

ODREĐIVANJE SREDNJE UDALJENOSTI PRIVLAČENJA TEŽIŠNIM METODAMA PRIMJENOM OSOBNOG RAČUNALA

CALCULATING THE AVERAGE DISTANCE OF GRAVITATIONAL ATTRACTION WITH GRAVITY METHODS USING PERSONAL COMPUTERS

Dragutin PIČMAN* & mr. sc. Tibor PENTEK**

SAŽETAK: Veličina srednje udaljenosti privlačenja je najbolji pokazatelj uspješno položene mreže šumskih cesta. Šumske ceste koje su položene na taj način da značajno smanjuju srednju udaljenost privlačenja su učinkovite šumske ceste. Srednja udaljenost privlačenja može biti geometrijska i stvarna, odnosno sadašnja, minimalna potrebna i optimalna za određeno područje. Određivanje srednje udaljenosti privlačenja je vrlo važno pri racionalnom gospodarenju šumom. Metode koje se pri tome rabe su raznolike, a jedna od najsuvremenijih metoda je težišna metoda, koja u kombinaciji s digitaliziranim šumsko-gospodarskim kartama i pogodnom programskom podrškom daje vrlo precizne rezultate u razmjerno kratkom vremenu. Kolika je točnost težišne metode glede različitih utjecajnih čimbenika, kada se i kako ona može primijeniti, postoje li djelotvornije alternativne metode, samo su neka od pitanja na koja ovaj rad daje odgovore.

Glavne riječi: srednja geometrijska udaljenost privlačenja, srednja stvarna udaljenost privlačenja, težište, težišna metoda, čimbenik vertikalne korekcije terena, čimbenik horizontalnog zaobilaženja.

1. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA - Problems of research

Srednja udaljenost privlačenja vrlo je značajan utjecajni čimbenik pri ekonomici otvaranja šuma, odnosno kod određivanja optimalne količine šumskih prometnica. Ako se pretpostavi da je drvena masa jednoliko raspoređena na horizontalnoj površini (F), te da se izvlačenje te mase obavlja u smjerovima prema liniji prijevoza (šumska cesta), možemo govoriti o dvije vrste izvlačenja drva:

- centralno izvlačenje
- paralelno izvlačenje

Teoretski pod centralnim izvlačenjem smatra se pomicanje drva od svake točke u plohi šumske površine (F) prema jednom središtu (O), a kod paralelnog izvlačenja se to pomicanje obavlja po najkraćim pravcima okomitim na liniju prijevoza.

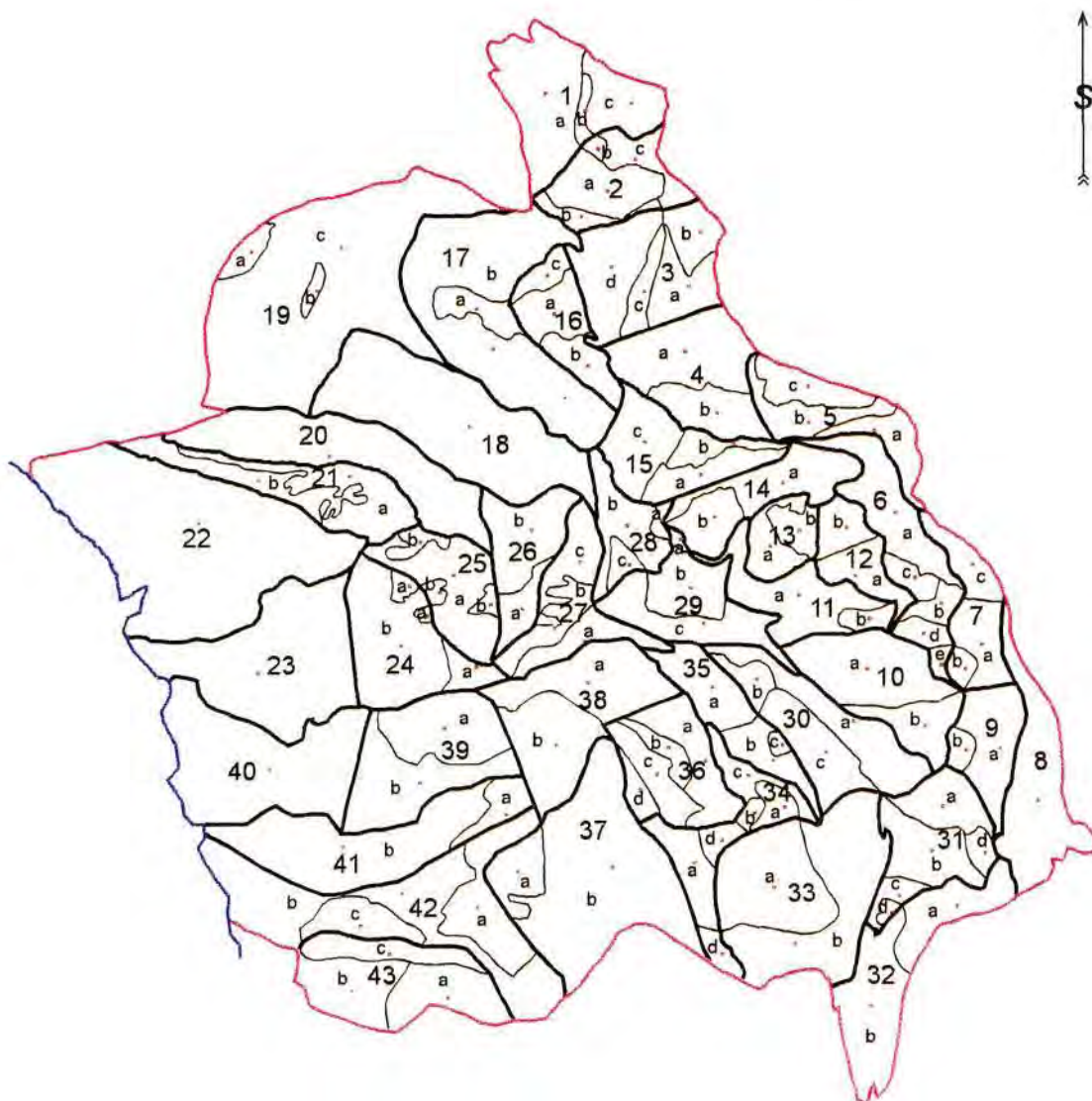
Srednja udaljenost paralelnog izvlačenja određuje se primjenom metode težišta površina, dok se kod centralnog privlačenja koristi površinski moment prvoga reda.

Potreba i mogućnost paralelnog izvlačenja u današnje je vrijeme učestalija od centralnog izvlačenja, tako da ćemo se i mi u ovome radu baviti paralelnim privlačenjem.

Određivanje težišta odjela u svrhu iznalaženja srednje udaljenosti privlačenja klasičnim načinom, na nepravilnoj površini odjela/odsjeka polože se tri dijagonale, u njihovom sjecištu leži težište nepravilne površine, ne daje dovoljno dobre rezultate. Kako bi povećali točnost određivanja težišta nepravilnih površina odjela/odsjeka Pičman i Tomaz (1995) koriste osobno računalo. Na osnovi digitaliziranih šumsko-gospodarskih karata izrađen je digitalni model terena (DTM), te je određeno težište nepravilnih površina. Brajković (1996) koristi osobno računalo i DTM, za određivanje težišta odjela/odsjeka u nizinskim šumama spačvanškog bazena.

*Doc. dr. sc. Dragutin Pičman, Šumarski fakultet Zagreb

**Mr. sc. Tibor Pentek, Šumarski fakultet Zagreb



LEGENDA:

- Granica gospodarske jedinice
- Obala
- Granica odjela
- Granica odsjeka
- Težište odsjeka
- 12 Oznaka odjela
- a Oznaka odsjeka

Slika 1: Određivanje težišta odsjeka na digitaliziranoj šumsko-gospodarskoj karti, M 1:50 000

Figure 1: Determining the gravity center of a subcompartment on a digitized forest map, M 1:50 000

Uporaba osobnog računala i odgovarajućih programskih paketa za obradbu digitaliziranih karata i izradbu DTM-a sa svrhom određivanja točnog težišta odjela/odsjeka i konačno srednje udaljenosti privlačenja, nailazi na odobravanje sve većeg broja šumarskih

stručnjaka praktičara. Pri ovoj metodi posebnu pozornost treba obratiti na položaj težišta nepravilne površine odjela/odsjeka prema šumskim cestama u odnosu na koje se srednja udaljenost privlačenja računa.

2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA – The results of research

2.1. Određivanje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja –
Determining the average geometrical distance of attraction

Primijenjena je jedna teoretska površina odjela pravilnog oblika i više položajnih inačica šumskih cesta. Izračunate su srednje udaljenosti privlačenja za svaku inačicu šumske ceste i za više inačica manjih površina na koje je osnovna površina odjela razdijeljena. Upotri-

jebljena je i tzv. modificirana težišna metoda kod koje se površina odjela/odsjeka dijeli na veći broj jednakih površina određenih, odabranih dimenzija (osim rubnih površina koje su različitih dimenzija) pa je i za te inačice izračunata srednja udaljenost privlačenja.

Tablica 1: Izračun srednje geometrijske udaljenosti privlačenja za različite položajne inačice šumske ceste standardnom težišnom, modificiranom težišnom i parcijalnom težišnom metodom

Table 1: The calculation of the average geometric distance of attraction for various position variations of a forest road with a standard gravity centered, modified gravity centered and a partial gravity centered method.

Udaljenost ceste od granice odjela Distance from the forest road to the subcompar.	Izračunate srednje udaljenosti privlačenja za: The calculated average distance of attraction for:						Parcijalna težišna metoda Partial gravity centered method
	1 Težište 1 Center	2 Težišta 2 Centers	4 Težišta 4 Centers	25 Težišta 25 Centers	100 Težišta 100 Centers	400 Težišta 400 Centers	
500	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	/
400	900	900	900	900	900	900	/
300	800	800	800	800	800	800	/
200	700	700	700	700	700	700	/
100	600	600	600	600	600	600	/
0	500	500	500	500	500	500	/
-25	475	475	475	475	475	475	475,625
-50	450	450	450	450	450	452,50	452,50
-75	425	425	425	425	425	430	430,625
-100	400	400	400	400	410	410	410
-125	375	375	375	385	390	390	390,625
-150	350	350	350	370	370	372,50	372,50
-175	325	325	325	355	355	355	355,625
-200	300	300	300	340	340	340	344
-225	275	275	275	325	325	325	325,625
-250	250	250	250	310	310	312,50	312,50
-275	225	250	250	295	300	300	300,625
-300	200	250	250	280	290	290	290
-325	175	250	250	275	280	280	280,625
-350	150	250	250	270	270	272,50	272,50
-375	125	250	250	265	265	265	265,625
-400	100	250	250	260	260	260	260
-425	75	250	250	255	255	255	255,625
-450	50	250	250	250	250	252,50	252,50
-475	25	250	250	245	250	250	250,625

Izračun je napravljen na način da je izračunata srednja geometrijska udaljenost svakog težišta u pojedinoj metodi, a konačna vrijednost za svaku metodu i položajnu inačicu dobivena je kao aritmetička sredina pojedinih vrijednosti.

Uzmemo li da su rezultati izračuna srednje geometrijske udaljenosti privlačenja točni za modificiranu težišnu metodu s najvećim brojem težišta (to nam najbolje predstavlja situaciju na terenu gdje bi trebalo izračunati srednju udaljenost svakog pojedinog stabla), vidi-



LEGENDA:

- Granica gospodarske jedinice
- Obala
- Granica odjela
- Granica odsjeka
- ⋯ Ceste (javne i šumske)
- Srednja geometrijska udaljenost odsjeka
- 12 Oznaka odjela
- a Oznaka odsjeka

Slika 2: Srednje geometrijske udaljenosti odsjeka, M 1:50 000

Figure 2: The average geometrical distance of subcompartment, M 1:50 000

mo da su nam greške koje dobijemo uporabom standardne težišne metode veće što nam je cesta bliže težištu odjela. Štoviše, u slučaju kada nam cesta prolazi težištem odjela, srednja udaljenost privlačenja poprima vrijednost nula, koja je apsolutno netočna i nelogična. Uporabom standardne težišne metode dobiju se zadovoljavajući rezultati u slučajevima kada se šumska cesta nalazi izvan odjela, kada prolazi njegovom granicom, odnosno kada je udaljena od težišta odjela minimalno 350 m. U ostalim slučajevima nije preporučljivo rabiti standardnu težišnu metodu.

Modificirana metoda s dva i četiri težišta kod kojih je veličina mreže kvadrata 500 x 1000 m, odnosno 500 x 500 m, daje zadovoljavajuće rezultate u onim položajnim inačicama šumske ceste kada ona ne prolazi na udaljenosti manjoj od 350 metara od bilo kojeg težišta.

Modificirana težišna metoda kod koje je veličina osnovnih površina 200 x 200 m (25 težišta) pokazala se kao dovoljno točna, osim u inačicama kada šumska cesta prolazi redom kroz 5 težišta osnovnih površina. Tada su odstupanja od "točne srednje geometrijske udaljenosti privlačenja" iznosila 10 metara.

Modificirana težišna metoda kod koje je određeno 100 težišta osnovnih površina dimenzija 100 x 100 m, u svim je inačicama dala rezultate kakvoće. Najveća je greška iznosila -2,5 m.

Parcijalna težišna metoda koja se temelji na podjeli površine odjela na dvije ili više osnovnih površina ra-

zličityh dimenzija, a koje nastaju presijecanjem odjela šumskom cestom, dala je rezultate s minimalnim odstupanjima od +0,625 m.

Iz navedenoga slijedi da je težišna metoda određivanja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja vrlo učinkovita, no mora se voditi računa o položaju šumskih cesta u odnosu na površinu za koju se izračun radi. Mogućnost pogreške je veća ako šumska cesta prolazi bliže težištu površine te u takvim slučajevima treba rabiti modificiranu težišnu metodu. Veličina osnovnih površina o kojima ovisi broj težišta obrnuto je proporcionalna jednolikosti terenskih i sastojinskih uvjeta. Uopćeno govoreći, veličina osnovnih površina od 100 x 100 m daje dovoljno dobre rezultate koji se radi potpune sigurnosti na jednome djelu površine mogu prekontrolirati gustom mrežom osnovnih površina. Parcijalna težišna metoda daje dobre i brze rezultate u pogledu određivanja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja, međutim ona nosi veliku količinu rizika pri određivanju srednje stvarne udaljenosti privlačenja u prigorsko-brdskim, planinskim i krškim područjima, gdje vrijednost čimbenika vertikalne korekcije terena ima značajan upliv, odnosno u nizinskim područjima nejednolikog mikroreljefa i površinskih prepreka. Parcijalnu težišnu metodu valja uporabiti s dosta opreza.

Standardna težišna metoda uporabljena je u istraživanju gospodarskoj jedinici, način određivanja srednjih geometrijskih udaljenosti odsjeka prikazan je na slici 2, a rezultati su dani u tablici 2.

Tablica 2: Srednje geometrijske udaljenosti odsjeka određene pomoću osobnog računala

Table 2: The average geometrical distance of subcompartment determined by personal computer

Odj/Ods Comp./Subcomp.	Površina ukupna Total area ha	Sr. geo. udalj pristupa. The average geometrical distance of subcomp. m	Odj/Ods Comp./Subcomp.	Površina ukupna Total area ha	Sr. geo. udalj pristupa. The average geometrical distance of subcomp. m
1a	45.38	181.65	4b	20.34	135.50
1b	3.37	280.60	5a	14.52	34.18
1c	20.97	126.74	5b	16.57	112.78
2a	22.70	231.34	5c	15.44	105.43
2b	8.58	280.86	6a	33.16	125.94
2c	13.15	362.21	6b	6.42	137.30
3a	17.96	15.89	6c	6.52	89.44
3b	12.61	115.85	6d	5.98	174.06
3c	8.71	18.11	6e	2.94	54.58
3d	32.25	227.05	7a	16.91	102.76
4a	40.89	78.32	7b	3.97	131.04

Odj/Ods Comp./Subcomp.	Površina ukupna Total area ha	Sr. geo. udalj pristupa. The average geometrical distance of subcomp. m	Odj/Ods Comp./Subcomp.	Površina ukupna Total area ha	Sr. geo. udalj pristupa. The average geometrical distance of subcomp. m
7c	12.77	36.01	28c	4.61	166.93
8	51.67	196.12	29a	1.26	43.29
9a	27.26	130.24	29b	20.11	198.74
9b	4.46	87.54	29c	28.00	139.30
10a	41.55	282.62	30a	32.82	463.04
10b	18.20	181.14	30b	7.27	193.51
11a	35.57	147.87	30c	25.70	326.50
11b	5.12	140.91	31a	18.43	199.72
12a	15.43	43.20	31b	23.71	254.64
12b	11.31	153.86	31c	5.70	128.13
13a	13.35	127.67	31d	6.30	106.21
13b	8.60	319.16	32a	22.88	99.32
14a	27.75	260.85	32b	38.87	193.20
14b	14.85	182.89	33a	45.83	372.03
15a	15.85	188.19	33b	62.69	185.86
15b	9.05	20.52	34a	22.95	108.76
15c	25.19	255.90	34b	2.51	122.19
16a	15.69	156.30	34c	11.26	377.11
16b	13.05	138.00	34d	10.23	68.96
16c	7.00	16.77	35a	21.88	278.66
17a	10.89	56.14	35b	14.38	426.28
17b	104.01	184.84	35c	1.83	508.05
18	101.97	311.43	36a	24.76	525.30
19a	6.37	204.84	36b	6.93	311.19
19b	2.76	290.97	36c	19.92	191.50
19c	161.35	30.40	36d	5.89	75.82
20	70.39	90.62	37a	15.21	197.79
21a	30.55	163.82	37b	101.48	341.73
21b	21.85	63.36	38a	39.55	467.97
22	160.99	200.24	38b	35.35	52.10
23	92.63	203.69	39a	33.20	331.74
24a	3.71	100.87	39b	38.84	712.24
24b	48.94	47.18	40	86.02	360.21
25a	33.98	225.95	41a	10.08	215.92
25b	9.19	237.00	41b	66.22	771.54
26a	10.29	133.11	42a	30.42	166.90
26b	28.70	168.56	42b	69.15	582.14
27a	14.97	228.59	42c	15.64	779.25
27b	13.56	110.21	43a	24.59	805.79
27c	16.67	155.29	43b	25.02	791.92
28a	2.33	35.00	43c	16.44	818.06
28b	22.01	169.98			

Srednja geometrijska udaljenost privlačenja izračunata kao aritmetička sredina srednjih geometrijskih uda-

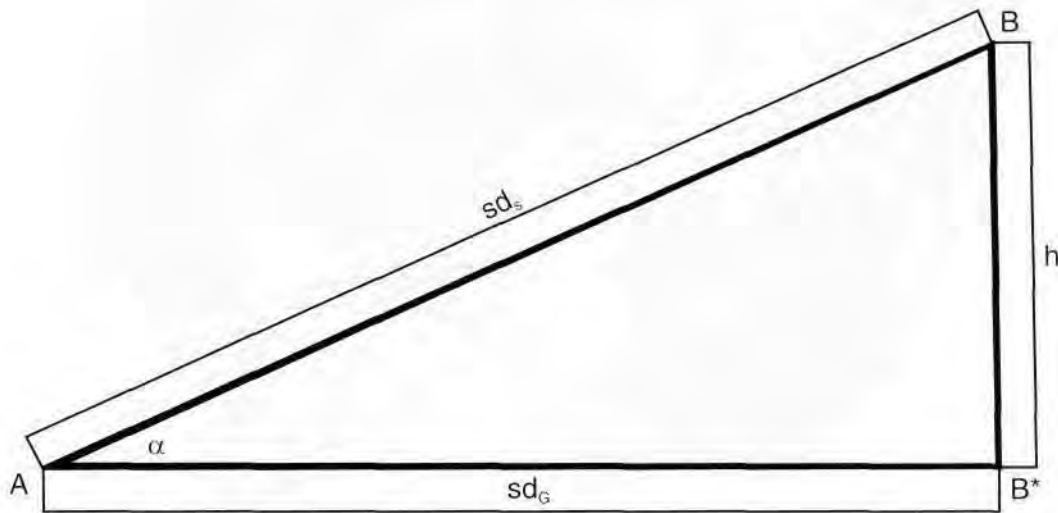
ljenosti odsjeka gdje su kao težine uzete površine odsjeka, (moguće je raditi i sa drvnom pričuvom) je **244,79 m**.

2.2. Određivanje čimbenika vertikalne korekcije terena i čimbenika horizontalnog zaobilazanja uporabom osobnog računala – *Determining the factors of a vertical correction of a terrain and factors for horizontal bypassing, using personal computers.*

2.2.1. Čimbenik vertikalne korekcije terena – *The factor of a vertical correction of a terrain*

Čimbenik vertikalne korekcije terena predstavlja korekciju srednje geometrijske udaljenosti privlačenja čimbenikom nagiba terena koji je ustvari kosinus kuta nagiba terena. Drugim rječima, taj će čimbenik biti veći

što je veći nagib terena područja za koje se obračun srednje stvarne udaljenosti privlačenja provodi. Način izračuna ovog čimbenika prikazan je na slici 3.



Slika 3: Shematski prikaz iznalaženja čimbenika vertikalne korekcije terena

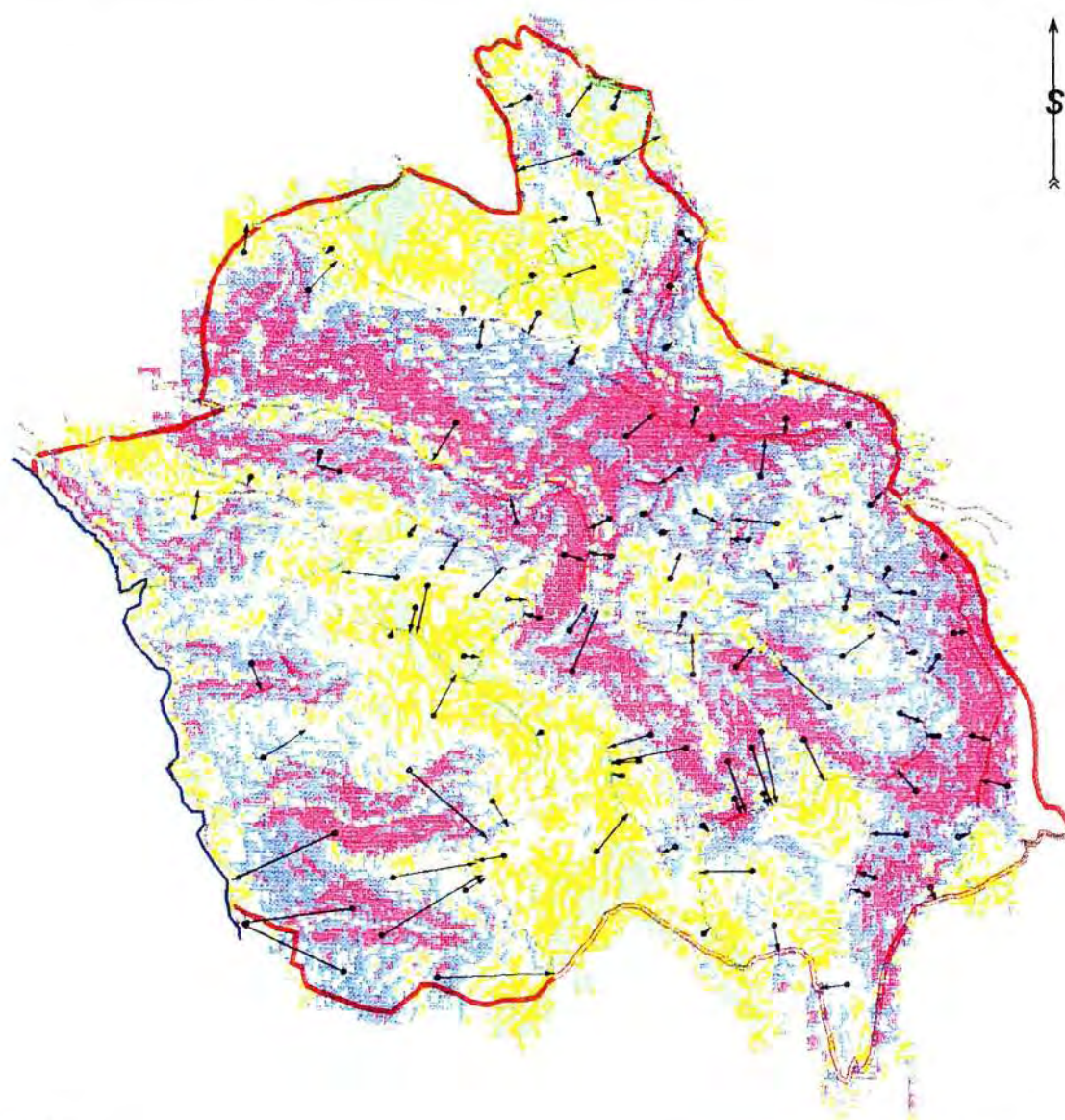
Figure 3: A chart showing how to find factors that influence on vertical terrain corrections

Tumač znakova:

- α – kut nagiba terena,
- A – ishodište srednje udaljenosti privlačenja,
- B* – završetak srednje geometrijske udaljenosti privlačenja (horizontalna projekcija točke B),
- B – završetak srednje stvarne udaljenosti privlačenja,
- sd_G – srednja geometrijska udaljenost privlačenja,
- sd_s – srednja stvarna udaljenost privlačenja,
- h – visinska razlika između kote terena točke A i kote terena točke B

Izvršen je obračun za stvarnu gospodarsku jedinicu, a kao podloga je korišten digitalni model terena i na

njemu položene srednje geometrijske udaljenosti privlačenja.



LEGENDA:

- Granica gospodarske jedinice
- Obala
- Ceste (javne i šumske)
- Srednja geometrijska udaljenost odsjeka

- Nagib terena 0° - 6°
- Nagib terena 6° - 11°
- Nagib terena 11° - 18°
- Nagib terena 18° - 27°
- Nagib terena preko 27°

Slika 4: Polaganje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja odsjeka preko DTM-a radi određivanja čimbenika vertikalne korekcije terena, M 1:50 000

Figure 4: Placing a middle geometrical distance of attracting a portion by using a DTM for determining factors of vertical terrain correction, M 1: 50 000

Svaka srednja geometrijska udaljenost privlačenja pojedinog odsjeka podijeljena je na četiri djela, očitano je nagib terena svakog segmenta s digitalnog modela terena, pronađena je aritmetička sredina nagiba terena i iz nje je izračunat kosinus kuta nagiba terena. čimbenik vertikalne korekcije terena izračunat je po formuli:

$$k_V = \frac{1}{\cos \alpha}$$

gdje je:

k_V - čimbenik vertikalne korekcije terena,
 $\cos \alpha$ - kosinus srednjeg nagiba terena.

Tablica 3: Očitani nagibi terena s DTM-a, izračunati srednji nagib te kosinus kuta nagiba terena

Table 3: Recorded terrain gradients with the use of a DTM, the calculated average terrain gradient and the cosine of the gradient angle of the terrain

Odj./ ods. Comp./ Subco.	Nagib 1 Grad. 1	Nagib 2 Grad. 2	Nagib 3 Grad. 3	Nagib 4 Grad. 4	Srednji nagib Average grad.	Kosinus nagiba terena Cosinus of the grad.
	o	o	o	o	o	
1a	11	16	13	29	17.25	0.95502
1b	11	11	4	3	7.25	0.99200
1c	4	2	2	3	2.75	0.99885
2a	14	12	13	15	13.50	0.97237
2b	12	18	14	17	15.25	0.96479
2c	21	14	5	8	12.00	0.97815
3a	15	15	31	28	22.25	0.92554
3b	17	20	21	14	18.00	0.95106
3c	18	22	-	-	20.00	0.93969
3d	8	6	9	7	7.50	0.99144
4a	21	15	17	22	18.75	0.94693
4b	30	36	36	30	33.00	0.83867
5a	22	26	19	17	21.00	0.93358
5b	37	26	43	49	38.75	0.77988
5c	11	14	11	7	10.75	0.98245
6a	29	28	28	8	23.25	0.91879
6b	12	23	19	18	18.00	0.95106
6c	18	19	20	20	19.25	0.94409
6d	23	25	18	23	22.25	0.92554
6e	19	16	19	16	17.50	0.95372
7a	32	34	30	27	30.75	0.85941
7b	23	26	19	32	25.00	0.90631
7c	42	42	55	46	46.25	0.69151
8	35	29	23	12	24.75	0.90814
9a	40	36	16	36	32.00	0.84805
9b	27	20	19	19	21.25	0.93201
10a	12	18	15	15	15.00	0.96593
10b	26	24	18	23	22.75	0.92220
11a	15	20	27	16	19.50	0.94264
11b	14	9	25	19	16.75	0.95757
12a	18	16	16	17	16.75	0.95757
12b	17	17	12	16	15.50	0.96363
13a	26	21	18	29	23.50	0.91706
13b	18	25	18	11	18.00	0.95106
14a	22	32	23	32	27.25	0.88902
14b	22	15	22	19	19.50	0.94264
15a	22	26	25	26	24.75	0.90814
15b	25	24	-	-	24.50	0.90996
15c	29	33	32	49	35.75	0.81157
16a	11	18	14	5	12.00	0.97815
16b	21	17	18	6	15.50	0.96363
16c	4	6	7	5	5.50	0.99540
17a	20	17	17	7	15.25	0.96479
17b	19	15	13	17	16.00	0.96126
18	7	38	29	34	27.00	0.89101
19a	5	10	11	5	7.75	0.99087
19b	12	20	12	6	12.50	0.97630
19c	5	5	10	7	6.75	0.99307
20	26	26	29	23	26.00	0.89879
21a	26	29	31	31	29.25	0.87250
21b	14	5	7	11	9.25	0.98700
22	18	7	6	12	10.75	0.98245
23	27	21	35	26	27.25	0.88902

Odj./ ods. Comp./ Subco.	Nagib 1 Grad. 1	Nagib 2 Grad. 2	Nagib 3 Grad. 3	Nagib 4 Grad. 4	Srednji nagib Average grad.	Kosinus nagiba terena Cosinus of the grad.
	o	o	o	o	o	
24a	9	12	9	9	9.75	0.98556
24b	8	7	4	5	6.00	0.99452
25a	10	19	21	14	16.00	0.96126
25b	7	11	13	14	11.25	0.98079
26a	10	17	11	28	16.50	0.95882
26b	23	19	25	28	23.75	0.91531
27a	23	24	22	14	20.75	0.93514
27b	29	31	33	29	30.50	0.86163
27c	45	38	25	24	33.00	0.83867
28a	25	21	19	19	21.00	0.93358
28b	14	34	23	20	22.75	0.92220
28c	20	29	28	9	21.50	0.93042
29a	18	25	24	22	22.25	0.92554
29b	10	10	14	15	12.25	0.97723
29c	25	17	21	23	21.50	0.93042
30a	11	17	6	14	12.00	0.97815
30b	29	32	27	6	23.50	0.91706
30c	32	21	9	9	17.75	0.95240
31a	32	21	25	28	26.50	0.89493
31b	23	24	23	22	23.00	0.92050
31c	26	28	27	30	27.75	0.88499
31d	15	16	7	12	12.50	0.97630
32a	19	10	15	12	14.00	0.97030
32b	17	14	15	12	14.50	0.96815
33a	100	14	17	11	35.50	0.81412
33b	14	12	13	15	13.50	0.97237
34a	11	11	17	16	13.75	0.97134
34b	31	25	25	27	27.00	0.89101
34c	31	23	31	16	25.25	0.90446
34d	12	14	17	14	14.25	0.96923
35a	20	13	18	16	16.75	0.95757
35b	17	10	8	11	11.50	0.97992
35c	10	13	19	10	13.00	0.97437
36a	4	4	29	26	15.75	0.96246
36b	8	25	24	22	19.75	0.94118
36c	8	9	8	11	9.00	0.98769
36d	5	7	6	5	5.75	0.99497
37a	15	6	12	12	11.25	0.98079
37b	9	10	10	17	11.50	0.97992
38a	31	27	30	4	23.00	0.92050
38b	7	9	10	11	9.25	0.98700
39a	9	7	11	4	7.75	0.99087
39b	5	24	26	13	17.00	0.95630
40	10	21	20	13	16.00	0.96126
41a	8	13	17	10	12.00	0.97815
41b	21	22	20	45	27.00	0.89101
42a	11	14	16	9	12.50	0.97630
42b	15	15	14	9	13.25	0.97338
42c	20	20	26	27	23.25	0.91879
43a	19	14	8	8	12.25	0.97723
43b	18	27	20	20	21.25	0.93201
43c	33	25	9	5	18.00	0.95106

Tablica 4: Srednji, maksimalni i minimalni nagibi terena pojedinog odsjeka te standardna devijacija

Table 4: The average, maximum and minimum gradient of a terrain of a particular subcompartment and the standard deviation

Odj./ Ods. Comp./ Subc.	Min. nagib Minim. grad. o	Maks. nagib Maxim. grad. o	Srednji nagib Average grad. o	Stand. devijac. Stand. deviati.
1 a	0	56	17.65	9.2136
1 b	0	23	11.11	5.3631
1 c	0	16	4.40	2.7667
2 a	1	37	12.74	6.3112
2 b	0	26	13.24	4.6753
2 c	0	47	14.41	8.9067
3 a	2	44	21.91	8.3373
3 b	3	52	19.44	8.6604
3 c	4	51	21.12	7.9562
3 d	0	20	8.97	5.0515
4 a	1	50	19.48	8.4499
4 b	3	54	31.07	7.3548
5 a	1	45	24.65	8.8682
5 b	2	56	29.64	10.1911
5 c	0	43	18.05	8.8304
6 a	3	38	21.07	6.8690
6 b	14	34	23.20	3.7330
6 c	13	33	21.27	3.5465
6 d	12	31	21.30	3.9979
6 e	12	26	19.07	3.3718
7 a	12	45	29.41	4.9845
7 b	18	38	27.05	4.4864
7 c	0	54	25.65	11.1987
8	0	45	21.05	8.7354
9 a	7	43	30.22	5.7401
9 b	9	33	20.45	4.5506
10 a	2	35	18.48	5.6949
10 b	6	42	19.39	4.8762
11 a	0	35	18.89	4.9417
11 b	0	25	16.26	4.8565
12 a	0	27	17.06	4.1866
12 b	2	28	16.14	4.2710
13 a	2	31	18.44	5.3462
13 b	0	26	14.15	5.8918
14 a	1	40	18.88	6.4151
14 b	2	30	18.20	4.5855
15 a	13	42	25.53	5.1709
15 b	20	40	29.82	4.4001
15 c	14	52	30.65	6.4522
16 a	0	19	8.35	4.2734
16 b	4	39	19.94	6.3805
16 c	0	14	7.19	3.0922
17 a	1	23	12.09	4.1226
17 b	0	46	15.17	9.0414
18	0	55	16.47	8.9348
19 a	1	29	11.24	6.3133
19 b	2	26	15.57	4.9848
19 c	0	53	17.54	10.0713
20	0	44	21.96	7.7282
21 a	0	43	18.37	9.0666
21 b	1	43	13.84	7.8052
22	0	42	16.28	7.1990
23	1	38	18.16	6.2960

Odj./ Ods. Comp./ Subc.	Min. nagib Minim. grad. o	Maks. nagib Maxim. grad. o	Srednji nagib Average grad. o	Stand. devijac. Stand. deviati.
24 a	0	22	7.18	4.9342
24 b	0	22	9.27	4.2704
25 a	0	28	12.33	5.8622
25 b	1	29	11.66	5.2988
26 a	1	37	13.22	7.2349
26 b	1	44	23.60	7.0543
27 a	1	34	19.68	7.0982
27 b	4	45	26.92	8.5599
27 c	3	53	32.33	10.1153
28 a	16	33	21.75	3.9299
28 b	1	48	21.85	9.1341
28 c	1	42	19.08	10.1713
29 a	14	26	20.22	3.4163
29 b	1	29	12.94	5.4828
29 c	2	46	17.21	6.9226
30 a	2	45	20.56	7.8549
30 b	8	39	27.09	5.3089
30 c	0	43	22.91	10.9644
31 a	9	41	27.86	5.1579
31 b	2	37	21.93	6.0278
31 c	18	35	27.59	3.4078
31 d	3	36	18.70	8.3745
32 a	1	51	18.62	9.9836
32 b	0	43	18.95	7.5389
33 a	0	41	14.97	5.6782
33 b	0	33	12.48	5.3329
34 a	1	33	14.94	6.0307
34 b	9	37	27.77	5.0860
34 c	1	36	19.34	8.4386
34 d	2	43	15.61	10.0375
35 a	1	41	19.80	7.3166
35 b	1	43	23.13	9.0242
35 c	2	21	13.13	5.0315
36 a	3	42	24.97	7.9543
36 b	12	39	27.60	4.9795
36 c	0	34	14.54	6.8551
36 d	2	22	9.27	3.1178
37 a	2	18	10.94	3.1123
37 b	0	24	8.24	4.1499
38 a	0	44	22.91	8.5151
38 b	0	32	9.12	4.1173
39 a	0	34	9.86	4.1660
39 b	0	39	19.12	7.8305
40	0	42	18.45	6.1638
41 a	0	35	13.76	6.2099
41 b	1	47	23.01	8.3787
42 a	1	32	14.74	4.9144
42 b	1	40	17.19	6.8572
42 c	9	40	27.90	5.2313
43 a	2	34	15.61	5.7882
43 b	8	37	20.14	4.0315
43 c	9	42	25.91	6.2568

Uz opisanu metodu određivanja čimbenika vertikalne korekcije terena moguće je uporabiti nešto neprecizniju ali znatno bržu metodu **srednjeg nagiba terena**. Ona se bazira na određivanju distribucije kategorija nagiba terena na površini odsjeka (pomoću DTM-a), iznalaženja srednjeg nagiba terena, standardne devijacije,

maksimalnog i minimalnog nagiba te izračuna jedin-stvenog čimbenika vertikalne korekcije terena kojim se korigira geometrijska srednja udaljenost privlačenja odsjeka (moguća je i inačica srednjeg nagiba terena gospodarske jedinice za koju radimo obračun).

2.2.2. Čimbenik horizontalnog zaobilaženja – *The factor of horizontal bypassing*

Čimbenik horizontalnog zaobilaženja prepreka je čimbenik korekcije srednje geometrijske udaljenosti privlačenja radi horizontalnih prepreka (drveća, pomladka, bara, vodotoka, stijena, itd.). Izravno je ovisan o izgledu reljefa, hidrografiji, sastojinskim uvjetima, tehnologiji rada i tehničkim karakteristikama upora-bljenih strojeva.

Čimbenik horizontalnog zaobilaženja može se odre-diti na digitaliziranoj šumsko-gospodarskoj karti, ukoliko su postupkom digitalizacije unešena u računalo po-jedina stabla sa svojim promjerom, površinske zapreke s dimenzijama i oblikom, te približna veličina i oblik površina pod pomladkom. Postoje također dva načina određivanja ovog čimbenika:

- za svaku srednju geometrijsku udaljenost privla-čenja pojedinog odsjeka
- iznalaženje jedinstvene vrijednosti za čitavo šumsko područje za koje se obračun radi

Prema podacima dostupnim iz radova o srednjoj u-daljenosti privlačenja na području Hrvatske, ukupni ko-

rekcijski čimbenik k_U , za brdsko područje iznosi 1,28, a za planinu 1,40. Zbog nedostupnosti potrebitih podata-ka za stvaran izračun čimbenika horizontalnog zaobila-ženja primjenom osobnog računala i izrađenog DTM-a, on je izračunat tako da je za vrijednost ukupnog korek-cijskog čimbenika uzeto 1,28, a kako je čimbenik ver-tikalne korekcije terena izračunat za čitavu gospodarsku jedinicu i iznosi 1,05 (srednji nagib terena je 18 0) čim-benik horizontalnog zaobilaženja iznosi 1,23.

Uporabljena je osnovna formula:

$$k_U = k_V + k_H$$

gdje je:

k_V - čimbenik vertikalne korekcije terena,

k_H - čimbenik horizontalnog zaobilaženja,

k_U - čimbenik ukupne korekcije srednje geometrij-ske udaljenosti privlačenja.

2.3. Izračun srednje stvarne udaljenosti privlačenja

Calculating the average actual distance of attraction

Koristeći se čimbenikom ukupne korekcije srednje geometrijske udaljenosti privlačenja možemo odrediti srednju stvarnu udaljenost privlačenja i to na dva načina:

- da srednju geometrijsku udaljenost privlačenja svakog odsjeka pomnožimo s pripadajućim čim-benikom ukupne korekcije i na kraju izračunamo srednju vrijednost

- tako da aritmetičku srednju geometrijsku udalje-nost privlačenja pomnožimo s jedinstvenim čim-benikom ukupne korekcije za čitavo područje

Računajući na drugi način, srednja stvarna udalje-nost privlačenja naše gospodarske jedinice je **342,71 m**.

2.3.1. Izračun srednje stvarne udaljenosti privlačenja za različita reljefna područja

Calculating the average actual distance of attraction for areas of different reliefs

Gledajući općenito postoje tri osnovne inačice odre-đivanja srednje stvarne udaljenosti privlačenja, sa sta-jališta reljefa, a svaka nosi specifična obilježja. To je određivanje srednje stvarne udaljenosti privlačenja u:

- nizinskom području
- brdskom i planinskom području
- krškom području

Izračun srednje stvarne udaljenosti privlačenja u nizinskom području - *Calculating the middle actual distance of attraction in lowlands*

Odjeli su pravilnog geometrijskog oblika, a šumske ceste prolaze granicama odjela, odnosno šumskim pro-sjekama između odjela. Kako se ceste nalaze na rubu šumske površine za koju se određuje srednja udaljenost

privlačenja, uz približno jednolike terenske uvjete, poželjno je uporabiti standardnu težišnu metodu. Najčešće je srednju geometrijsku udaljenost privlačenja nužno korigirati samo čimbenikom horizontalnog zaobilaženja.

Izračun srednje stvarne udaljenosti privlačenja u brdu i planini - *Calculating the middle actual distance of attraction on hills and mountains*

To je područje vrlo razigranog reljefa gdje se šumske ceste ne nalaze na približno jednakom razmaku, već im je položaj značajno uvjetovan makro i mikro reljefom. Srednju geometrijsku udaljenost privlačenja potrebno je korigirati s čimbenikom vertikalne korekcije terena i s čimbenikom horizontalnog zaobilaženja. Čimbenik vertikalne korekcije terena dovoljno se točno može utvrditi iz prosječnog nagiba terena čitave površine.

Glede položaja šumskih cesta prema pojedinom odjelu/odsjeku, treba naglasiti ove slučajeve određivanja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja:

- ⇒ šumska cesta ide izvan odjela/odsjeka, ali većim dijelom paralelno prati granicu odjela/odsjeka ili prolazi samom granicom - treba upotrijebiti standardnu težišnu metodu jer su rezultati točni, i nepotrebno je gubiti vrijeme na modificiranu težišnu metodu
- ⇒ cesta okružuje odjel/odsjek - preporuča se rabiti standardnu težišnu metodu, budući se položaj šumskih cesta približava onome u nizin-

skim uvjetima, s tim da treba uzeti u obzir oba čimbenika korekcije srednje geometrijske udaljenosti privlačenja

- ⇒ cesta prolazi dijelom odjela/odsjeka i dijeli ga u više dijelova - preferirati uporabu parcijalne težišne metode, gdje za svaku različito veliku površinu treba odrediti položaj težišta, površinu, srednju geometrijsku udaljenost privlačenja i čimbenike korekcije
- ⇒ cesta se približava odjelu/odsjeku i zatim se opet od njega udaljuje - nužno je uporabiti modificiranu težišnu metodu
- ⇒ cesta je više-manje okomito postavljena u odnosu na granicu odjela/odsjeka - paralelno privlačenje svodi se na centralno privlačenje

Izračun srednje stvarne udaljenosti privlačenja na području krša - *Calculating the middle actual distance of attraction in karst area*

Što se tiče položaja šumskih cesta u odnosu na površine odjela/odsjeka, situacija je slična kao na području brda i planine. Izuzetak čini bogatstvo krških fenomena koji uzrokuju veliku raznolikost terenskih prilika na relativno malenom prostoru. To iziskuje još veću pozornost pri odabiru jedne od težišnih metoda koja ima dati najbolje rezultate. Preporuča se modificirana težišna metoda s veličinom osnovnih površina u suglasju sa raznolikošću utjecajnih čimbenika.

3. ZAKLJUČAK – Conclusion

Odabir određene težišne metode sa svrhom dobivanja srednje geometrijske i konačno srednje stvarne udaljenosti privlačenja, ovisi o sljedećim osnovnim čimbenicima:

- ⇒ položaju šumske ceste u odnosu na granicu površine za koju se obračun izvodi
- ⇒ kategoriji reljefa u kojem se obračunska jedinica nalazi
- ⇒ jednoličnosti sastojinskih, reljefnih i ostalih čimbenika na istraživanom području
- ⇒ uplivu čimbenika vertikalne korekcije terena i čimbenika horizontalnog zaobilaženja
- ⇒ postavljenim zahtjevima za točnost rezultata
- ⇒ raspoloživom vremenu za obradbu podataka

Standardna težišna metoda koja se provodi sa svrhom izračuna srednje stvarne udaljenosti privlačenja daje dobre rezultate ukoliko šumska cesta prolazi izvan granice odjela/odsjeka, granicom odjela/odsjeka, odnosno dovoljno je udaljena od težišta površine za koju se obračun radi (udaljenost šumske ceste ovisi o veličini površine odjela/odsjeka).

Ukoliko usporedba rezultata dobivenih standardnom težišnom metodom s modificiranom težišnom metodom (s velikim brojem težišta) na određenoj veličini uzorka ne daje dobre rezultate, nužno je primijeniti modificiranu težišnu metodu.

Parcijalna težišna metoda daje dobre vrijednosti srednje geometrijske udaljenosti privlačenja, no njena je uporaba upitna kada se određuje srednja stvarna udaljenost privlačenja u uvjetima nejednolikih utjecajnih čimbenika.

Postupak digitalizacije šumsko-gospodarskih karata te izradba digitalnog modela terena kao podloge za izračun čimbenika vertikalne korekcije terena, svakako je najjednostavnija, najtočnija, najbrža metoda, bilo da se računa čimbenik vertikalne korekcije pojedine srednje geometrijske udaljenosti odjela/odsjeka, bilo da se traži jedinstveni čimbenik vertikalne korekcije terena za čitavu površinu npr. gospodarske jedinice.

Digitalizirane šumsko-gospodarske karte također služe kao zahvalna podloga za određivanje čimbenika horizontalnog zaobilaženja.

Uporaba digitaliziranih šumsko-gospodarskih karata pri određivanju veličine srednje udaljenosti privlačenja (kod gospodarskih cesta), odnosno srednje udaljenosti pristupa površini (kod protupožarnih cesta) svakako će dobiti na značenju nakon kompjutorskog dizaj-

niranja sveobuhvatnih baza podataka vezanih uz gospodarske jedinice. Planiranje i projektiranje buduće mreže šumskih cesta na taj će način postati učinkovitije i točnije.

4. LITERATURA – References

- Arnautović, R., 1975: O određivanju srednje daljine privlačenja. Narodni šumar 4-6, Sarajevo, s. 137-139.
- Dietz, P., H. Löffler, & W. Knigge, 1994: Walderschließung, Eine Lehrbuch für Studium und Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebau. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, p. 1-196.
- Knežević, I., 1990: Utjecaj gospodarenja i vrste sjee na ekonomičan raspored šumskih prometnica u prebornim šumama. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, s. 1-119.
- Knežević, I., & S. Sever, 1992: Računalom podržano određivanje optimalne gustoće traktorskih vlaka pri stalnoj gustoći kamionskih cesta. Mehanizacija šumarstva 17, 3-4, Zagreb, s. 41-51.
- Kušan, V., 1994: Digitalni model reljefa i njegova primjena. Mehanizacija šumarstva 20, 2, Zagreb, s. 77-84.
- Lovrić, N., 1964: Određivanje srednje daljine prijenosa kod centralnog privlačenja pomoću težišta. šumarski list 11-12, Zagreb, s. 496-506.
- Pentek, T. 1998: Šumske protupožarne ceste kao posebna kategorija šumskih cesta i čimbenici koji utječu na njihov razmještaj u prostoru, Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, s. 1-119.
- Pičman, D., 1993: Utjecaj konfiguracije terena i hidrografskih prilika na ekonomsku opravdanost izgradnje optimalne mreže šumskih prometnica, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, s. 1-112.
- Pičman, D., i I. Tomaz, 1995: Određivanje težišta odjela primjenom osobnih računala u svrhu izračunavanja srednje udaljenosti privlačenja, Šumarski list 3, Zagreb, s. 91-103.
- Pičman, D. i T. Pentek, 1996: Čimbenici koji utječu na opravdanost izgradnje mreže šumskih prometnica, Zaštita šuma i pridobivanje drva (knjiga 2), Zagreb, s. 293-300.

SUMMARY: The size of the average distance of attraction is the best indicator of a successfully installed forest road network. Forest roads installed in such a way that they significantly reduce the average distance of attraction, are effective forest roads. The average distance of attraction can be geometric and real, that is immediate, the minimal and optimal required for a specific area. Calculating the average distance of attraction is very important for a rational management of the forest. Various methods are used, and one of the most modern methods is the gravity-centered method, which combined with digitized forest maps and adequate software support, gives very precise results in a relatively short period of time. The accuracy of the gravity centered method in regards to various influencing factors; when and how it can be used; are there any more efficacious alternative methods; are just some of the questions to which this paper gives answers.

Key words: the average geometrical attraction distance, the actual average distance of attraction, the center of gravity, the gravity centered method, factors to vertical terrain corrections, the factor for horizontal bypassing.