D. Djurović et V. Radogostić:

Appliquation de la méthode des paires a la détermination astronomique de l'heure

Pour le choix des étoiles pour les programmes d'observation aux services de l'heure, dans lesqueles on observe à l'aide d'instruments des passages, existent différents critères. À cause de la nature spécifique du problème, il est clair qu'une resolution générale ne pourait pas être trouvée. Chez certains instruments le problème le plus dominant sont les erreurs de la colimation, chez les autres - l'instabilité de l'azimut au cours de l'observation, ou bien les irrégularités des tourillons etc. En dépendance du cas, quelque fois convienne le programme composé des étoiles de la zone zénithale relativement étroite [1] , [2] , quelque fois le meilleur est le programme qui contienne les étoiles équatoriales et zénithales en nombre plus grand [3] , quelque fois le programme composé d'après le critère: $\sum M_i = 0$ (M_i - les coefficients d'azimut dans la formule connue de Mayer), etc. Dans cet article nous allons montrer, à traits principals, la méthode des paires des étoiles symétriques par rapport au zénith du lieu d'observation proposée, pour la composition des programmes d'observation, par A. A. Nemiro [4] .

Si nous avons les étoiles $\sigma_1(\alpha_1, \delta_1)$ et $\sigma_2(\alpha_2, \delta_2)$ qui culminent des cotés divers par rapport au zenith d'un lieu, de l'équation connue de Mayer nous pouvons aisément déduire la suivante:

$$c(\cos\delta_1 + \cos\delta_2) = (\alpha_1 - T_1)\cos\delta_1 + (\alpha_2 - T_2)\cos\delta_2 + A(\sin z_1 - \sin z_2) + \Delta\varsigma \quad \ldots (1)$$

T_1 et T_2 sont les moments observés des passages, corrigés par toutes les corrections habituelles, sauf pour l'azimut. $\Delta\varsigma$ est la différence d'influences des irrégularités des tourillons pour l'une et pour l'autre étoile, et c est la correction de l'horloge.

Si les étoiles culminent symétriquement par rapport au zénith, $\Delta\varsigma$ est proche au zéro et le coefficient $m = \sin z_1 - \sin z_2$ est très petit. Donc, les irrégularités des tourillons et les erreurs accidentelles d'azimut n'influent pas beaucoup.

Notre but était de voir y-a-t-il d'avantage de l'appliquation de cette méthode, qui est assez nouvelle et qui n'est pas encore entrée en pratique. Les résultats que nous avons obtenus se basent sur le matériel assemblé au Service de l'heure de l'Observatoire astronomique de Belgrade au cours de l'annee 1968. pour ses besoins habituels. Dans ce but nous avons analysé seulement les observations de D. Djurović.

Le programme d'observations fut composé de 22 groupes à 12 étoiles du catalogue FK4 chacun. La composition des groupes est fixe. On tâchait que pour chaque groupe soit remplie la condition: $\sum M_i = 0$. Pour avoir suffisemment de paires pour chaque nuit d'observation, pendant leur choix nous avons tolleré la différence de distances zénithales de $\pm 3^o$. Pour voir comment cela influe sur la précision de c, pour Belgrade ($\varphi = +44^o\,48.'2$), nous avons calculé les erreurs Δc en admettant que la différence $\Delta z = z_n - z_s$ (n-l'étoile nord, s-l'étoile sud) est 3^o et que l'erreur d'azimut ΔA varie de 10-100 millisecondes (ms). Ces données se trouvent dans la table 1. z de la table 1 désigne la distance zénithale moyenne: $z = \frac{1}{2}(z_n + z_s)$.

T a b l e 1

ΔA	z: 5°	10°	15°	20°	25°
10 ms	0 ms	0 ms	0 ms	0 ms	0 ms
20	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
40	2	1	2	2	2

ΔA	5^{o}	10^{o}	Z 15^{o}	20^{o}	25^{o}
50 ms	2 ms	2 ms	2 ms	2 ms	2 ms
60	2	2	2	2	2
70	3	3	3	3	3
80	3	3	3	3	3
90	3	3	3	3	3
100ms	4	4	4	4	4

Comme nous voyons, quand les conditions sont même très défavorables (Δz maximum et $\Delta A = \pm 100$ ms), Δc reste aux limites ± 4 ms, ou à peu près pour l'ordre de grandeur moins d'erreurs accidentelles d'observation (erreur moyenne quadratique d'observation d'une etoile est $\varepsilon_1 = \pm 31$ ms).

D'après l'examen des tourillons, qui a fait M. Jovanović [5], leur irrégularités varient doucement avec la distance zenithale et malgré que Δz ateigne $\pm 3^{o}$, $\Delta \varphi$ reste proche au zéro.

Réduction d'observations

Désignons avec U_i les différences $\alpha_i - T_i$ de l'équation (1), avec M_i les coefficients azimutaux dans la formule de Mayer, leur valeurs moyennes pour les étoiles nordes dans la nuit donnée, avec U_n et M_n et les dernières pour les étoiles sudes avec U_s et M_s. L'azimut $\underline{A}$ nous avons calculé à l'aide de l'équation:

$$A = \frac{U_s - U_n}{M_s - M_n} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Nous avons negligé la variation de l'azimut en fonçtion de temps d'observation malgré le fait que, très souvent, il peut être d'ordre de grandeur ± 100 ms [6]. Comme les moments moyens d'observation des étoiles nordes et des étoiles sudes, T_n et T_s sont très proches au moment auquel se rapporte $\underline{A}$, les corrections moyennes de l'horloge c_m seront libres de cette erreur. Elle peut influer sur l'accord interne des corrections dans les limites qui correspondent à $\Delta A = \pm 50$ ms. dans la table 1. Ces erreurs sont négligeables par rapport aux erreurs accidentelles d'observation.

Le nombre des paires, observés au cours des nuits qui nous avons pris en considération, varie entre 5 et 11 (table 2). En acceptant pour l'erreur d'observation d'une étoile $\varepsilon_1 = \pm 31$ ms et ayant en vue que la différence $M_s - M_n$ aux cas le plus défavorables est 0.5, nous estimons que l'erreur moyenne quadratique de $\underline{A}$ doit être plus petite que $\varepsilon_A = \pm 40$ ms. Donc, les erreurs accidentelles de l'azimut nous pouvons négliger également.

Au but de voir est- ce que la méthode des paires, de point de vue des erreurs accidentelles, a les avantages par rapport à la methode appliquée aux réductions plus tôt, nous avons calculé pour chaque nuit de l'observation m_p - l'erreur moyenne quadratique de $\underline{c}$ d'une paire et m_p' - l'erreur moyenne quadratique de c d'observation de deux étoiles quelconques. Les résultats sont donnés dans la table 2. n_p et n_p' dans cette table sont, respectivement, les nombres des paires et des étoiles observées par la méthode des groupes [3]. Grandes variations en m_p et m_p' on peut expliquer par le fait que les nombres n_p et n_p' sont petites.

Comme nous voyons, l'accord interne des corrections calculées par la méthode des paires est meilleur que l'accord des résultats obtenues par la méthode des groupes: les valeurs moyennes de m_p et m_p' sont $\pm$ 18 ms et $\pm$ 22 ms.

T a b l e 2

Date 1968		m_p	m_p'	n_p	n_p'	date 1968		m_p	m_p'	n_p	n_p'
I	4	$\pm$ 27ms	$\pm$ 27ms	7	30	V	27	$\pm$ 21ms	+ 23ms	8	27
	17	17	16	7	30		29	19	31	9	26
	31	15	27	5	30	VI	14	16	26	8	30
II	5	22	18	8	30		17	18	25	9	30
	12	19	17	8	30		26	16	19	9	40
	19	20	15	10	30	VII	1	25	32	9	30
III	14	13	28	6	26		8	18	25	7	30
	20	28	23	8	30		24	12	22	10	40
	27	14	18	10	39		30	21	34	6	24
IV	5	16	21	9	29	IX	23	18	20	10	40
	22	13	19	9	28	X	7	22	21	9	29
	24	18	25	11	39		14	13	27	6	25
	29	13	15	11	39		28	23	19	5	26
V	8	18	19	11	40		30	21	19	5	30
	22	$\pm$ 19	$\pm$ 22	9	30	XII	16	12	13	6	30
						moy		$\pm$ 18	$\pm$ 22	8	31

Il est très important de noter que cette différence n'exprime pas beaucoup l'avantage de la méthode des paires à cause de deux faits suivants:

1. c, obtenues par la méthode des groupes, ne contiennent pas grandes erreurs qui proviennent d'irrégularités des tourillons. D'après l'examen des tourillons [5] elles sont:

δ	ε_c	δ	ε_c
0°	0 ms	40°	0 ms
+ 5	0	45	0
10	0	50	- 1
15	0	55	0
20	0	60	- 2
25	+ 1	65	- 2
30	+ 1	70	- 3
35	0		

Il est evident que m_p' n'augmentent pas pratiquement si nous négligeons ε_c dans les réductions par la méthode des groupes.

2. Les erreurs accidentelles des azimuts appliqués se diminuent sensiblement par le glissement. De plus, on a tenu compte de sa variation au cours du temps d'observation. En utilisant le groupe des étoiles zénithales et des étoiles équatoriales, on a calculé pour chaque étoile équatoriale une valeur d'azimut A. Ainsi chaque fois on a obtenu une dizaine d'azimuts qui a permis l'approximation de A en fonction de temps par une droite et on prenait pour les réductions les valeur A de la droite.

Donc, comme les erreurs accidentelles d'azimut et les irrégularités des tourillons n'ont pas influé beaucoup sur la précision de $\underline{c}$, obtenu par la méthode des groupes, la différence entre m_p et m'_p n'est pas très grande. Tout de même, le résultat obtenu ne faut pas sous-estimer.

Tenant compte que les coefficients M_i de certaines étoiles de notre progrm-me dépassent 1.000, si nous avons négligé la variation d'azimut au cours d'observation et si nous n'avons pas appliqué dans les réductions l'azimut interpolé, l'erreur m'_p serait plus grande.

Pendant le choix des étoiles nous avons adopté pour chaque groupe le critère: $\sum M_i = 0$. Comme cette condition, a cause du nombre des étoiles dans le catalogue FK4 limité, n'est pas strictement satisfaite, les erreurs accidentelles de l'azimut, tout de même, influent sur la correction moyenne - c_m. En outre, si nous avons en vue que ces erreurs ne sont pas égalles pour chaque étoile en groupe donné, même la condition $\sum M_i = 0$ n'assure pas que c_m sera libre d'elles. Donc, on peut admettre que c_m seront moins precis que c_p - les valeurs moyennes obtenues du meme nombre d'étoiles groupées en paires. D'après Δc_m et Δc_p, différences c_m, c_p et du temps démi-définitif (interpolé) nous avons trouvé les erreurs moyennes quadratiques de c_m et c_p. Elles sont: $\mu_m = \pm 16$ ms et $\mu_p = \pm 13$ ms. Donc, même de point de vue de la précision externe la méthode des paires est melleur de la méthode des groupes.

Nous considérons qu'il est d'interêt de présenter les résultats de l'analyse des erreurs accidentelles et systhématiques de c_p qui dépendent de la distance zénithale des paires. Ils sont donné dans la table 3.

T a b l e 3.

z	Δc_o	m_o	m_p
0^o-5^o	- 9 ms	$\pm$ 2 ms	$\pm$ 15 ms
5 -10	0	3	17
10 -15	+ 7	3	15
15 -20	0	2	18
20 -25	+ 3	3	19

z est la distance moyenne de la paire, Δc_o l'erreur systhématique dans la zone indiquée, m_o et m_p les erreurs moyennes quadratiques Δc_o et c_p d'observation d'une paire.

L'origine de Δc_o, qui ne sont pas négligeables, peut être cherchée dans les erreurs $\Delta\alpha_\delta$ du catalogue fondamental.

D'après m_p nous voyons que l'accord interne ne dépend pas de z ou m_p ne dépend pas de la largeur des paires.

C o n c l u s i o n

L'appliquation de la méthode des paires permet d'éliminer les erreurs accidentelles en azimut et l'influence des irrégularités des tourillons. Les unes et les autres, comme nous savons, présentent un problème très sérieux chez un grand nombre d'instruments des passages. Dans cet article ne sont pas fortement exprimées les avantages de la méthode des paires à cause des raisons déjà indiquées. Malgré tout ils sont remarquables.

Enfin, il est très confortable d'appliquer cette méthode aux cas quand l'azimut est instable au cours d'observation. Comme entre les moments des observations de deux étoiles en paire, en principe, ne passe plus de 10 à 15 minutes, les variations différentielles d'azimut sont négligeables. Surtout, si la variation d'azimut en fonction de temps n'est pas régulière, la méthode des paires est très bonne sortie de la situation. Donc, il nous semble que nous avons assez d'arguments de la recomender pour les observations aux instruments des passages.

LITÉRATURE

1. G.P. Pilnik, Astr. journal, 36, 5, 1959
2. G.P. Pilnik, Astr. journal, 37, 3, 1960
3. A.A. Némiro, Izv. GAO, 20, 157, 1957.
4. A.A. Némiro, Troudy Astr. opserv., 23, 40, 1966.
5. M. Jovanović, Bulletin de l'Obs. astr. de Belgrade (en presse)
6. D. Djurović et V. Radogostić, Publ. de la chaire d'astronomie de l'Univ. de Belgrade, 1, 1969.