

Оригинални научни рад

УДК 551.501 (497.11)
Original scientific article**Милутин Тадић****СУНЦЕ НАД РУЖОМ КОМПАСА НА СРЕДЊОЈ ГЕОГРАФСКОЈ
ШИРИНИ СРБИЈЕ ($\varphi = 44^\circ$)**

Извод: У раду су одређени тренуци проласка сунца кроз изабране вертикале (над 16-делном ружом компаса), и висине сунца у тим тренуцима, на средњој географској ширини Србије ($\varphi = 44^\circ$). На крају су дате укупне и просечне годишње вредности за главне вертикале и румбове.

Кључне речи: привидна путања сунца, ружа компаса, Србија.

Abstract: The work contains calculation of moments of Sun's passing through chosen verticals (above the compass card of 16 parts), and of solar altitudes at that moments, on mid-latitude of Serbia ($\varphi = 44^\circ$). The work ends with total and average annual values of the main verticals and rhumbs.

Key words: apparent Sun orbit, compass card, Serbia.

Увод

Математичко-географски положај неког дела Земљине површине у потпуности је одређен тек када се заснива на целовитом поимању оријентације – као сналажења, не само у простору, него и у времену. Те две компоненте егзактне оријентације одувек су постојале (преплитале се) у географији. На пример, положај средишње тачке Србије можемо одредити са 44°N , 21°E , али исто тако са: најдужа обданица $15^{\text{h}} 26^{\text{m}}$, $1^{\text{h}} 24^{\text{m}}\text{E}$.

Када је у питању Србија, већ је објављен низ радова у којима је математичко-географски положај разматран у том смислу, уопште узето (Tadić, 1997.c), са становишта картографије (Тадић, 2000) или за потребе климатологије (Тадић, 1997.a). Као временске одреднице одређиване су дужине обданице и дужине сумрака и мрака – екстремне, просечне и укупне вредности. Недостаје анализа привидног кретња сунца у хоризонтској координатној мрежи над равни хоризонта. Овом приликом анализираћемо привидне путање сунца у односу на „главне” вертикале, тј. вертикале који пролазе кроз 16-делну ружу компаса.

Дефиниција и решење задатка

Задатак: Датог дана одреди тренутак по средњоевропском времену у коме сунце, у свом привидном дневном кретњу изнад равни хоризон-

Сунце над ружом компаса на средњој географској ширини Србије ($\varphi = 44^\circ$)

та задатог места, пресеца вертикал који пролази кроз задати румб руже компаса, као и висину сунца у том тренутку.

Задати елементи: *Географске координате места (φ, λ),
Датум, односно – деклинација сунца (δ) и јед-
начина времена (e),
Астрономски азимут (A).*

Одредити: *Часовни угао сунца (t),
Висину сунца (h).*

Рачунања ћемо извршити за средишњу тачку територије Србије ($\varphi = 44^\circ, \lambda = 21^\circ$) (Тадић, 1997.с). Вредности деклинације сунца и једначине времена преузећемо из ефемерида за 2008. годину, а астрономски азимут ћемо узимати са увећањем од 1/16 пуног круга, у распону чије су границе тачке изласка и заласка летњег солстицијума на $\varphi = 44^\circ$.

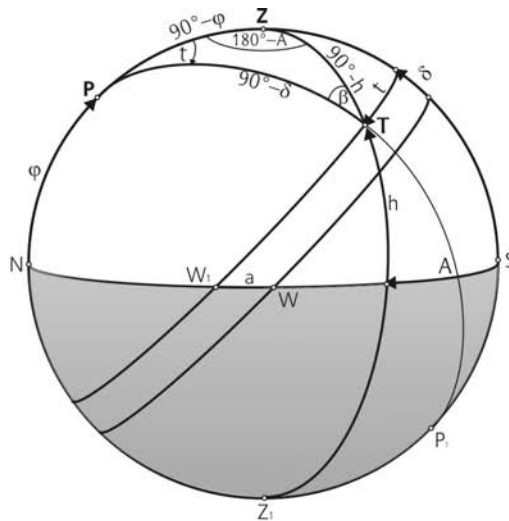
До резултата долазимо решавањем косоуглог сферног троугла TPZ на небеској сфери или одговарајућег сферног троугла TSP_N на Земљиној лопти (сл. 1) помоћу прве Неперове формуле (формула 1), с тим да се претходно синусном формулом (формула 2) израчуна вредност паралактичког угла β ; када је одређен часовни угао, висину сунца одређујемо помоћу познате формуле (формула 3).

Израчунавања су вршена за сваки дан у 2008. години за вертикале, редом: $A = -112^\circ 30'$ (исток–североисток, ENE), $A = -90^\circ$ (исток, E, први вертикал), $A = -67^\circ 30'$ (исток–југоисток, ESE), $A = -45^\circ$ (југоисток, NE), $A = -22^\circ 30'$ (југ–југоисток, SSE), $A = 0^\circ$ (југ, S, меридијан), $A = 22^\circ 30'$ (југ–југозапад, SSW), $A = 45^\circ$ (југозапад, SW), $A = 67^\circ 30'$ (запад–југозапад, WSW), $A = 90^\circ$ (запад, W, први вертикал), $A = 112^\circ 30'$ (запад–северозапад, WNW).

Резултати рачунања тренутака проласка сунца кроз задате вертикале сређени су за сваки 1., 11. и 21. дан у месецу, а резултати су из практичних разлога дати у децималном облику, са тачношћу од једне децимале. Комплетни резултати графички су приказани на дијаграму (сл. 2).

Резултати рачунања одговарајућих висина сунца сређени су и приказани у табели 2.

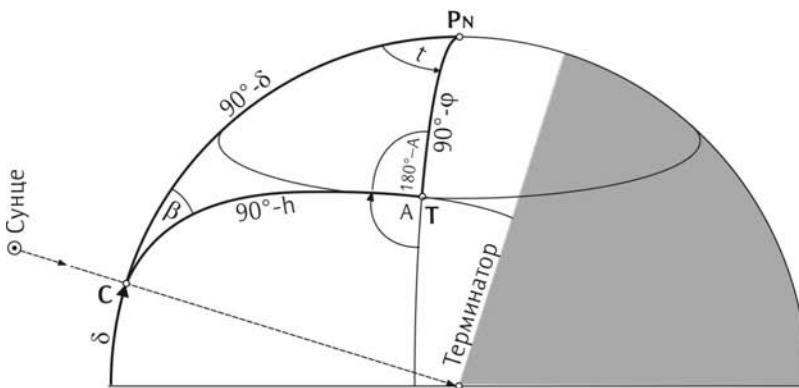
Sun above compass card on middle geographical latitude of Serbia ($\varphi = 44^\circ$)



$$\operatorname{tg} \frac{t}{2} = \frac{\cos \frac{\delta - \varphi}{2} \operatorname{tg} \frac{A - \beta}{2}}{\frac{\delta + \varphi}{2}} \dots \textcircled{1}$$

$$\sin \beta = \frac{\sin A \cos \varphi}{\cos \delta} \dots \textcircled{2}$$

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \dots \textcircled{3}$$



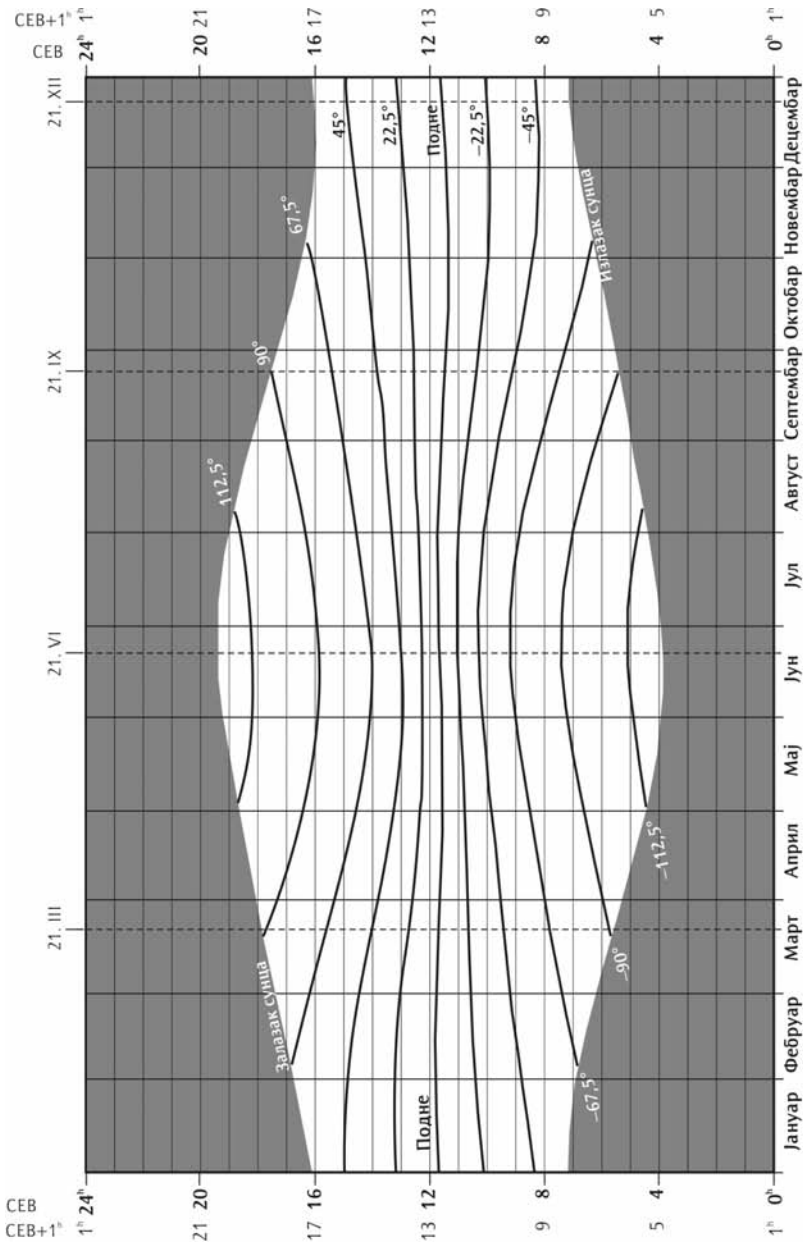
Слика 1. – Косоугли сферни троугао TPZ на небеској сфери и одговарајући косоугли сферни троугао TP_NC на Земљиној лoиџи

Сунце над ружом компаса на средњој географској ширини Србије ($\varphi = 44^\circ$)

Табела 1. – Тренуци проласка сунца по стандардном средњоевропском времену кроз вертикале руже компаса на $\varphi = 44^\circ$

Стране света		ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNZ
Месец	Дан											
Јануар	1				8,4	10,1	11,7	13,2	14,9			
	11				8,5	10,2	11,7	13,2	15,0			
	21				8,6	10,3	11,8	13,3	14,9			
Фебруар	1				8,8	10,4	11,8	13,2	14,8			
	11			7,0	8,9	10,5	11,8	13,2	14,7	16,6		
	21			7,2	9,1	10,6	11,8	13,1	14,6	16,4		
Март	1			7,4	9,2	10,6	11,8	13,0	14,4	16,2		
	11			7,6	9,3	10,6	11,8	12,9	14,2	15,9		
	21		5,8	7,8	9,4	10,7	11,7	12,8	14,0	15,6	17,7	
Април	1		6,0	8,0	9,5	10,7	11,7	12,6	13,8	15,3	17,3	
	11		6,2	8,2	9,6	10,7	11,6	12,5	13,6	15,1	17,0	
	21		6,4	8,4	9,7	10,7	11,6	12,4	13,4	14,8	16,7	
Мај	1		6,6	8,5	9,9	10,8	11,6	12,3	13,3	14,6	16,5	
	11	4,6	6,9	8,7	10,0	10,8	11,5	12,3	13,1	14,4	16,2	18,5
	21	4,8	7,0	8,9	10,1	10,9	11,5	12,2	13,0	14,2	16,0	18,3
Јун	1	4,9	7,2	9,0	10,2	10,9	11,6	12,2	13,0	14,1	15,9	18,2
	11	5,0	7,3	9,1	10,3	11,0	11,6	12,2	12,9	14,1	15,8	18,2
	21	5,1	7,4	9,2	10,3	11,0	11,6	12,2	13,0	14,1	15,9	18,2
Јул	1	5,1	7,4	9,2	10,3	11,1	11,7	12,3	13,0	14,1	15,9	18,2
	11	5,0	7,3	9,2	10,3	11,1	11,7	12,3	13,1	14,2	16,0	18,3
	21	4,9	7,2	9,0	10,2	11,0	11,7	12,4	13,2	14,4	16,2	18,5
Август	1	4,8	7,0	8,9	10,1	11,0	11,7	12,4	13,3	14,5	16,4	18,6
	11		6,8	8,7	10,0	10,9	11,7	12,5	13,4	14,7	16,6	
	21		6,5	8,4	9,8	10,8	11,7	12,5	13,5	14,9	16,8	
Септембар	1		6,2	8,1	9,6	10,7	11,6	12,5	13,6	15,1	17,0	
	11		5,8	7,9	9,4	10,6	11,5	12,5	13,7	15,2	17,2	
	21		5,5	7,6	9,2	10,4	11,5	12,5	13,8	15,4	17,4	
Октобар	1			7,3	9,0	10,3	11,4	12,6	13,9	15,6		
	11			7,0	8,8	10,2	11,4	12,6	14,0	15,8		
	21			6,7	8,6	10,1	11,3	12,6	14,1	15,9		
Новембар	1			6,5	8,4	10,0	11,3	12,7	14,2	16,2		
	11				8,3	9,9	11,3	12,8	14,4			
	21				8,2	9,9	11,4	12,8	14,5			
Децембар	1				8,2	9,9	11,4	12,9	14,7			
	11				8,2	10,0	11,5	13,0	14,8			
	21				8,3	10,0	11,6	13,1	14,9			

Sun above compass card on middle geographical latitude of Serbia($\varphi = 44^\circ$)



Слика 2. – Тренуци проласка сунца кроз вршикале руже копча на $\varphi = 44^\circ$

Сунце над ружом компаса на средњој географској ширини Србије ($\varphi = 44^\circ$)

Табела 2. – Висине сунца (у степенима) у тренуцима проласка кроз вертикале руже компаса на $\varphi = 44^\circ$

Стране света	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNZ	
Месец	Дан											
Јануар	1				9,2	19,7	23,0	10,1	9,2			
	11				10,6	20,9	24,1	10,2	10,6			
	21				12,8	22,9	26,0	10,3	12,8			
Фебруар	1				16,1	25,8	28,8	10,4	16,1			
	11			2,5	19,7	29,0	31,9	10,5	19,7	7,0		
	21			7,2	23,8	32,6	35,3	10,6	23,8	7,2		
Март	1			11,8	27,7	36,1	38,7	10,6	27,7	7,4		
	11			17,0	32,2	40,1	42,5	10,6	32,2	7,6		
	21		0,7	22,3	36,8	44,2	46,5	10,7	36,8	7,8	0,7	
Април	1		6,9	28,0	41,8	48,7	50,8	10,7	41,8	8,0	6,9	
	11		12,3	33,1	46,1	52,6	54,5	10,7	46,1	8,2	12,3	
	21		17,5	37,9	50,3	56,3	58,1	10,7	50,3	8,4	17,5	
Мај	1		22,3	42,2	54,0	59,6	61,3	10,8	54,0	8,5	22,3	
	11	2,9	26,5	46,1	57,3	62,5	64,0	10,8	57,3	8,7	26,5	2,9
	21	6,1	30,0	49,3	60,0	64,9	66,3	10,9	60,0	8,9	30,0	6,1
Јун	1	8,7	32,9	51,9	62,2	66,8	68,1	10,9	62,2	9,0	32,9	8,7
	11	10,1	34,4	53,3	63,4	67,8	69,1	11,0	63,4	9,1	34,4	10,1
	21	10,5	34,9	53,8	63,7	68,2	69,4	11,0	63,7	9,2	34,9	10,5
Јул	1	10,0	34,3	53,2	63,3	67,8	69,1	11,1	63,3	9,2	34,3	10,0
	11	8,5	32,7	51,7	62,0	66,7	68,0	11,1	62,0	9,2	32,7	8,5
	21	6,1	30,0	49,4	60,0	64,9	66,4	11,0	60,0	9,0	30,0	6,1
Август	1	2,6	26,2	45,9	57,1	62,3	63,9	11,0	57,1	8,9	26,2	2,6
	11		22,0	42,0	53,8	59,4	61,1	10,9	53,8	8,7	22,0	
	21		17,3	37,7	50,1	56,1	57,9	10,8	50,1	8,4	17,3	
Септембар	1		11,6	32,4	45,6	52,1	54,1	10,7	45,6	8,1	11,6	
	11		6,2	27,4	41,2	48,2	50,3	10,6	41,2	7,9	6,2	
	21		0,7	22,2	36,7	44,2	46,5	10,4	36,7	7,6	0,7	
Октобар	1			17,0	32,2	40,2	42,6	10,3	32,2	7,3		
	11			11,9	27,8	36,2	38,8	10,2	27,8	7,0		
	21			6,9	23,5	32,4	35,1	10,1	23,5	6,7		
Новембар	1			1,9	19,2	28,5	31,4	10,0	19,2	6,5		
	11				15,7	25,4	28,4	9,9	15,7			
	21				12,7	22,8	26,0	9,9	12,7			
Децембар	1				10,5	20,9	24,1	9,9	10,5			
	11				9,2	19,7	23,0	10,0	9,2			
	21				8,7	19,3	22,6	10,0	8,7			

Резултати

Након израчунавања извршеног за сваки дан можемо одредити границе и дужине годишњих периода током којих сунце пресеца изабране вертикале, часовне распоне у којима се то дешава у току дана, распоне у којима се у тим тренуцима мења висина сунца, и одговарајуће средње вредности (таб. 3).

Sun above compass card on middle geographical latitude of Serbia ($\varphi = 44^\circ$)

Табела 3. – Годишњи периоди током којих сунце пресеца вертикале руже компаса на $\varphi = 44^\circ$, часовни распони у којима се то дешава у току дана и распони у којима се у тим треницима мења висина сунца

	Годишњи период (број дана)		Дневни период (h : m) (просек)		Распон висина (просек)	
	од	до	од	до	од	до
ENE	4. V (95 дана)	7. VIII	4:29 (4:57)	5:06	0° (7°01')	10°33'
E	20. III (186 дана)	22. IX	5:29 (6:44)	7:25	0° (21°55')	34°56'
ESE	6. II (273 дана)	5. XI	6:24 (8:10)	9:13	0° (31°55')	53°47'
SE	Целе године		8:11 (9:17)	10:19	9°11' (36°36')	63°44'
SSE	Целе године		9:53 (10:32)	11:04	19°17' (44°05')	68°10'
S	Целе године		11:19 (11:36)	11:50	22°34' (46°20')	69°26'
SSW	Целе године		12:11 (12:40)	13:15	19°17' (44°05')	68°10'
SW	Целе године		12:56 (13:55)	14:58	9°11' (36°36')	63°44'
WSW	6. II (273 дана)	5. XI	14:03 (15:08)	16:45	0° (31°55')	53°47'
W	20. III (186 дана)	22. IX	15:50 (16:37)	17:43	0° (21°55')	34°56'
WNW	4. V (95 дана)	7. VIII	18:10 (18:33)	18:45	0° (7°01')	10°33'

Табела 4. – Укупно трајање периода током којих се сунце налази над одређеним секторима (румбовима) руже компаса на $\varphi = 44^\circ$

Румб	СЕБЕРО-ИСТОЧНИ	ИСТОЧНИ	ЈУГО-ИСТОЧНИ	ЈУЖНИ
Распон	ENE	ESE–ENE	ESE–SSE	SSE–SW
Сума (h)	78,01	778,69	989,84	778,55
Процент	1,745 %	17,41 %	22,14 %	17,41 %
Дана у години	95	273	365	365
Дневни просек (h)	0,82	2,85	2,70	2,13
Просечна висина		21°55'	36°36'	46°20'
Румб	СЕБЕРО-ЗАПАДНИ	ЗАПАДНИ	ЈУГО-ЗАПАДНИ	ЈУЖНИ
Распон	WNW	WSW–WNW	SSW–WSW	SSE–SSW
Сума (h)	78,01	778,69	989,84	778,55
Процент	1,745 %	17,41 %	22,14 %	17,41 %
Дана у години	95	273	365	365
Дневни просек (h)	0,82	2,85	2,70	2,13
Просечна висина		21°55'	36°36'	46°20'
Дани најближи просеку	1. април 9. септембар			

На крају остаје да одредимо колико времена (укупно и просечно) сунце проводи над одређеним секторима (румбовима) руже компаса (таб.

Сунце над ружом компаса на средњој географској ширини Србије ($\varphi = 44^\circ$)

4). Узевши поделу руже компаса на 16 делова, под јужним (румбом) подразумева се сектор (румб) ширине 45° , у распону од $A = -22^\circ 30'$ до $A = -22^\circ 30'$; под југоисточним румбом подразумева се сектор (румб) ширине 45° , у распону од $A = -67^\circ 30'$ до $A = -22^\circ 30'$ итд.

Резултати претходних израчунавања дају јасну и потпуну слику о привидном кретању сунца над хоризонтом средишње тачке Србије. На пример, на основу њих откривамо да сунце током године највише времена (по 990 часова или 22 % укупног времена) проведе над југоисточним и над југозападним румбом (просечно дневно 2,7 часова), и да са те стране сунчеви зраци падају под средњим углом $h = 36^\circ 36'$. Ти и други подаци неопходни су свима који се баве физичком географијом (посебно климатолозима и геоморфолозима), архитектуром и оријентацијом уопште.

Литература

- Tadić, M. (1997a). Determination of the Insolation Relative Duration The Example of Prizren. *Peć and Priština. Univ. Thought, Nat. Sci.*, 3 (2), 81–85.
- Тадић, М. (1997b). Геометрија дана на географској ширини $\varphi = 42^\circ 30'$. У Илић, Р. (Уред.), *Физичко-географски процеси на Косову и Метохији*, 2 (7–14). Приштина: ПМФ.
- Tadić, M. (1997c). Mathematical-geographical Position of SR Jugoslavia and Republika Srpska. *Univ. Thought, Nat. Sci.* 4 (2), 67-72.
- Тадић, М. (2000). Одређивање математичког хоризонта за задати конструкциони пол, *Глобус*, 27, 153–162.
- Тадић, М. (2004). *Математичка географија (увод у географију I)*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.
- Тадић, М. (2007). *Математичко-географски положај Црне Горе. Зборник радова*, 55, 55–64.

Milutin Tadić

SUN ABOVE COMPASS CARD ON MIDDLE GEOGRAPHICAL LATITUDE OF SERBIA ($\Phi=44^\circ$)

Summary

Mathematic-geographical position of certain place is completely defined only when geometry of the Sun is considered. Elements of the Sun geometry have already been calculated for Serbian territory, except the moments of Sun's passing through vertical compass cards. When we calculate those moments, solar altitudes in them and annual amounts and averages, we get clear and complete picture of apparent Sun's orbits above the horizon ($\varphi = 44^\circ$). For example, during the year Sun spends most of the time (990 hours or 22 %) above southeast and southwest rhumb (2.7 hours per day, in average), wherefrom sunrays fall in the angle $h = 36^\circ 36'$. Apparent Sun's orbits are the nearest to average annual values on April 1st and September 9th.