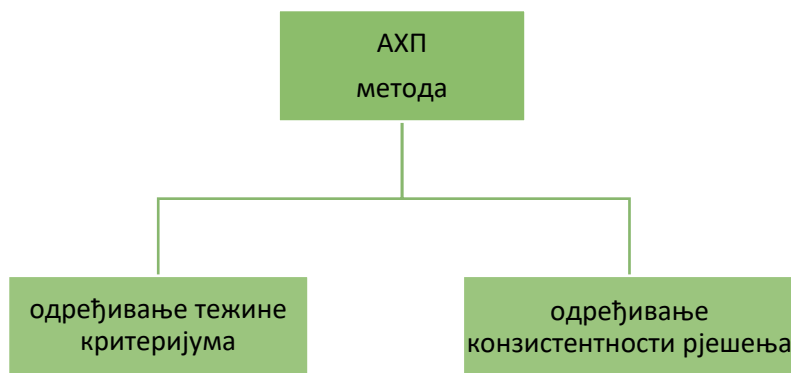
- планирање отворености,
- пројектовање шумских комуникација (Граф. 20.2).



Граф. 20.2. Шема процеса планирања шумских комуникација (Петковић В 2021)
Graph. 20.2. Scheme of forest roads planning process (Petković V 2021)

Под планирањем отворености подразумева се дефинисање параметара, односно показатеља отворености, прије свега апсолутне отворености, тј. густине шумских комуникација по јединици површине. Густина шумских комуникација зависи од транспортних трошкова, теренских услова, социјалних, еколошких и туристичких потреба, дакле од вишекритеријумске анализе и анализе постојеће отворености. Ова густина може се сматрати циљаном или оном коју тежимо да постигнемо, међутим да ли ћемо је достићи, зависи од теренских карактеристика објекта и прописа из области пројектовања шумских комуникација.

Пројектовање шумских комуникација врши се у подручјима која су погодна за градњу шумских комуникација дефинисаним вишекритеријумском анализом истовремено повезујући их за постојеће шумске комуникације. Вишекритеријумска анализа заснива се на дефинисању критеријума и метода којима ће се вршити. Најчешће примјењивана метода за ове потребе из области планирања шумских комуникација је АХП метода и она се заснива на међусобном поређењу одабраних критеријума и конзистентности резултата анализе (Saaty 1980; Saaty 2008) (Граф. 20.3).



Граф. 20.3. Аналитичко-хијерархијски процес (Saaty 2008)

Graph. 20.3. Analytical-Hierarchical Process (Saaty 2008)

Резултати ове методе подршка су у одлучивању, како у погледу дефинисања потребне отворености тако и у погледу пројектовања шумских комуникација. Ову методу у области пројектовања шумских комуникација аутори су конкретно користили за израчунавање важности појединих утицајних фактора на проблем дефинисања подручја погодних за градњу шумских комуникација (Abdi et al. 2009; Sokolović et al. 2009; Mohammadi et al. 2010; Hashemkhani et al. 2011; Hosseini et al. 2012; Pellegrini et al. 2013; Caliskan 2013; Firouzan and Abed 2015; Petković i Potočnik 2018; Petković et al. 2019).

На тактичком нивоу пројектовање шумских комуникација подразумијева полагање нултих линија тзв. методом корака шестара на дигиталним картама помоћу ГИС програмских пакета и њиховим преношењем на терен помоћу ГПС уређаја. Коришћењем ових уређаја у пројектовању шумских комуникација утврђено је да разлика између података прикупљених класичном методом снимања уздужног профила и снимања помоћу ГПС уређаја износи 5 до 10 метара у вертикалном и хоризонталном смислу, а вријеме потребно за снимање ГПС-ом је 15 минута, према 90 минута класичном методом (Potočnik i sar. 2009).

20.3. Анализа постојеће отворености шума

Квалитетан приказ стања отворености одређеног подручја, како постојеће мреже шумских комуникација тако и надограђене, могуће је анализом исте кроз квантитативне, квалитативне и економске показатеље отворености (Граф. 20.4).



Граф. 20.4. Показатељи отворености (Petković i Potočnik 2018)

Graph. 20.4. Indicators of forest accessibility (Petković i Potočnik 2018)

Апсолутна отвореност је квантитативни показатељ дужине шумских комуникација по јединици површине шуме (м ха⁻¹ или км/1000 ха). Према званичним подацима, отвореност примарним шумским комуникацијама државних шума у Босни и Херцеговини креће се око 10,0 м ха⁻¹, и то у Републици Српској 9,4 м ха⁻¹, а у Федерацији Босне и Херцеговине 10,8 м ха⁻¹ (Таб. 20.2). Шумама у власништву Републике Српске газдује Јавно предузеће шумарства „Шуме Републике Српске“ а.д. Соколац (ЈПШ) посредством својих организационих јединица. Укупна дужина путева који отварају шуму износи 9.464,65 км. Када су у питању шумска газдинства (ШГ), отвореност се креће од 5,0 м ха⁻¹ до 16,0 м ха⁻¹, у ШПП „Мајевичко“, односно „Источнодрварско“. С обзиром на шире категорије шума, највећу отвореност имају шумске културе 13,2 м ха⁻¹, високе шуме са природном обновом које заузимају највеће површине државних шума отворене су са 11,6 м путева по ха, затим слиједе изданачке шуме са 9,9 м ха⁻¹ и на крају високе деградирание шуме 5,4 м ха⁻¹ (Katastar saobraćajnica 2017). Када су у питању приватне шуме, подаци о њиховој отворености нису познати, а за отвореност шума секундарним шумским комуникацијама подаци су у домену процјене која се у просјеку креће од 50 до 70 м ха⁻¹. Дакле, појам отворености, односно податке о њој, потребно је у овом случају везивати за примарну отвореност или отвореност шума шумским путевима.

Таб. 20.2. Примарна отвореност шума (Sokolović i Bajrić 2013; Статистички билтен за шумарство 2017)

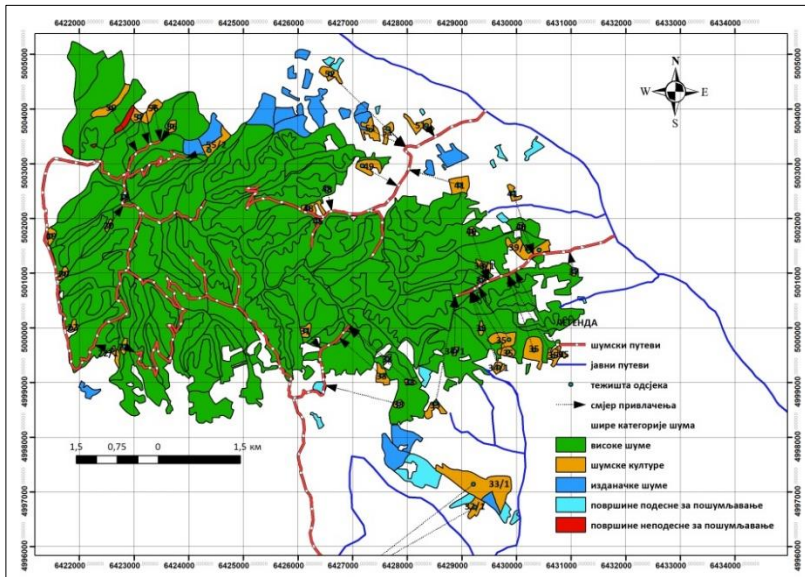
Table 20.2. Primary forest accessibility (Sokolović i Bajrić 2013; Statistical bulletin for Forestry 2017)

Особине	БиХ	Република Српска	ФБиХ
Дужина шумских путева (км)	21.000	9.464	11.422
Примарна отвореност (м ха ⁻¹)	10,15	9,4	10,9

Примарна отвореност шума у Хрватској креће се око 12 м ха⁻¹ (Pentek et al. 2007), а у Словенији 25 м ха⁻¹ (Krč and Veguš 2013). У Србији просјечна густина шумских путева износи 10,5 м ха⁻¹ (Kadović et al. 2008). Просјечна отвореност шума у Аустрији износи и 45 м ха⁻¹ (Ghaffarian et al. 2009; Ghaffarian et al. 2010; Findeis 2016). Према томе, отвореност државних шума у Републици Српској је и до 5 пута мања него у појединим земљама окружења на које се наше шумарство традиционално наслања.

Одређивањем средње транспортне дистанце привлачења стварају се услови за економску анализу или тачније одређивање трошкова транспорта дрвних сортимената. Овдје се може раздвојити одређивање овог показатеља за планирање примарне од одређивања средње транспортне дистанце за

планирање секундарне мреже шумских комуникација. Разлика је у томе да је за потребе планирања примарне мреже шумских комуникација довољно ићи на одређивање геометријске средње транспортне дистанце привлачења, из које се из фактора продужења дистанце може процијенити средња стварна транспортна дистанца привлачења. Геометријска се добија као праволинијска удаљеност тежишта површина одјела од шумског пута, што се може и картографски приказати помоћу ГИС-а (Сл. 20.1).

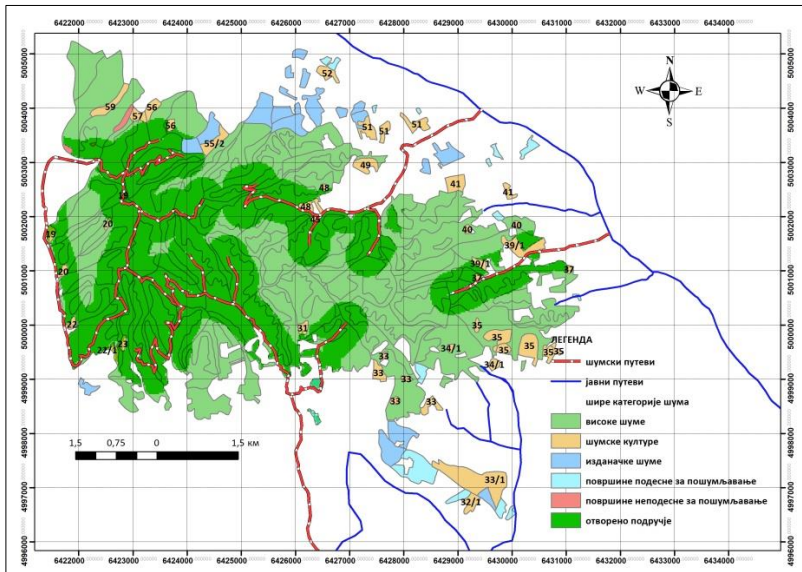


Сл. 20.1. Средња транспортна дистанца по методи удаљености тежишта одјела од шумског пута (Петковић В 2021)

Fig. 20.1. Average transport distance by center of gravity distance method of departments from the forest road (Petković V 2021)

За потребе планирања секундарних шумских комуникација неопходан је тачнији резултат који се односи на средњу транспортну дистанцу привлачења због израчунавања трошкова привлачења и може се закључити да се тада ради о оперативном нивоу планирања. У том случају, она се израчунава на основу просјечне дужине секундарних шумских комуникација у одјелу које се пондеришу најчешће са запремином дозначене дрвне масе, а рјеђе са површином на којој се налази дозначена дрвна маса (Sokolović et al. 2013; Ljubojević et al. 2018). Трошкови привлачења износе за зглобни трактор Timberjack 14,63 KM m⁻³ и 10,51 KM m⁻³ за Clark скидер (Naghdi and Limaei 2009; Jourgholami et al. 2013).

Просјечни трошкови привлачења за ЛКТ 81 зглобни трактор износе 10,84 КМ м⁻³ на 100 м транспортне дистанце (Petković i Potočnik 2018; Petković et al. 2019). Релативна отвореност и коефицијент ефикасности мреже шумских комуникација могли би сврстати у квалитативне показатеље отворености, јер указују на просторни распоред мреже шумских комуникација, отворених и недовољно отворених подручја као и њихов међусобни утицај на квалитет отворености. Релативна отвореност може се дијелити на примарну и секундарну, зависно од врсте шумских комуникација. Као праметар за формирање омеђених површина око шумских путева користи се геометријска даљина привлачења када се ради о примарној, а у случају секундарне ширина омеђене површине једнака је двострукој дужини ужета витла у фази примицања дрвних сортимената (Сл. 20.2).



Сл. 20.2. Омеђено подручје око шумских путева, отворено подручје (Петковић В 2021)

Fig. 20.2. Buffer zone around forest roads, accessible area (Petković V 2021)

Препоручена примарна отвореност за привлачење дрвне масе по земљи износи 25 м ха⁻¹ (Dykstra and Heinrich 1996). Један од најважнијих фактора од којег зависе трошкови привлачења јесте транспортна дистанца привлачења на коју утичу: врста рељефног подручја, нагиб терена, присуство препрека на површини земљишта, усљед чега долази до заобилажења и продужења транспортне дистанце. Фактор продужења геометријске транспортне дистанце приликом рачунања стварне креће се од 1,1 до 2,6 у низијским, односно планинским условима рељефа (Lotfalian et al. 2012; Petković et al.

2015; Petković et al. 2017a; Petković et al. 2017b). Предуслов за анализу отворености јесте квалитетна и ажурирана дигитална база података коју је потребно водити у оквиру катастра примарних и секундарних шумских комуникација. Код нас се води катастар примарних шумских комуникација у аналогној форми са дефинисаним укупним дужинама шумских, али и јавних путева којима се врши транспорт.

20.4. Одређивање циљане отворености

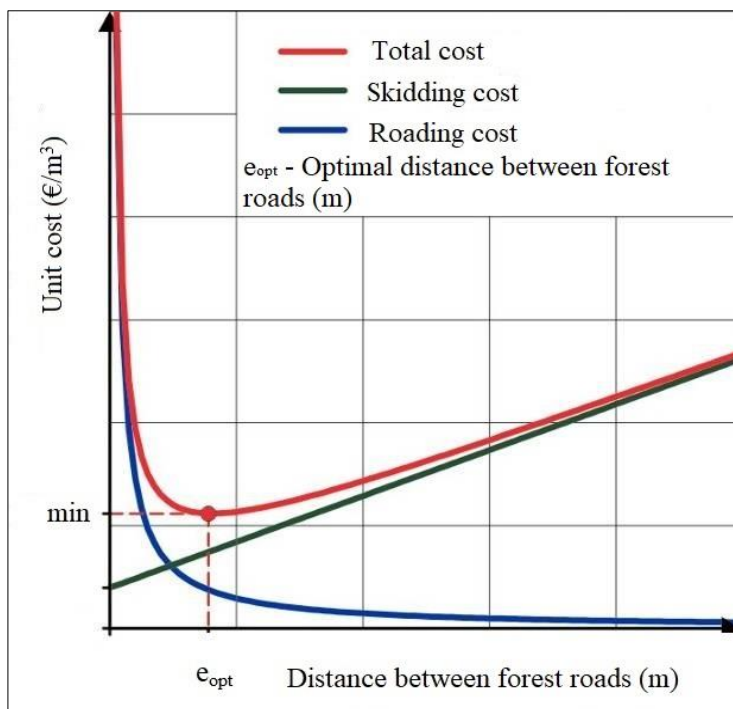
Циљана отвореност најчешће се дефинише, када је у питању примарна отвореност, као густина шумских путева на јединици површине, а у случају секундарне отворености, достизањем одличне релативне отворености. Дужина шумских комуникација неопходна за квалитетно газдовање шумама може се посматрати са становишта интензитета газдовања, теренских и састојинских услова, економског и техничког аспекта.

Састојинско-станишни аспект обухвата производне могућности одређених типова шума на одређеном станишту и његове геоморфолошке карактеристике. Производне могућности станишта најчешће се процењују на основу залихе дрвне масе, запреминског прираста, етата за уређајни период, интензитета сјече, сортиментне структуре и сл. Такође, састојински аспекти који се морају узети у обзир су врсте дрвећа, циљ газдовања њима, старост, развојна фаза, поријекло и сл.

Технички аспект узима у обзир техничке карактеристике и могућности возила која се користе за транспорт дрвета, као и праксу пројектовања саобраћајница у држави. Од њих зависи могућност градње одређених шумских комуникација са одређеним конструктивним елементима на одређеном подручју. Економски оптимум отворености постиже се минималном вриједности транспортних трошкова (Граф. 20.5). Транспортни трошкови састоје се од трошкова привлачења и превоза дрвета.

Трошкови привлачења су збир трошкова градње и одржавања секундарних шумских комуникација и јединичних трошкова привлачења дрвета одређеним транспортним средством, који опет зависе од трошкова рада тог транспортног средства и његовог учинка на одређеној дистанци.

Метод сјече и израде сортимената који се најчешће користи код нас подразумеива сјечу стабала у сјечини помоћу моторне тестере, а сортименти се привлаче до стоваришта на шумском путу. Обло техничко дрво обично се привлачи зглобним тракторима, а просторно се износи анималима (Marčeta et al. 2014).



Граф. 20.5. Оптимална густина шумских путева (Poršinsky et al. 2017)
 Graph. 20.5. Optimal density of forest roads (Poršinsky et al. 2017)

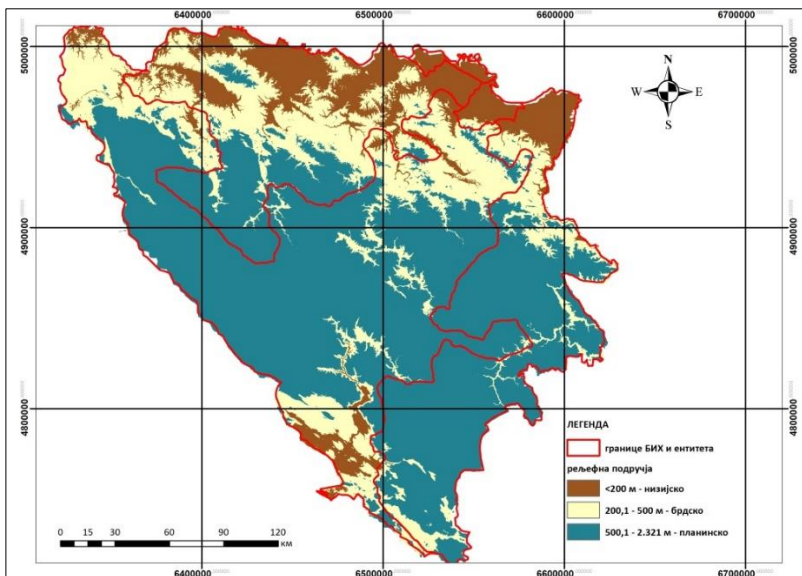
Naghdi and Limaie (2009) израчунали су да трошкови градње шумских путева износе око 37.191,37 КМ км⁻¹. Трошкови градње шумских путева, у зависности од нагиба терена (0-132%), могу се кретати од 27,3 до 195 КМ км⁻¹ (Ghaffaryian et al. 2010). Enache et al. (2011) израчунали су да просјечни трошкови градње путева износе 65,36 КМ км⁻¹. Трошкови градње и одржавања шумских путева износе 69.599,42 КМ км⁻¹ (Jourgholami et al. 2013).

Према Катастру саобраћајница у Републици Српској (2017), трошкови градње шумских путева крећу се око 48.237,15 КМ км⁻¹. Процијењени трошкови градње и одржавања шумских путева износе у просјеку 69.586 КМ км⁻¹, док се трошкови градње шумских путева крећу у просјеку око 46.039 КМ км⁻¹ (Petković i Potočnik 2018; Petković et al. 2019).

Просјечна цијена изградње шумских путева, укључујући све потребне дозволе и снимања према тржишним цијенама из 2018. године, износи 75.250,59 КМ/км у Републици Српској (Стратешки план шумских путева у Републици Српској 2019). Оптимална примарна отвореност са економског аспекта треба да износи око 11 м ха⁻¹ за брдске, 19 м ха⁻¹ за планинске шуме у Републици Српској (Petković i Potočnik 2018; Petković et al. 2019).

Када су у питању теренске карактеристике које утичу на планирање отворености, ту се морају издвојити рељефно подручје, нагиб терена, тип геолошке подлоге, типови земљишта са њиховим особинама, експозиција и др. Према рељефном подручју циљана густина шумских путева најчешће се одређује у Хрватској, и то у низијском подручју требала би да износи 12, у брдском 11 до 18 м ха⁻¹, у планинском између 15 и 22,5 м ха⁻¹ и у крашком 5 до 12 м ха⁻¹ (Pentek et al. 2014; Poršinsky et al. 2017).

Услови рељефа у Републици Српској и БиХ такође имају важну улогу за утврђивање циљане густине шумских путева због разноликости и изражене купираниости шумских подручја (Сл. 20.3).



Сл. 20.3. Рељефна подручја у Републици Српској и БиХ (Петковић В 2021)
Fig. 20.3. Relief areas in Republic of Srpska and B&H (Petković V 2021)

С обзиром на интензитет газдовања, теренске услове, густину секундарне мреже шумских комуникација и транспорт дрвне масе, густина шумских путева може да се креће до 10 м ха⁻¹ на брдовитом терену, а на стрмим теренима од 15 до 35 м ха⁻¹ (Potočnik 2004). Економски и теренско-састојински аспект утичу на густину шумских путева.

Према томе, у Републици Српској, у брдским високим шумама са природном обновом букве и храста, у просјеку густина путева требала би да износи од 14 до 16 м ха⁻¹ (Potočnik et al. 2013; Petković i Potočnik 2018), а у планинском подручју за високе шуме букве и јеле са смрчком густина у просјеку требала би бити 26 м ха⁻¹ (Petković et al. 2019).

Стратешки план шумских путева у Републици Српској дефинисао је потребну густину путева који отварају шуму, тј. примарну отвореност државних шума која би у просјеку требала да износи око 15 м ха⁻¹, и то од 8,5 м ха⁻¹ у „Источнодрварском“ ШПП, до 20 м ха⁻¹ у „Петровачком“ и „Чајничком“ ШПП (Стратешки план шумских путева у Републици Српској 2019). У шумама Републике Српске најчешће се примјењује скупинасто-пребирни систем газдовања и сортиментна метода сјече и израде шумских дрвних сортимената која захтијева њихово сакупљање помоћу ужета тракторског витла до тракторског пута и привлачење формираног товара по њему до шумског камионског пута (Danilović i Ljubojević 2013; Marčeta et al. 2014). Значај секундарних шумских комуникација је већи ако се још узму у обзир рељеф, примарна отвореност и нагиб терена.

Секундарна мрежа комуникација предуслов је за транспорт дрвне масе у брдским и планинским шумама (Pentek 2008), а нарочито када се за транспорт користе зглобни трактори, чије је кретање по шуми ограничено само по тракторским путевима и влакама (Danilović i Ljubojević 2013).

С обзиром на то да максимално растојање између тракторских путева не треба да буде веће од двоструке дужине ужета витла увећаном за просјечну дужину сортимента са сваке стране (Jeličić 1977), њихова оптимална густина не би требала да буде мања од 100 м ха⁻¹ како би привлачење дрвне масе зглобним тракторима било економски и еколошки оправдано (Danilović i Ljubojević 2013).

То значи да при дужини ужета од 60 метара и рачунајући просјечну дужину сортимента, даљина примицања, односно једнострану ширину омеђене површине, износи 65 м, размак између тракторских путева треба да буде 130 м (Jeličić 1977; Danilović i Ljubojević 2013; Sokolović et al. 2013). Међутим, према Јединственим нормама за извођење радова у шумарству у Републици Српској (2002), даљина примицања за читавање учинка зглобних трактора ограничава се на 10, 20 и 30 метара, што значи да је ширина омеђене површине око секундарних шумских комуникација 20, 40 и 60 метара за оцјену релативне отворености, при чему је остварена густина секундарних шумских комуникација од 100 до 180 м ха⁻¹ (Ljubojević et al. 2018).

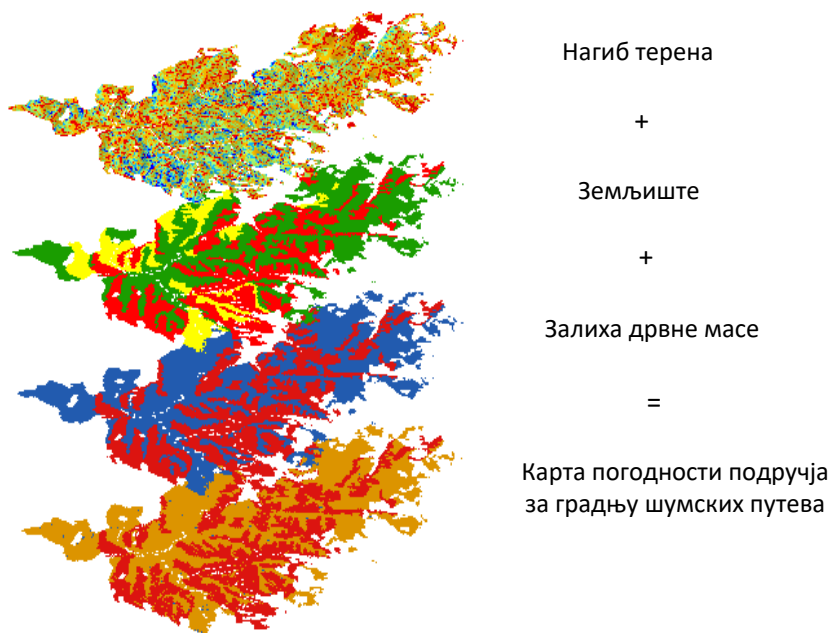
Густина секундарних шумских комуникација у високим шумама са природном обновом у БиХ требала би да износи 100 до 200 м ха⁻¹ (Jeličić 1983), док би секундарна отвореност младих састојина требала да износи између 250 и 300 м ха⁻¹, а старијих од 100 до 180 м ха⁻¹ (Rebula 1983).

20.5. Вишекритеријумска анализа

Одређивање подручја која су погодна за градњу шумских путева врши се вишекритеријумском анализом која подразумеива избор најзначајнијих, најчешћих и доступних критеријума и дефинисање интензитета њиховог утицаја на дату проблематику примјеном АХП метода. Ти критеријуми могу се подијелити на:

- теренске,
- састојинске,
- инфраструктурне.

У оквиру набројаних критеријума издвајају се подкритеријуми на основу резултата испитивања јавног мњења из области шумарства. Растери одабраних подкритеријума добијају се примјеном ГИС алата, након чега се њихове оригиналне вриједности стандардизују на вриједности 0–1, због тога што се различито изражавају. Потом се врши њихово множење са тежинама, које су добијене АХП методом, и сабирање, а резултат је један растер који представља карту погодности шумског подручја за градњу шумских путева. Дакле, међусобно се сабирају растери одабраних подкритеријума који су стандардизовани (Сл. 20.4).



Сл. 20.4. Вишекритеријумска анализа у ГИС-у (Петковић В 2021)
Fig. 20.4. Multicriteria decision analysis by GIS (Petković V 2021)

Овај начин је примјенљив за различите типове истраживања везаних за проблематику газдовања шумама. Подкритеријуми који се најчешће примјењују у овом случају су нагиб терена, особине земљишта и запремина дрвета. Утицај, односно тежине ових подкритеријума, на проблем одређивања погодности подручја за градњу шумских путева, а који се одређују примјеном АХП методе, креће се од 0,2 до 0,4 за нагиб терена, земљиште утиче од 0,15 до 0,24, а дрвна маса од 0,1 до 0,4 (Abdi et al. 2009; Sokolović et al. 2009; Mohammadi et al. 2010; Caliskan 2013; Petković i Potočnik 2018; Petković et al. 2019).

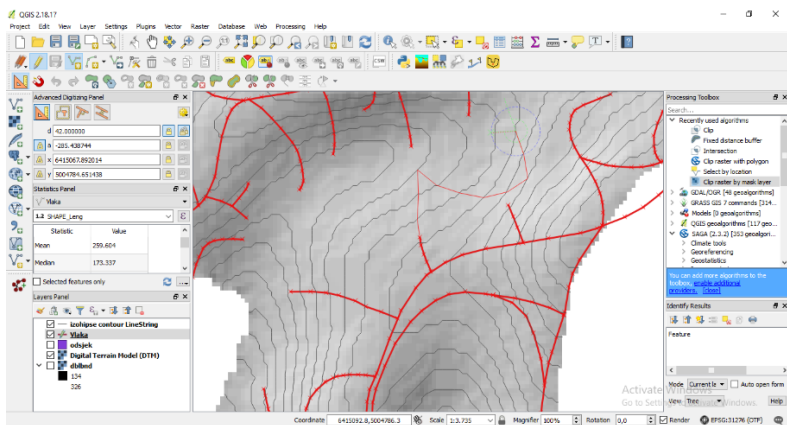
Резултати вишекритеријумске анализе огледају се у дефинисању:

- пројектовања шумских комуникација,
- погодности подручја за градњу шумских комуникација,
- циљане отворености.

20.6. Савремени начин пројектовања шумских комуникација

Нови шумски путеви пројектују се у погодним и уједно недовољно отвореним подручјима за двоструку циљану геометријску даљину привлачења. Пројектовање се врши методом корака шестара на карти са изохипсама еквидистанције 5 метара, а да нагиб нулте линије, према Правилнику о пројектовању шумских камионских путева (2002), не прелази 8%. Тракторски путеви пројектују се са максималним уздужним нагибом који не треба да прелази 16%, с обзиром на прописе и дубину земљишта, како би се спријечило оштећење тракторских путева, али и деградација земљишта. Према томе, дужина корака шестара не може бити мања од 32 метра, с обзиром на еквидистанцију од 5 метара.

Читав процес врши се на дигиталној карти помоћу ГИС-а, која се добија просторном анализом ДТМ-а (Сл. 20.5), из кога се генеришу изохипсе са одређеном еквидистанцијом (5 метара). Нове шумске комуникације надовезују се на постојеће на за то погодним мјестима на дигиталној карти и постављају се у облику тзв. нултих линија методом дужине корака, којим се спајају двије сусједне изохипсе да би се савладао одређени нагиб помоћу алата QGIS програмског пакета. Планиране трасе преносе се у ГПС уређај и помоћу њега на сам терен, уз истовремено рекогносцирање терена. Циљ овог посла је избор најповољније трасе која ће се пројектовати на терену директном методом.



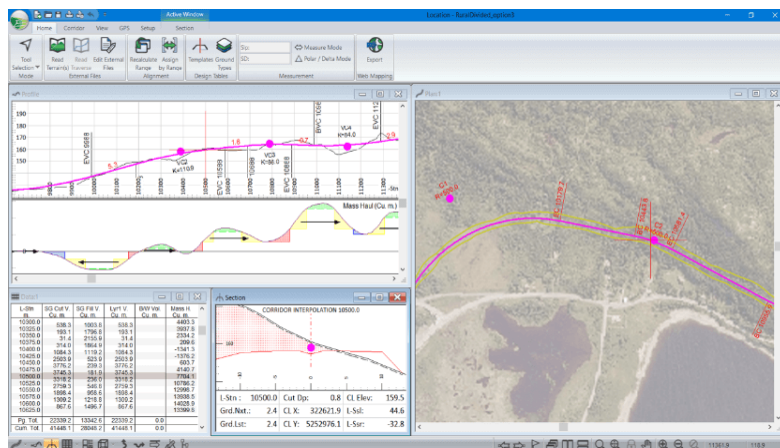
Сл. 20.5. Пројектовање шумских комуникација помоћу QGIS (Петковић В 2021)
Fig. 20.5. Designing of forest traffic infrastucure by QGIS (Petković V 2021)

За пројектовање шумских комуникација на терену директном методом данас се користе савремени инструменти (Сл. 20.6) који раде на принципу ласерске и ултразвучне технологије, као што је Vertex Laser Geo који садржи и ГПС пријемник и бусолу, поред висиномјера и даљиномјера (<https://haglofsweden.com/wp-content/uploads/2021/02/Vertex-Laser-Geo-Product-Sheet-ENU.pdf>).



Сл. 20.6. Подручја примјене Vertex Laser Geo (<https://haglofsweden.com/wp-content/uploads/2021/02/Vertex-Laser-Geo-Product-Sheet-ENU.pdf>)
Fig. 20.6. Using of Vertex Laser Geo (<https://haglofsweden.com/wp-content/uploads/2021/02/Vertex-Laser-Geo-Product-Sheet-ENU.pdf>)

Након дефинисања и прикупљања неопходних података о полигону трасе пута, уздужним и попречним профилима на шумском путу на терену, врши се њихово преношење у програмски пакет за пројектовање шумских путева, као што је RoadEng (Сл. 20.7) компаније Softree са сједиштем у Канади.



Сл. 20.7. RoadEng – програмски пакет за пројектовање шумских путева
(Easy Road Design Software | RoadEng (softree.com))

Fig. 20.7. RoadEng – the software for designing of forest roads
(Easy Road Design Software | RoadEng (softree.com))

Овај програм састоји се од три модула Survey, Location и Terrain (https://www.softree.com/application/files/5415/9476/7117/Display_Shading_3.png). У модулу Survey уносе се подаци са теренских снимања на основу којих се у модулу Location дефинишу вриједности основних конструктивних елемената прелома трасе у хоризонталном и вертикалном профилу, тј. у ситуацији и уздужном профилу шумског пута, као и попречних профила. Такође, омогућава се припрема и штампање саставних дијелова пројекта шумског пута.

20.7. Закључак

Достигнућа из области информационих технологија незаобилазна су у савременом газдовању шумама, како са становишта прикупљања података, тако и за њихову обраду. Њихово увођење у шумарску оперативу неизбежно је без обзира на предрасуде које су присутне. Квалитетна и ефикасна примјена савремених алата и програма за обраду података захтијева људски ресурс који је способан да дефинише њихову количину и

квалитет и зна да примијени одговарајуће методе за њихову анализу. Конкретно, у случају планирања шумских комуникација неопходно је:

- формирати дигитални катастар шумских комуникација са припадајућом базом података,
- формирати базе података о производним, социјално-економским, културно-историјским и заштитним функцијама шума,
- обезбиједити квалитетне дигиталне подлоге, као основ просторне анализе за добијање података о теренским карактеристикама подручја,
- обезбиједити материјално логистичку подршку шумарској оперативи, како би примијенили савремене технологије у шумарству,
- на крају, најважније је улагати у школовање кадрова у шумарству који ће бити способни, али и вољни да сваки нови дан хватају корак са достигнућима савремених информационих технологија.

Литература

- Abdi E, Majnounian B, Darvishsefat A, Mashayekhi Z, Sessions J (2009) A GIS-MCE based model for forest road planning. *Journal of Forest Science* 55(4):171–176
- Ghaffarian MR, Stampfer K, Sessions J (2009) Comparison of three methods to determine optimal road spacing for forwarder-type logging operations. *Journal of Forest Science* 55(9):423–431
- Ghaffarian MR, Stampfer K, Sessions J, Durston T, Kuehmaier M, Kanizian CH (2010) Road network optimization using heuristic and linear programming. *Journal of Forest Science* 56(3):137–145
- Global forest resources assessment (2015) how are the world's forest changing? 2nd ed. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: pp 241
- Caliskan E (2013) Planning of forest road network and analysis in mountainous area. *Life Science Journal* 10(2):456–2465
- Danilović M, Ljubojević D (2013) Otvornje šuma sekundarnom mrežom šumskih puteva. *Glasnik Šumarkog fakulteta* 108:25–38
- Dykstra DP, Heinrich R (1996) FAO model code of forest harvesting practice. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp 75
- Enache A, Stampfer K, Ciobanu V, Brânzea O, Duță C (2011) Forest road network planning with state of the art tools in a private forest district from lower Austria. *Bulletin of the transilvania University of Braşov series II, Wood industry, agricultural food engineering* 4(53):33–40
- Јединствене норме за извођење радова у шумарству (2002) Соколац, Јавно предузеће шумарства Шуме Републике Српске, стр 54

- Jeličić V (1977) Otvaranje sječina sekundarnom mrežom šumskih puteva u šumama bukve, jele i smrče. Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu 21(1–2):65–97
- Jeličić V (1983) Otvaranje šuma primarnom i sekundarnom mrežom šumskih puteva. Mehanizacija Šumarstva 8(11–12):1–19
- Jourgholami M, Abdi E, Chung W (2013) Decision making in forest road planning considering both skidding and road costs: a case study in the Hyrcanian Forest in Iran. iForest: biogeosciences and forestry-technical report 6:59–64
- Kadović R, Aleksić P, Tomović Z, Medarević M, Orlović S (2008) Forest sector development in Serbia. Beograd, Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp 143
- Katastar saobraćajnica (2017) JPŠ Šume Republike Srpske, Sokolac, Banja Luka, str 6
- Krč J, Beguš J (2013) Planning of forest opening with forest roads. Croatian Journal of Forest Engineering 34(2):217–228
- Lotfalian M, Daliri HS, Hosseini SA, Kooch Y, Zadeh G (2012) Determination of most allowable slope of strip road for skidder Timberjack 450C. International Journal of Science and Nature 3(3):502–506
- Ljubojević D, Danilović M, Marčeta D, Petković V (2018) Winching distance in function of the optimization of skid network. SEEFOR 9(2):97–106
- Marčeta D, Petković V, Košir B (2014) Comparison of two skidding methods in beech forests in mountainous conditions. Nova Mehanizacija Šumarstva 35:51–62
- Mohammadi SK Hosseiny SA, Lotfalian M, Najafi A (2010) Planning road network in mountain forests using GIS and analytic hierarchical process (AHP). Caspian Journal of Environment Sciences 8(2):151–162
- Naghdi R, Limaei SM (2009) Optimal forest road density based on skidding and road construction costs in iranian caspian forests. Caspian Journal Environmental Science 7(2):79–86
- Pellegrini M, Grigolato S, Cavalli R (2013) Spatial multi-criteria decision process to define maintenance priorities of forest road network: an application in the italian alpine region. Croatian Journal of Forest Engineering 34(1):31–42
- Pentek T, Pičman D, Potočnik I, Dvorščak P, Nevečerel H (2005) Analysis of an existing forest road network. Croatia Journal of Forest Engineering 26(1):39–50
- Pentek T, Nevečerel H, Pičman D, Prošinsky T (2007) Forest road network in the Republic of Croatia – Status and perspectives. Croatia Journal of Forest Engineering 2(1):93–106
- Pentek T, Nevečerel H, Prošinsky T, Pičman D, Lepoglavec K, Potočnik I (2008) Methodology for development of secondary forest traffic infrastructure cadastre. Croatian Journal of Forest Engineering 29(1):75–83
- Pentek T, Nevečerel H, Ećimović T, Lepoglavec K, Papa I, Tomašić Ž (2014) Strategijsko planiranje šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj raščlamba postojećega stanja kao podloga za buduće aktivnosti. Nova Mehanizacija Šumarstva 35(1):63–78

- Petković V, Marčeta D, Španjić S, Kosović M (2015) Određivanje srednje distance privlačenja primjenom GIS-a u nizijско-brdskim uslovima. Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci 23:5–14
- Petković V, Marčeta D, Potočnik I, Ljubojević D (2017a) Optimizacija izračunavanja faktora privlačenja drveta na području ŠG „Prijedor“ Prijedor. Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci 27:41–50
- Petković V, Marčeta D, Ljubojević D, Kuburić J (2017b) Determination of average skidding distance using GIS. Nova Mehanizacija Šumarstva 38:33–42
- Petković V, Potočnik I (2018) Planning Forest Road Network in Natural Forest Areas: a Case Study in Northern Bosnia and Herzegovina. Croatian Journal of Forest Engineering 39(1):45–56
- Petković V, Potočnik I, Marčeta D (2019) Planning of forest roads network: case study in the mountain natural forests area of Bosnia and Herzegovina. Exceeding the vision: forest mechanisation of the future. Proceedings of the 52nd International Symposium on Forestry Mechanization 6–9 October 2019, Sopron, Hungary/Forchtenstein, Austria, p 623
- Poršinsky T, Đuka A, Papa I, Bumber Z, Janeš D, Tomašić Ž, Pentek T (2017) Kriteriji određivanja gustoće primarne šumske prometne infrastrukture – primjeri najčešćih slučajeva. Šumarski list 11–12:593–608
- Potočnik I (2004) Šumske komunikacije. Šumarski fakultet u Banjoj Luci, Banja Luka
- Potočnik I, Ljubojević S, Petković V, Marčeta D (2009) Primjena savremenih principa projektovanja šumskih komunikacija. Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci 10:1–13
- Potočnik I, Petković V, Marčeta D, Ljubojević D (2013) Određivanje optimalne gustine šumskih puteva u Prosari. Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci 18:45–56
- Pravilnik o projektovanju šumskih kamionskih puteva (2002) Banja Luka, Javno Preduzeće Šumarstva Šume Republike Srpske, str 26
- Rebula E (1983) Optimalna gustoća traktorskih vlaka. Mehanizacija Šumarstva 8(3–4):317–321
- Статистички билтен шумарство Републике Српске (2017) Републички завод за статистику, Бања Лука, стр 74
- Стратегија развоја шумарства за период 2011–2021 (2011) Влада Републике Српске, Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, стр 73
- Стратешки план шумских путева у Републици Српској. Квалитативно-квантитативна анализа отворености шума Републике Српске за ГИС модел (2019) Шума план д.о.о. Бања Лука, Јавно предузеће шумарства „ШУМЕ Републике Српске“ а.д. Соколац, Истраживачко развојни и пројектни центар, Бања Лука, стр 951
- Saaty TL (1980) The analytic hierarchy process. New York, McGraw-Hill, pp 296
- Saaty TL (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. International journal services sciences (1):83–98

- Sokolović Dž, Lojo A, Bajrić M, Halilović V (2009) Uticajni faktori na izbor područja pogodnih za gradnju šumskih kamionskih. Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo (2):43–57
- Sokolović Dž, Bajrić M (2013) Šumska prometna infrastruktura u Federaciji Bosne i Hercegovine. Nova Mehanizacija Šumarstva 34:39–50
- Sokolović Dž, Pičman D, Lojo A, Gurda S, Bajrić M, Koljić H (2013) Određivanje optimalnog prostornog rasporeda mreže sekundarnih šumskih prometnica. Šumarski list 1–2:7–23
- Findeis V (2016) An Overview of Forest Management in Austria. Nova Mehanizacija Šumarstva 37:69–75
- Firouzan AH, Abed MH (2015) Forest road network planning accordance to single selection silviculture method and environmental considerations based on AHP method using GIS. In: Proceedings of the 48 th FORMEC Symposium 2015 October 4-8. Linz, Institute of forest engineering, University of Natural Resources and Life Sciences, pp 257–263
- Hashemkhani ZS, Rezaeiiniya N, Zavadskas KE, Turskis Z (2011) Forest roads locating based on AHP and Copras-g methods: an empirical study based on Iran. Ekonomie a management 4:6–21
- Hosseini SA, Mazrae MR, Lotfalian M, Parsakhoo A (2012) Designing an optimal forest road network by consideration of environmental impacts in GIS. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management 20(1):58–66

Planning of forest traffic infrastructure

Vladimir Petković

Summary

Planning of forest traffic infrastructure is the main task in the future because of overuse of timber in the areas that near forest roads. This process is the nessecary to prepare, support and lead by using contemporary information technology (IT). Quality of planning of forest traffic infrastructure requires analysis of larger number of criteria in order to support decision making and sustainability of the selected solutions. Forestry is the very interesting field study for using of Geographical information sysistem (GIS) because of diversity of terrain and stand conditions. GIS contains the tools for spatial and statistical analysis and its strength is in connecting different information into one whole and simple data processing. Data processing means analysis of current state of forest accessibility, planning and designing of new primary and secondary forest traffic infrastructure and analysis of achieved forest accessibility. Beside of utilization of timber, comperhansive planning of forest traffic infrastructure should be taken into account the interes of stakeholders from medicine, sport, turism, ecology and protection of cultural and historical heritage. Their needs and requirements are necessary to evaluate and used the results of questioning of stackeholders for final decision making. Optimal primary forest accessibility should be from 20 to 30 m/ha from the point of forest management intensity, terrain conditions etc. The optimal secondary forest accessibility could be considered excellent relative secondary forest accessibility what means 90% of compartment area is accessible for double winching distance arround secondary traffic infrastructure. These aimed forest accessiblities could be achived by designing of new primary and secondary forest traffic infrastructure in the field by contemporary tools based on ultrasonic and laser technology like Vertex Laser Geo and in office by softwares for forest road designing like RoadEng. At the end it is necessary to take into account economic analysis of planning and designing of forest traffic infrastructures.

Keywords: Forest accessibility, Geographical Information System, Global Positionioing System, multicriteria analysis