DESPRE PRECIZIA DETERMINĂRII PUNCTELOR CARDINALE CU METODA CEASULUI

Dan-George UZA*

Key words: Sun path, compass, cardinal points, orientation, orthographic projection, equation of time, solar noon

Există o metodă destul de cunoscută în rândul militarilor și cercetașilor pentru a găsi punctele cardinale cu ajutorul unui ceas analogic de mână. În lucrarea *"Topografie militară"* procedeul este descris astfel (Fig. 1): *"Pentru a ne orienta în teren cu ajutorul ceasului și Soarelui vom ține ceasul în fața noastră, în plan orizontal, rotindu-l astfel încât acul orar să fie îndreptat spre acel punct de pe linia orizontului în dreptul căruia se află Soarele. Bisectoarea unghiului format de acul orar și linia ce trece prin cifra 12 de pe cadran, considerând sensul de la centrul ceasului spre exterior, va arăta direcția spre sud. Aceasta rezultă din faptul că Soarele parcurge drumul său aparent în jurul Pamântului în decurs de 24 ore, iar acul care indică orele parcurge tot cadranul în 12 ore. În consecință, dacă îndreptăm acul orar al ceasului spre Soare la amiază, când arată ora 12, atunci el ne indică direcția spre sud. Cum acul are o mișcare de două ori mai repede decât Soarele, trebuie să considerăm numai jumătate din unghiul format pe cadran de acul orar și direcția spre cifra 12. Când acul orar este îndreptat spre Soare, bisectoarea unghiului arată direcția unde ar trebui să fie Soarele la amiază, adică direcția spre sud. Evident că înainte de amiază va trebui împărțit la doi unghiul de pe cadran pe care acul orar trebuie să-1 parcurgă până la ora 12, iar după-amiază, unghiul pe care l-a parcurs după ora 12."* Autorii volumului ne previn însă că *"primăvara și mai ales vara (în luna iunie) determinarea direcțiilor punctelor cardinale este mai puțin precisă, eroarea ajungând până la 25 de grade."*

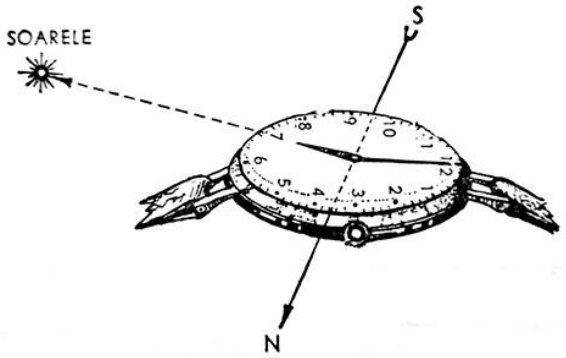

Figura nr. 1 – *Orientarea după Soare și ceas*

În lipsa busolei este bine să avem fie și o idee aproximativă despre unde se află sudul. Totuși, o eroare de 25 de grade, care se traduce printr-o abatere cu circa 500 de metri pentru fiecare kilometru parcurs, reprezintă o valoare mult prea mare pentru orice aplicație practică.

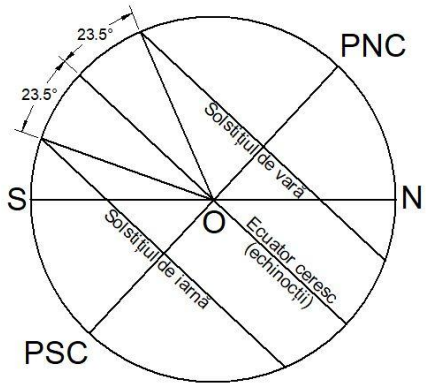

Figura nr. 2 – *Secțiune meridională prin sfera cerească*

Ce se întâmplă de fapt? Metoda este atât de imprecisă și dependentă de sezon pentru că se bazează pe două ipoteze false.

1) Soarele nu se deplasează uniform în planul orizontului

Prima ipoteză falsă pe care se bazează funcționarea metodei este aceea că proiecția Soarelui pe orizont se mișcă uniform din punctul cardinal est (ora 6 pe cadranul ceasului) spre punctul cardinal vest (ora 3) într-un interval de 6 ore. Deși Soarele evoluează pe arcul său diurn cu o rată medie de 15° oră pe oră (360° în 24h), mișcarea unghiulară uniformă devine neuniformă odată proiectată în planul orizontului la latitudinea noastră.

---

* Societatea Română pentru Astronomie Culturală, Cluj-Napoca.

https://biblioteca-digitala.ro

Să analizăm fenomenul din punct de vedere geometric. În **Fig. 2** am redat o secțiune meridională prin bolta cerească corespunzătoare unui observator O situat la latitudinea de 47° N (Cluj-Napoca). Soarele se mișcă într-un plan înclinat față de orizont, paralel cu ecuatorul, mai sus sau mai jos în funcție de data calendaristică. La solstițiul de vară, Soarele atinge altitudinea maximă de 90°-47°+23,5°=66,5°, iar la cel de iarnă 90°-47°-23,5°=19,5°. La echinocțiul de primăvară și toamnă, Soarele se ridică până la un maxim de 90°-47°+0°=43° deasupra punctului cardinal sud, aflându-se atunci în planul ecuatorului ceresc.

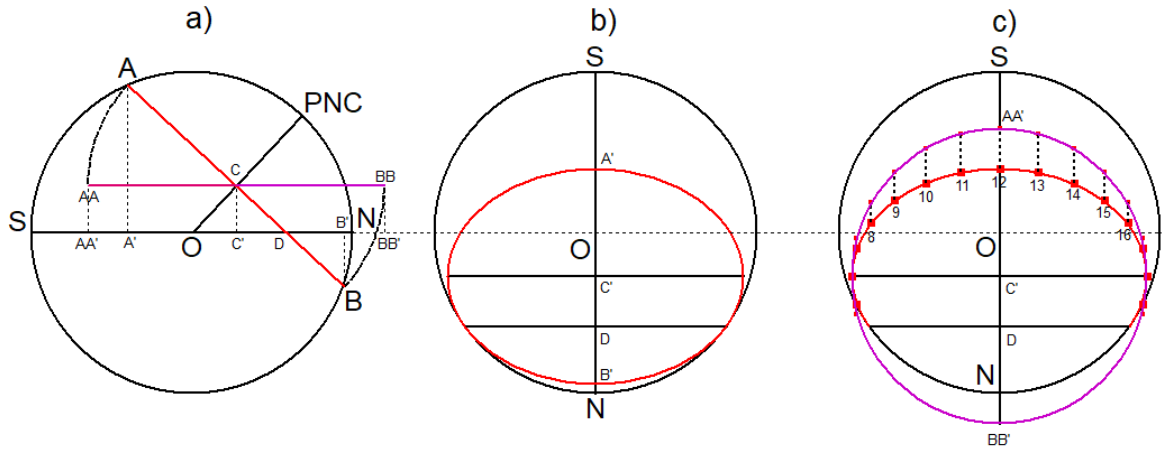

Figura nr. 3 – *Proiecția arcului diurn în planul orizontului*
a) Secțiune meridională
b) Secțiune orizontală cu desenarea elipsei diurne
c) Marcarea punctelor orare pe arcul diurn

În **Fig. 3a** am coborât arcul solar diurn al solstițiului de vară în planul orizontului (cadranul ceasului) efectuând ceea ce în limbaj de specialitate se numește o proiecție ortografică, sau, altfel spus, privind calea Soarelui dintr-un punct situat la o depărtare infinită deasupra capetelor noastre (punct numit zenit). Proiecția este o tehnică prin care putem reprezenta și studia în plan evoluțiile de pe bolta cerească tridimensională. Din punctul de intersecție C al arcului diurn de vară AB cu axa terestră O-PNC și cu cercul meridian S- PNC-N-B se coboară perpendiculare pe orizontul SN, găsindu-se centrul și lungimea axei mici pentru elipsa de proiecție în plan orizontal, pe care o marcăm în **Fig. 3b.** Axa mare a elipsei care trece prin C' va fi egală cu diametrul cercului diurn AB. Din această elipsă vom reține însă numai secțiunea aflată deasupra orizontului SN, corespunzătoare zilei-lumină. Aceasta va fi calea Soarelui adusă în plan. În continuare, se pune problema marcării orelor, adică a pozițiilor ocupate de Soare pe arcul diurn în cursul zilei. Știm că astrul parcurge întregul arc diurn în 24 de ore, cu ora 12 marcând locul culminației. Revenind în secțiunea meridională din **Fig. 3a**, ne imaginăm cercul diurn AB rabatat la orizontală (AA-BB) în jurul punctului de intersecție C cu axa terestră și proiectat pe orizont, coborând perpendiculare din punctele lui extreme (AA'-BB'). Cercul obținut în secțiune orizontală îl împărțim apoi în 24 de poziții aferente orelor, cu 12 în dreptul punctului sudic. Din aceste poziții vom coborî verticale spre elipsă, fixând, astfel, poziția Soarelui pe arcul diurn la orele corespunzătoare (**Fig. 3c**).

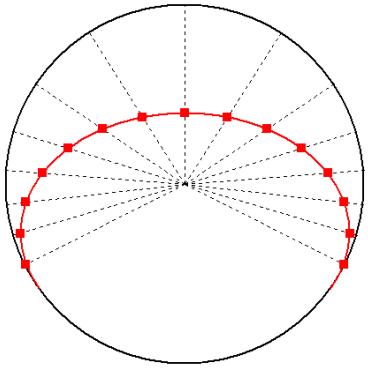

Figura nr. 4 – *Soarele parcurge azimuturi inegale în aceeași unitate de timp (o oră). Grafic pentru solstițiul de vară.*

Desenând drepte din centrul cercului prin punctele orare obținute **(Fig. 4),** se observă că sectoarele orare proiectate în planul orizontului sunt inegale, sau, cu alte cuvinte, azimutul Soarelui nu variază uniform în cursul zilei.

https://biblioteca-digitala.ro

Lăsăm cititorului plăcerea de a construi în plan, folosind aceeași tehnică, arcele diurne pentru echinocții și pentru solstițiul de iarnă. Variațiile orare de azimut vor fi mai mici decât cele înregistrate la solstițiul de vară.

2) Amiaza nu are loc (decât foarte rar) la ora 12

Soarele răsare zilnic dinspre est, câștigă treptat altitudine pe bolta cerească, deplasându-se spre sud, până la amiază, când are loc culminația solară superioară, după care descrește alunecând spre vest și apune dincolo de orizont. Această evoluție este oglindită de umbrele obiectelor terestre. Urmărind umbrele cele mai scurte sau momentul amiezii în decursul anului, vom descoperi că ele se produc la timpi ușor diferiți, în funcție de data calendaristică, însă aproape niciodată la ora 12 fix. Sunt trei cauze pentru asta:

a) Culminația solară superioară sau amiaza se produce mai repede în localitățile estice decât în cele vestice. Ceasurile noastre măsoară Ora Europei de Est (EET), iar aceasta se raportează la poziția medie a Soarelui, deasupra meridianului de 30° longitudine estică: va fi ora 12 atunci când Soarele culminează pe acest meridian de referință orară (în medie). Cu alte cuvinte, amiaza are loc la ora 12 doar în apropiere de Sulina, iar pentru celelalte localități avem un decalaj orar cu atât mai mare cu cât ne deplasăm spre vest: fiecărui grad de longitudine îi corespunde o întârziere de 4 minute. În cea mai vestică localitate a României (Beba Veche), amiaza are loc, în medie, abia la ora 12:40. În limbajul comun, amiaza a rămas asociată cu ora 12, probabil ca relicvă istorică: înainte de standardizarea orară, fiecare localitate își potrivea ceasurile după poziția locală a Soarelui.
b) În limbaj astronomic, cel de-al doilea factor pentru nepotrivirea amiezii cu ora 12 poartă numele de "ecuația timpului". Chiar și în lipsa factorului de longitudine, adică dacă ne-am afla pe meridianul de 30° est, amiaza tot ar varia în cursul anului cu circa +/- 16 minute în jurul orei 12. Aceasta se întâmplă datorită unor factori astronomici. La localitățile situate cu cel mult 4° în vestul meridianului orar de referință, se întâmplă ca ecuația timpului să producă, uneori, amiezi la ora 12 fix. La Ploiești, de pildă, în medie, amiaza are loc la ora 12:16 datorită factorului de longitudine, însă la sfârșitul lunii octombrie – ajutat de ecuația timpului – Soarele culminează deja la ora 12:00. În cazul metodei ceasului, ecuația timpului produce erori de direcție de maxim 4°.
c) Cel de-al treilea factor al nepotrivirii culminației solare se referă la ora de vară, acea convenție prin care ceasurile sunt date înainte cu 60 de minute primăvara. Când trecem la ora de vară[1], amiaza este împinsă pe ceas înainte cu o oră în mod artificial. Acest obicei complică și mai mult tabloul amiezilor din an. La Galați, de exemplu, trecerea la ora de vară împiedică culminația la ora 12, posibilă din punct de vedere al ecuației timpului la sfârșitul lunii septembrie. Pentru a preîntâmpina eroarea de direcție ocazionată de trecerea la ora de vară, înainte să folosim metoda ar trebui să mutăm ceasul înapoi cu o oră.

Luând în considerare toți acești factori, am fost curioși să aflăm în ce perioadă din an funcționează cel mai bine metoda ceasului pentru zona Cluj-Napoca (47°N 23°E). Astfel, am alcătuit un tabel centralizator al erorilor de direcție **(Fig. 5),** adică diferența dintre azimutul solar conform metodei și azimutul solar adevărat, calculat pentru diferite date calendaristice. Valorile au fost redate numai pentru orele în care Soarele se află deasupra orizontului. Toate unghiurile au fost rotunjite la întreg și toate orele sunt exprimate în Timp Legal Român. De altfel, pentru a nu complica inutil tabelul, convenim ca, în perioada trecerii la ora de vară, să mutăm ceasul înapoi cu o oră înainte să aplicăm metoda. O analiză succintă evidențiază faptul că erorile maxime apar în jurul solstițiului de vară, putând atinge atunci chiar și 35° în prima jumătate a zilei. Metoda se pretează cel mai bine a fi utilizată din a doua decadă a lunii octombrie până în a doua decadă a lunii noiembrie. Eroarea maximă de direcție este, în acest, caz 6-8°, iar cea medie de numai 3°.

---

[1] În România, ora de vară a fost introdusă pentru prima oară în 1932, dar folosirea ei a fost întreruptă aproape 40 de ani, între 1941 și 1979, fapt ce explică omiterea ei din unele surse biografice românești consultate.

https://biblioteca-digitala.ro

Ora (TLR)		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Eroare medie
Data calendaristica	1.1	-	-	-	-	2°	5°	7°	8°	8°	9°	10°	13°	-	-	-	8°
	11.1	-	-	-	-	4°	7°	8°	9°	9°	9°	11°	13°	17°	-	-	10°
	21.1	-	-	-	-	6°	8°	10°	10°	10°	10°	11°	13°	16°	-	-	10°
	1.2	-	-	-	4°	8°	10°	11°	11°	10°	10°	10°	12°	15°	-	-	10°
	11.2	-	-	-	6°	10°	12°	12°	12°	10°	9°	9°	10°	13°	-	-	10°
	21.2	-	-	-	8°	12°	13°	14°	12°	10°	8°	7°	8°	11°	15°	-	11°
	1.3	-	-	-	10°	13°	15°	14°	12°	9°	6°	5°	6°	9°	12°	-	10°
	11.3	-	-	8°	12°	15°	16°	15°	12°	8°	4°	3°	3°	6°	9°	-	9°
	21.3	-	-	11°	14°	17°	18°	16°	12°	7°	2°	0°	0°	3°	6°	-	9°
	1.4	-	-	13°	17°	19°	20°	17°	12°	5°	1°	4°	3°	1°	3°	-	10°
	11.4	-	11°	15°	19°	21°	21°	18°	11°	3°	4°	7°	7°	4°	0°	4°	10°
	21.4	-	13°	17°	21°	23°	23°	20°	11°	1°	7°	10°	10°	7°	3°	1°	12°
	1.5	-	15°	19°	23°	26°	26°	21°	11°	1°	10°	13°	13°	10°	6°	2°	14°
	11.5	12°	17°	21°	25°	28°	28°	23°	12°	2°	12°	16°	15°	12°	8°	4°	16°
	21.5	14°	18°	23°	27°	30°	30°	25°	13°	3°	14°	18°	17°	14°	10°	5°	17°
	1.6	15°	20°	25°	29°	32°	32°	27°	14°	3°	15°	20°	19°	16°	11°	6°	19°
	11.6	16°	21°	26°	30°	33°	34°	29°	15°	3°	16°	20°	19°	16°	12°	7°	20°
	21.6	17°	21°	26°	31°	34°	35°	30°	17°	2°	15°	20°	19°	16°	11°	7°	20°
	1.7	17°	22°	26°	31°	34°	35°	31°	18°	1°	14°	19°	19°	15°	11°	6°	20°
	11.7	17°	21°	26°	30°	34°	34°	30°	18°	1°	12°	18°	17°	14°	10°	5°	19°
	21.7	16°	20°	25°	29°	32°	33°	29°	18°	2°	11°	16°	16°	13°	8°	4°	18°
	1.8	-	19°	23°	27°	30°	31°	27°	17°	3°	8°	13°	13°	11°	6°	2°	16°
	11.8	-	17°	21°	25°	28°	28°	24°	15°	3°	7°	11°	11°	9°	5°	0°	15°
	21.8	-	14°	18°	22°	25°	25°	21°	13°	3°	5°	9°	9°	7°	3°	2°	13°
	1.9	-	11°	15°	19°	21°	21°	18°	11°	2°	4°	7°	7°	4°	1°	4°	10°
	11.9	-	8°	12°	15°	18°	18°	15°	9°	2°	3°	6°	5°	2°	1°	-	9°
	21.9	-	-	8°	12°	14°	15°	12°	7°	2°	2°	4°	3°	0°	3°	-	7°
	1.10	-	-	5°	9°	11°	11°	10°	6°	1°	2°	3°	1°	2°	5°	-	6°
	11.10	-	-	2°	6°	8°	9°	7°	5°	1°	1°	1°	0°	4°	-	-	4°
	21.10	-	-	1°	3°	5°	6°	6°	4°	1°	0°	0°	2°	6°	-	-	3°
	1.11	-	-	-	0°	3°	5°	4°	3°	2°	1°	2°	4°	8°	-	-	3°
	11.11	-	-	-	1°	2°	3°	4°	3°	2°	2°	4°	6°	-	-	-	3°
	21.11	-	-	-	3°	1°	3°	4°	4°	3°	4°	5°	8°	-	-	-	4°
	1.12	-	-	-	3°	0°	3°	4°	4°	4°	5°	7°	10°	-	-	-	4°
	11.12	-	-	-	-	0°	3°	5°	5°	6°	6°	8°	11°	-	-	-	6°
	21.12	-	-	-	-	1°	4°	6°	6°	7°	8°	9°	12°	-	-	-	7°

Figura nr. 5 – *Tabel cu erorile metodei ceasului pentru stabilirea direcțiilor cardinale în zona Cluj-Napoca.*

Bibliografie

DRAGOMIR VASILE, *Topografie militară,* DTM, 1970, p. 62-63

FANTONI GIROLAMO, *Orientarsi con l'orologio in mancanza di bussola, https://goo.gl/1d6tTk*

PERELMAN IACOV, *Astronomia amuzantă*, Editura Tineretului, 1959, p. 33-36

PYE NORMAN, *On the method of direction finding by sun and watch*, Geography, Vol. 25, Nr. 3, 1940, p. 121-130

https://biblioteca-digitala.ro

ON THE ACCURACY OF WRISTWATCH DETERMINATION OF CARDINAL POINTS

The well-known method for finding cardinal directions with an analogue watch implies holding the timepiece horizontally and pointing the hour hand towards the projection of the Sun on the horizon. Then, it is said that halving the resulting angle to the 12 o'clock hour mark should give you the South direction. However, precision varies wildly depending on season and location. There are two main reasons for this. Firstly, the method wrongly assumes the Sun's azimuth varies at a uniform rate during the day. By projecting the Sun's path onto the horizon we show that this is not the case. Secondly, the method wrongly assumes that the Sun's southern culmination occurs at 12 o' clock standard time. We note that because of the longitude factor, solar noon can occur as late as 12:40 EET in Romania's most western parts. Then there is the equation of time, which speeds up or slows down the Sun resulting in an additional error of up to 4° depending on the season. Another complication is the switch to Daylight Saving Time, but in this case the resulting error can be easily avoided by turning the watch back one hour before using the method. Our analysis shows that because of all these factors the worst expected accuracy of the Sun-watch method as applied near Cluj-Napoca occurs near summer solstice (errors of up to 35° in azimuth), while the best accuracy is attained in the weeks around November 1st, with a maximum error in azimuth of 6-8° and an average error of just 3°.

https://biblioteca-digitala.ro