

IL CALCOLO MECCANICO NEI PROBLEMI DELLA TOPOGRAFIA

Prof. Ing. CLEMENTE BONFIGLI

*Comunicazione presentata al X Convegno Nazionale SIFET
Varese, aprile 1965*

La macchina calcolatrice ha già trovato impiego da tempo nella risoluzione dei problemi di topografia, rivelandosi un prezioso ausilio per il calcolatore, ma il suo costo piuttosto notevole ne ha finora limitato la diffusione a pochi Istituti universitari o ad Enti specializzati. Oggi, invece, in virtù delle semplificazioni costruttive e della produzione in serie, la calcolatrice è diventata accessibile da parte di ogni tecnico professionista il quale, per le eccellenti prestazioni della macchina, riesce rapidamente ad ammortizzarne il costo.

L'impiego della macchina calcolatrice in topografia ha anche richiesto che le formule risolutive dei vari problemi fossero opportunamente trasformate per rendere più agevole e rapido il loro calcolo meccanico.

In quello che segue saranno date, per i vari problemi di planimetria, delle formule che si sono dedotte da quelle trovate in altra occasione¹ e, per il loro calcolo, sarà indicato un metodo operativo che, con la macchina ad uno o due totalizzatori, consente di compiere su di essa il minor numero possibile di operazioni.

INTERSEZIONE IN AVANTI

Problema. Note le coordinate cartesiane X_1, Y_1 e X_2, Y_2 di due punti A_1 e A_2 e gli angoli $A_2 A_1 P = \alpha_1$ e $PA_2 A_1 = \alpha_2$ che forma il lato $A_1 A_2$ con le direzioni ad un terzo punto P negli estremi A_1 e A_2 , essendo la successione dei vertici $A_1 A_2 P$ in senso orario, trovare le coordinate X, Y di P .

Chiamando $\Delta_x = X_2 - X_1$, $\Delta_y = Y_2 - Y_1$, $c_1 = \cot \alpha_1$, $c_2 = \cot \alpha_2$, $c = c_1 + c_2$, si sono trovate le formule seguenti, di cui le prime servono per il calcolo di X e di Y e una delle altre coppie per il controllo.

$$\begin{aligned} X &= \frac{c_1 X_2 + c_2 X_1 + \Delta_y}{c} = \frac{c X_1 + c_1 \Delta_x + \Delta_y}{c} = \frac{c X_2 - c_2 \Delta_x + \Delta_y}{c} \\ Y &= \frac{c_1 Y_2 + c_2 Y_1 - \Delta_x}{c} = \frac{c Y_1 + c_1 \Delta_y - \Delta_x}{c} = \frac{c Y_2 - c_2 \Delta_y - \Delta_x}{c} \end{aligned} \quad (1)$$

¹ C. BONFIGLI - « Trigonometria piana », appendice alla 2ª ediz. 1946 e riportate anche nel « Trattato di topografia », vol. 1º, di C. BONFIGLI e L. SOLAINI, Le Monnier, Firenze, 7ª edizione, 1964.

Nei calcoli si tenga presente che è largamente sufficiente l'approssimazione del risultato al mm, ossia alla terza decimale, e perciò, prendendo il divisore con cinque decimali, occorrerà che i prodotti e gli addendi abbiano otto decimali, per cui le lunghezze che sono a fattore vanno scritte fino a tre decimali e quelle in addendo con otto decimali.

Esempio

$$\begin{array}{lll} \text{Dati: } X_1 = + 156,30 \text{ m} & X_2 = - 155,14 \text{ m} & \alpha_1 = 60^\circ 52' 00'' \\ Y_1 = + 179,35 \text{ m} & Y_2 = + 234,20 \text{ m} & \alpha_2 = 49^\circ 20' 35'' \end{array}$$

Dalle tavole:

$$c_1 = 0,55 \ 736, \ c_2 = 0,85 \ 881, \ c = 1,41 \ 617, \ \Delta_x = - 311,44 \text{ m}, \ \Delta_y = + 54,85 \text{ m}.$$

Calcolo di X

Leva del totale automatico e del riporto automatico non inserite¹.

Impostare c_1 e premere \times	557360	<< \times
impostare X_2 e premere = rosso (o nero)	15514	\times
impostare c_2 e premere \times	858810	<< \times
impostare X_1 e premere = nero (o rosso)	15630	=
impostare Δ_y e premere + (o -)	548500000	< +
impostare c e premere \div	10261317260	< :
	141617	< :
	72458	< T

viene scritto automaticamente il dividendo, il divisore e il quoziente che va letto con tre decimali.

Si tenga presente che se il risultato è negativo la macchina non esegue l'operazione di divisione; conviene pertanto, prima di eseguire questa, osservare il risultato dei calcoli precedenti premendo O (che non scarica): se questo è positivo si procede come si è detto sopra, altrimenti si preme il tasto IM e * nero, indi M poi D, si inserisce la leva del totale automatico, si imposta il divisore e si preme \div ottenendo il risultato richiesto, al quale bisogna apporre il segno negativo.

Analogamente si procede per il *calcolo di Y* e per il *controllo di X e Y*, con una delle altre formule.

¹ I calcoli sono stati eseguiti con macchina elettrica tipo « Divisumma » e « Tetractys »; in corsivo sono indicati i risultati delle operazioni che la macchina scrive in rosso.

Nota. Quello che, sopra, è scritto fra parentesi rappresenta l'altro caso del segno diverso dall'addendo o del prodotto.

<i>Calcolo di Y</i>	<i>2° Calcolo di X</i>	<i>2° Calcolo di Y</i>
557360 <<×	141617 <<×	141617 <<×
23420 =	156300 =	179350 =
858810 <<×	55736 <<×	55736 <<×
17935 =	311440 ×	54850 =
31144000000 <+	5485000000 <+	31144000000 <+
59600128550 < :	10261412524 < :	59600128550 < :
141617 < :	141617 < :	141617 < :
420854 < T	72458 < T	420854 < T

INTERSEZIONE INVERSA (problema di Snellius)

Problema: Note le coordinate X_0, Y_0, X_1, Y_1 e X_2, Y_2 di tre punti A_0, A_1, A_2 , e gli angoli α_1 e α_2 sotto cui da un punto P si vedono rispettivamente i lati A_1A_0 e A_0A_2 , calcolare le coordinate di P .

Riprendendo le nostre formule (ved. nota (1)), si ha:

$$\begin{aligned} 2u_1 &= X_1 + X_0 - (Y_1 - Y_0) \cot \alpha_1 & 2u_2 &= X_2 + X_0 + (Y_2 - Y_0) \cot \alpha_2 \\ 2v_1 &= Y_1 + Y_0 + (X_1 - X_0) \cot \alpha_1 & 2v_2 &= Y_2 + Y_0 - (X_2 - X_0) \cot \alpha_2 \end{aligned}$$

nel caso in cui la rotazione $A_1A_0A_2P$ sia in senso orario; qualora la rotazione $A_1A_0A_2P$ fosse in senso antiorario basta pensare gli angoli α_1 e α_2 col segno negativo.

Posto $a = X_0 - u_1$, $b = Y_0 - v_1$, $m = u_2 - u_1$, $n = v_2 - v_1$, si ricava $t = m : n$; $k = 2(bt - a) : (1 - t^2)$; $X = X_0 + k$; $Y = Y_0 - k$.

Volendo cercare di eseguire meno reimpostazioni possibili sulla macchina, si sviluppino queste ultime formule, sostituendo i valori precedenti e, posto $c_1 = \cot \alpha_1$ e $c_2 = \cot \alpha_2$, si ricavano le formule utili per t e k scritte più oltre.

Formule da applicarsi al calcolo con la macchina

Posto $c_1 = \cot \alpha_1$ e $c_2 = \cot \alpha_2$ (prendendoli col loro segno se la rotazione $A_1A_0A_2P$ è in senso orario, oppure col segno cambiato nel caso contrario) si calcolino:

$$t = \frac{X_2 - X_1 + c_1(Y_1 - Y_0) + c_2(Y_2 - Y_0)}{Y_2 - Y_1 + c_1(X_0 - X_1) + c_2(X_0 - X_2)} \quad (2)$$

$$k = \frac{(1 - c_1t)(X_1 - X_0) + (c_1 + t)(Y_0 - Y_1)}{1 + t^2} = \frac{(1 + c_2t)(X_2 - X_0) + (c_2 - t)(Y_2 - Y_0)}{1 + t^2} \quad (3)$$

Indi si calcolino

$$\begin{aligned} X &= X_0 + k \\ Y &= Y_0 - tk \end{aligned} \quad (4)$$

Il controllo dei calcoli si può avere determinando k anche con la seconda formula (con ciò si controlla anche t). Anzi, verificato che i due valori, se non coincidono, differiscono entro i limiti dell'approssimazione richiesta, per cui essi possono essere accettati, il valore più probabile di k si ha dalla loro media.

Usando la macchina calcolatrice con due totalizzatori, è facile eseguire anche un controllo indipendente da k , applicando la seguente formula di facile dimostrazione:

$$c_1 = \frac{(Y - Y_1)(Y - Y_0) + (X - X_1)(X - X_0)}{(X - X_1)(Y - Y_0) + (Y - Y_1)(X_0 - X)} \quad (5)$$

che deve dare c_1 noto.

Esempio di calcolo con la macchina del problema di Snellius

Noti: $X_1 = -263,22m$; $X_0 = -360,12m$; $X_2 = -155,14m$ $\alpha_1 = 62^\circ 36'21''$
 $X_1 = -291,20m$; $Y_0 = +15,72m$; $Y_2 = +234,20m$ $\alpha_2 = 57^\circ 35'21''$

Calcolo del *denominatore di t*. Dalle tavole: $c_1 = 0,51822$; $c_2 = 0,63489$.
 Disinserita la leva del totale automatico e quella del riporto,

impostare Y_2 fino a 8 dec. e premere + (o -)	2342000000	< +
» Y_1 fino a 8 dec. e premere + (o -)	2912000000	< +
» c_1 fino a 6 dec. e premere \times	518220	<< \times
» X_0 e premere = rosso (o nero)	36012	$\underline{\times}$
» X_1 e premere = nero (o rosso)	26322	=
» c_2 fino a 6 dec. e premere \times	634890	<< \times
» X_0 e premere = rosso (o nero)	36012	$\underline{\times}$
» X_2 e premere = nero (o rosso)	15514	=
premere * nero e si ha il denominatore	34504472980	< T

Calcolo del *numeratore di t* e del *valore di t*:

impostare X_2 fino a 8 dec. e premere - (o +)	15514000000	< -
» X_1 fino a 8 dec. e premere + (o -)	26322000000	< +
» c_1 fino a 6 dec. e premere \times	518220	<< \times
» Y_1 e premere = rosso (o nero)	29120	$\underline{\times}$
» Y_0 e premere = rosso (o nero)	1572	$\underline{\times}$
» c_2 fino a 6 dec. e premere \times	634890	<< \times
» Y_2 e premere = nero (o rosso)	23420	=
» Y_0 e premere = rosso (o nero)	1572	$\underline{\times}$
	8773868480	< S
	8773868480	< :
	345045	< :
	25428	< T

Si osserva il totale S premendo O e se questo è positivo si imposta il denominatore calcolato prima e si preme \div ottenendo il quoziente t con tre dec.

Se invece il denominatore è negativo la macchina non opera: si preme IM e *, indi M e D , si inserisce la leva del totale automatico, si imposta il denominatore e si preme \div .

Nota. Quello che, sopra, è scritto fra parentesi indica l'altro caso del segno diverso dell'addendo o del prodotto.

Calcolo di k in doppio modo (controllo)

La macchina a due totalizzatori ci darebbe la possibilità di calcolare numeratore e denominatore di k , ciascuno chiedendo una sola volta il totale, ma anche per questa non risulta conveniente tale modo di procedere che richiederebbe moltiplicazioni di tre fattori con cinque cifre ciascuno e quindi con risultato al di fuori della capacità normale della macchina.

È conveniente, allora, procedere al calcolo separato di $1+t^2=1,06466$; $1-c_1t=0,868227$; $1+c_2t=1,16144$; $c_1+t=0,77250$; $c_2-t=0,38061$; che si esegue col seguente schema: si inserisce la leva del totale automatico, si imposta 1 seguito da dieci zeri e si preme $+$, si inserisce la leva del ripete e si imposta t , si preme \times indi ancora $=$ e si ha il totale $1+t^2$ (t è rimasto in memoria). Si imposta 1 seguito da dieci zeri e si preme $+$, si imposta c_1 e si preme $=$ rosso (o nero) e si ha il totale $1-c_1t$; si imposta 1 seguito da dieci zeri e si preme $+$, si imposta c_2 e si preme $=$ nero (o rosso) e si ha il totale $1+c_2t$. Le somme c_1+t e c_2-t si eseguono facilmente

	10000000000	< +		10000000000	< +
	25428	<< \times		63489	=
	25428	=	($1+c_2t$)	11614398292	< T
($1+t^2$)	10646583184	< T		51822	< +
	10000000000	< +		25428	< +
($1-c_1t$)	51822	$\frac{\times}{T}$	(c_1+t)	77250	< T
	8682270184	< T		63489	< +
				25428	< -
			(c_2-t)	38061	< T

Primo valore di k

Con la leva del totale automatico disinserita,		
impostare ($1-c_1t$) fino a 6 dec. e premere \times	868227	<< \times
» X_1 e premere $=$ rosso (o nero)	26322	$\frac{\times}{T}$
» $-X_0$ e premere $=$ nero (o rosso)	36012	=
» (c_1+t) e premere \times	772500	<< \times
» Y_0 e premere $=$ nero (o rosso)	1572	=
» $-Y_1$ e premere $=$ nero (o rosso)	29120	=
» il denominatore ($1+t^2$) e premere \div	32122689630	< :
	106466	< :
	301717	< T

dopo aver innestato la leva del totale autom., ottenendo il valore di k con tre decimali. Se invece il denominatore è negativo la macchina non opera: si preme IM e poi *, indi M poi D, si imposta il denominatore e, dopo aver innestato la leva del totale automatico, si preme \doteq ottenendo il risultato richiesto, al quale bisogna apporre il segno negativo.

Secondo valore di k (controllo)

Con la leva del totale automatico disinserita,

impostare $(1+c_2t)$ fino a 6 dec. e premere \times	1161440	$<<\times$
» X_2 premere = rosso (o nero)	15514	$\underline{\times}$
» $-X_0$ e premere = nero (o rosso)	36012	$\underline{=}$
» (c_2-t) e premere \times	380610	$<<\times$
» Y_2 e premere = nero (o rosso)	23420	$\underline{=}$
» $-Y_0$ e premere = rosso (o nero)	1572	$\underline{\times}$
» il denominatore $(1+t^2)$ e premere \doteq	32122764400	$< :$
	106466	$< :$
	301718	$< T$

dopo aver innestato la leva del totale automatico, ottenendo il valore di k , con tre decimali. Se invece il denominatore è negativo la macchina non opera: si preme IM e poi *, indi M poi D, si imposta il denominatore e, dopo aver innestato la leva del totale automatico, si preme \doteq ottenendo il risultato richiesto, al quale bisogna apporre il segno negativo.

Calcolo delle coordinate di P

$X = X_0 + k$	$Y = Y_0 - tk$	
impostare X_0 con 2 dec. e premere $-$ (o $+$)		36012 $< -$
» k con 2 dec. e premere $+$ (o $-$)		30172 $< +$
si ha X (negativo) premendo *, con 2 dec.		5840 $c < T$

Leva del totale automatico disinserita

impostare Y_0 con 7 dec. e premere $+$ (o $-$)	157200000	$< +$
» t con 5 dec. e premere \times	25428	$<<\times$
» k con 2 dec. e premere = rosso (o nero)	30172	$\underline{\times}$
Si ha Y (negativo) premendo * (con 7 decimali fittizi).	610013616	$c < T$

Altro modo di controllo dei calcoli

Si calcola nuovamente c_1 dalla (5). Il procedimento piú rapido è con la macchina a due totalizzatori secondo lo schema seguente.

Calcolo del *denominatore*. Leva del totale automatico disinserita.

impostare X fino a 3 dec. e premere - (o +)	58400	< -
» -X ₁ fino a 3 dec. e premere + (o -)	263220	< +
premere IM poi * nero (il risultato va a fattore)	204820	< T ×
impostare Y fino a 2 dec. e premere = rosso (o nero)	6100	$\frac{\times}{\times}$
» -Y ₀ fino a 2 dec. e premere = rosso (o nero)	1572	$\frac{\times}{\times}$
premere contemporaneamente * nero e + verde	1571379040	c+ T
impostare Y fino a 3 dec. e premere - (o +)	61000	< -
» -Y ₁ fino a 3 dec. e premere + (o -)	291200	< +
premere IM poi * nero	230200	< T ×
impostare X ₀ e premere = rosso (o nero)	36012	$\frac{\times}{\times}$
» -X e premere = nero (o rosso)	5840	=
premere contemporaneamente * nero e + verde	6945594400	c+ T
premere * verde e si ha il denominatore con 5 dec.	8516973440	c* <

Calcolo del *numeratore* e del *valore c₁*. Leva tot. autom. disinserita.

impostare Y fino a 3 dec. e premere - (o +)	61000	< -
» Y ₁ fino a 3 dec. e premere + (o -)	291200	< +
premere IM poi * nero	230200	< T ×
impostare Y fino a 2 dec. e premere = rosso (o nero)	6100	$\frac{\times}{\times}$
» Y ₀ fino a 2 dec. e premere = rosso (o nero)	1572	$\frac{\times}{\times}$
premere contemporaneamente * nero e + verde	1766094400	c+ T
impostare X fino a 3 dec. e premere - (o +)	58400	< -
» X ₁ fino a 3 dec. e premere + (o -)	263220	< +
premere IM poi * nero	204820	< T ×
impostare X fino a 2 dec. e premere = rosso (o nero)	5840	$\frac{\times}{\times}$
» X ₀ fino a 2 dec. e premere = nero (o rosso)	36012	=
premere contemporaneamente * nero e + verde	6179829040	+ T
premere O verde e si ha il numeratore con 5 dec.;	4413734640	* +
	4413734640	< :
	85170	< :
	51822	< T

Se questo è positivo premere contemporaneamente * verde e + nero, indi impostare il denominatore arrotondato alle unità e premere $\frac{\div}{\div}$ ottenendo c₁ che deve risultare uguale a quello dato.

Se invece il denominatore è negativo la macchina non opera: si preme IM e poi *, indi M poi D, si imposti il denominatore e, dopo aver innestato la leva del totale automatico, si preme $\frac{\div}{\div}$, ottenendo il risultato richiesto, al quale bisogna apporre il segno negativo.

PROBLEMA DI HANSEN

Note le coordinate X₁, Y₁, X₂, Y₂ di due punti A₁ e A₂ e gli angoli α₁ e β₁ misurati in un punto P' fra P' P'' e le direzioni ad A₁ ed A₂, α₂ e β₂ misurati in P'' fra P'' P' e A₁ ed A₂, calcolare le coordinate di P' e P''.

Riprendendo le nostre formule, di cui alla nota (1), e posto

$$a_1 = \cot \alpha_1, \quad a_2 = -\cot \alpha_2, \quad s_1 = a_1 + b_1, \quad c_1 = \cot (\beta_1 - \alpha_1), \quad \Delta_x = X_2 - X_1 \\ b_1 = -\cot \beta_1, \quad b_2 = \cot \beta_2, \quad s_2 = a_2 + b_2, \quad c_2 = \cot (\alpha_2 - \beta_2), \quad \Delta_y = Y_2 - Y_1$$

si calcolino le espressioni:

$$X'_n = \frac{s_1 X_1 + b_1 \Delta_x + \Delta_y}{s_1} \quad X''_n = \frac{s_2 X_1 + b_2 \Delta_x + \Delta_y}{s_2}$$

$$Y'_n = \frac{s_1 Y_1 - \Delta_x + b_1 \Delta_y}{s_1} \quad Y''_n = \frac{s_2 Y_1 - \Delta_x + b_2 \Delta_y}{s_2}$$

$$t = -\frac{Y''_n - Y'_n}{X''_n - X'_n}; \quad u_1 = X_1 + X_2 + c_1 \Delta_y \quad u_2 = X_1 + X_2 + c_2 \Delta_y \\ v_1 = Y_1 + Y_2 - c_1 \Delta_x \quad v_2 = Y_1 + Y_2 - c_2 \Delta_x$$

$$k_1 = \frac{(2 Y'_n - v_1) t - 2 X'_n + u_1}{1 + t^2} \quad k_2 = \frac{(2 Y''_n - v_2) t - 2 X''_n + u_2}{1 + t^2}$$

$$X' = X'_n + k_1 \quad X'' = X''_n + k_2 \quad \text{Controllo:} \quad \frac{Y'' - Y'}{X'' - X'} = -t \\ Y' = Y'_n - tk_1 \quad Y'' = Y''_n - tk_2$$

Esempio di calcolo con la macchina del problema di Hansen

$$\text{Dati: } X_1 = + 185,25 \text{ m; } X_2 = + 127,36 \text{ m; } \alpha_1 = 58^\circ 39' 01''; \alpha_2 = 94^\circ 11' 00'' \\ Y_1 = - 261,78 \text{ m; } Y_2 = - 190,10 \text{ m; } \beta_1 = 82^\circ 56' 22''; \beta_2 = 66^\circ 29' 51''$$

Posto:

$$a_1 = +\cot \alpha_1 = +0,60 \ 920; \quad a_2 = -\cot \alpha_2 = +0,07 \ 314; \quad \Delta_x = X_2 - X_1 = -57,89 \text{ m;} \\ b_1 = -\cot \beta_1 = -0,12 \ 386; \quad b_2 = +\cot \beta_2 = +0,43 \ 486; \quad \Delta_y = Y_2 - Y_1 = +71,68 \text{ m;} \\ s_1 = +0,48534; \quad s_2 = +0,50800; \\ c_1 = \cot (\beta_1 - \alpha_1) = 2,21 \ 587; \quad \cot (\alpha_2 - \beta_2) = 1,90 \ 587;$$

si calcolano i valori di X'_n , Y'_n , X''_n , Y''_n , dalle formule precedenti secondo il procedimento pratico indicato nel problema di Snellius: d'altronde i simboli di macchina guidano nelle operazioni; c'è solo da osservare che:

a) nelle somme di prodotti con addendi occorre che le cifre, dopo la virgola, prendendo i coefficienti con cinque decimali e il fattore per cui questi si moltiplicano con tre decimali, scrivere gli addendi con otto decimali; la necessità dei molti decimali deriva anche dall'opportunità che il risultato della successiva divisione abbia un numero di cifre sufficiente: esso si legge con tre decimali;

b) quando il risultato di somme algebriche deve essere diviso per un numero occorre accertarsi che il primo non sia negativo perché la macchina direttamente non opera la divisione; pertanto si preme O in modo da osservare detto risultato senza scaricarlo: nel caso che sia positivo si imposta il divisore e si preme \div , se invece è negativo si preme IM, poi *, indi M poi D, dopo di che si imposta il divisore e si ricava il risultato premendo \div . Alla fine dell'operazione di divisione scaricare il resto premendo *, perché non è conveniente inserire la leva del totale automatico nel timore che rimanga innestata nelle operazioni successive.

Leve disinserite.

Calcolo di X'_n

48534 << X
 185250 =
 12386 << X
 57890 =
 716800000 < +
 16875949040 < :
 48534 < :
 347713 < T

Calcolo di Y'_n

48534 << X
 261780 $\frac{X}{+}$
 5789000000 < +
 12386 << X
 71680 $\frac{X}{+}$
 7804059000 $c < S$
 7804059000 $c < T \times$
 7804059000 < + X
 7804059000 < :
 48534 < :
 160795 < T

Calcolo di X''_n

50800 << X
 185250 =
 43486 << X
 57890 $\frac{X}{+}$
 7168000000 < +
 14061295460 < :
 50800 < :
 276797 < T

Calcolo di Y''_n

50800 << X
 261780 $\frac{X}{+}$
 5789000000 < +
 43486 << X
 71680 =
 4392347520 $c < S$
 4392347520 $c < T \times$
 4392347520 < + X
 4392347520 < :
 50800 < :
 86463 < T

Calcolo di t

276797000000 < +
 347713000000 < -
 70916000000 $c < T$
 86463000000 < -
 160795000000 < +
 74332000000 < :
 70916 < :
 1048169 < T

Calcolo di t^2

104817 << X
 104817 =
 10986603489 < T

Calcolo di u_1 e u_2

1852500000 < +
 1273600000 < +
 22159 << X
 71680 =
 4714457120 < T
 1852500000 < +
 1273600000 < +
 19059 << X
 71680 =
 4492249120 < T

Calcolo di v_1 e v_2

2617800000 < -
 1901000000 < -
 22159 << X
 57890 =
 3236015490 $c < T$
 2617800000 < -
 1901000000 < -
 19059 << X
 57890 =
 3415474490 $c < T$

Calcolo di k_1

2 << X
 160795 $\overline{\times}$
 323602 < +
 2012 < T X
 104817 =
 2 << X
 34771300000 $\overline{\times}$
 47144600000 < +
 22187108196 $c < S$
 22181708196 $c < T$ X
 22187108196 < + X
 22187108196 < :
 20987 < :
 1057183 < T

Calcolo di k_2

2 << X
 86463 $\overline{\times}$
 341547 < +
 168621 < T X
 104817 =
 2 << X
 27679700000 $\overline{\times}$
 44921800000 < +
 7236747357 < S
 7236747357 < :
 209866 < :
 34482 < T

Calcolo di X' e X''

347713 < +
 105718 < -
 241995 < T
 276797 < +
 34482 < +
 311279 < T

Calcolo di Y' e Y''

16079500000 < -
 104817 << X
 105718 =
 4998456394 $c < T$
 8646300000 < -
 104817 << X
 34482 $\overline{\times}$
 12260599794 $c < \overline{T}$

Controllo: calc. t

311279 < +
 241995 < -
 69284 < T
 122606000000 < -
 49984600000 < +
 72621400000 $c < T$ X
 72621400000 < + X
 72621400000 < :
 69284 < :
 1048169 < T