

GERARD KUDELSKI
STANISŁAW KASPEREK

681.177 : 526.5 : 518.5

O możliwości zastosowania maszyn matematycznych systemu kart dziurkowanych dla potrzeb geodezji

W przededniu ostatecznego wyrównania sieci triangulacji wypełniającej, specjalnej wymowy nabiera mechaniczna strona rozwiązania wielkich układów równań normalnych. Terminowe zakończenie prac nad wyrównaniem wspomnianej sieci, metoda wyrównania oraz nakład pracy i kosztów, w głównej mierze uzależnione są od parku maszynowego, od sposobu rozwiązania tak wielkiej ilości równań. Doceniając wagę poruszonego zagadnienia, wiosną bieżącego roku Instytut Matematyczny P.A.N. przy współpracy z Instytutem Geodezji i Kartografii przystąpił do zbadania możliwości wykorzystania istniejącego parku maszyn matematycznych systemu kart dziurkowanych dla potrzeb geodezji. Po ogólnym zapoznaniu się z techniką pracy maszyn statystycznych, przystąpiono do rozwiązania typowego dla prac geodezyjnych układu równań normalnych. Ze względu na utrudniony dostęp do maszyn, rozwiązany został tylko jeden układ równań zawierający 140 niewiadomych. Wyniki pracy eksperymentalnej w całej rozciągłości potwierdzają możliwość wykorzystania istniejącego w kraju parku maszyn statystycznych i pozwalają jednocześnie przypuszczać, że korzyści stąd wynikłe będą znaczne.

W dalszym ciągu niniejszej pracy przeprowadzone zostanie porównanie pracochłonności wspomnianych maszyn w odniesieniu do arytmetrów.

Trudnością ścisłego porównania jest brak dokładnego chronometrażu pracochłonności maszyn statystycznych, jak i to, że w kraju do tej pory rozwiązany został tylko jeden układ równań. Odnosnie arytmetrów, nieścisłość porównania wyniknie z faktu, że katalog norm zawiera normy

scalone — bez rozbicia na poszczególne etapy pracy przy wyrównaniu sieci. Nie uwzględnia on również ilości współczynników różnych od zera w poszczególnych wierszach układu — z góry więc można powiedzieć, że dla pewnych układów równań normy te są łagodne, dla innych natomiast nadmiernie zastrzone. Przeprowadzone więc poniżej porównanie pracochłonności nie nosi cech ścisłości, pozwoli jednak w pewnym przybliżeniu ustalić korzyści wynikające z zastosowania maszyn matematycznych systemu kart dziurkowanych przy rozwiązywaniu układów równań normalnych.

Pracochłonność rachowania na arytmetrach

Normy zakładowe — obowiązujące przy większych układach równań — przewidują, że redukcja układu dla jednego punktu winna być wykonana w czasie 11,755 godz. (normy te nie uwzględniają ilości współczynników różnych od zera). Na ogół norma wyrobu będzie większa od 100% i czas trwania pracy będzie mniejszy od wyżej podanego. Załóżmy więc normę wyrobu 140%, a norma czasu dla jednego punktu w tym przypadku wyniesie 8,229 godz. Czas więc rozwiązania układów równań o różnej ilości niewiadomych przedstawi się następująco:

układ	30	równań	$p = 123$	godz.
„	40	„	$p = 165$	„
„	50	„	$p = 206$	„
„	60	„	$p = 247$	„
„	70	„	$p = 287$	„
„	80	„	$p = 328$	„
„	90	„	$p = 369$	„
„	100	„	$p = 411$	„
„	150	„	$p = 616$	„
„	200	„	$p = 822$	„
„	250	„	$p = 1038$	„
„	300	„	$p = 1233$	„

Wyniki powyższe nie odzwierciedlają rzeczywistej pracochłonności, a nawet dla większych układów równań są wręcz nie realne. Ażeby to wykazać, wystarczy spojrzeć na tabelę 1. Przy obliczaniu tej tabeli za punkt wyjścia przyjęto ilość mnożeń (Q) koniecznych do wykonania przy obliczaniu pierwiastka kanonicznego macierzy układu równań normalnych o n zmiennych, w którym wszystkie współczynniki są różne od zera. Funkcję $Q(n)$ określić można drogą następującego rozumowania:

weźmy pod uwagę dwa krakowiany A i S , gdzie:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} & \dots & \dots & \dots & a_{n1} & a_{(n+1)1} & a_{(n+2)1} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} & \dots & \dots & \dots & a_{n2} & a_{(n+1)2} & a_{(n+2)2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & a_{2n} & a_{3n} & \dots & \dots & \dots & a_{nn} & a_{(n+1)n} & a_{(n+2)n} \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{21} & s_{31} & \dots & \dots & \dots & s_{n1} & s_{(n+1)1} & s_{(n+2)1} \\ s_{12} & s_{22} & s_{32} & \dots & \dots & \dots & s_{n2} & s_{(n+1)2} & s_{(n+2)2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{1n} & s_{2n} & s_{3n} & \dots & \dots & \dots & s_{nn} & s_{(n+1)n} & s_{(n+2)n} \end{pmatrix}$$

Założmy przy tym, że:

1. $\underline{A} = \underline{S}^2$ dla pierwszych n kolumn
2. $a_{ij} = a_{ji}$ dla $i = 1, 2, 3, \dots, n$.
3. $s_{ij} = 0$ dla $i < j$

Jak wiadomo

$$s_{11} = \sqrt{a_{11}}, \quad s_{i1} = a_{i1} \cdot r_1 \quad \dots \quad (1)$$

$$s_{jj} = \sqrt{a_{jj} - \sum_{k=1}^{j-1} s_{jk}^2} \quad (j > 1) \quad \dots \quad (2)$$

$$s_{ij} = (a_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} s_{ik} \cdot s_{jk}) r_j \quad (i > j) \quad \dots \quad (3)$$

przy czym $r_j = \frac{1}{s_{jj}}$

Ze wzorów (1), (2) i (3) wynika:

$$q_{ij} = j - 1 \quad \dots \quad (4)$$

$$q_{ij} = j \quad (i > j) \quad \dots \quad (5)$$

Symbol q_{ij} oznacza ilość potrzebnych do wykonania mnożeń dla obliczenia elementu s_{ij} . Dla $i = j$ $q_{ij} = 0$.

Oczywiście

$$Q(n) = \sum_{i=1}^{n+2} \sum_{j=1}^n q_{ij} = \sum_{j=1}^n q_{ij} + \sum_{i=2}^{n+2} q_{i1} + \sum_{i=3}^{n+2} q_{i2} + \sum_{i=4}^{n+2} q_{i3} + \dots + \sum_{i=n+1}^{n+2} q_{in} \quad (6)$$

Podstawiając związki (4) i (5) do związku (6) otrzymamy:

$$\begin{aligned}
 Q(n) &= \sum_{j=1}^n j - 1 + \sum_{i=2}^{n+2} 1 + \sum_{i=3}^{n+2} 2 + \sum_{i=4}^{n+2} 3 + \dots + \sum_{i=n+1}^{n+2} n = \\
 &= \frac{n(n-1)}{2} + (n+1) \cdot 1 + n \cdot 2 + (n-1) \cdot 3 + \dots + 2 \cdot n = \\
 &= \frac{n(n-1)}{2} + \sum_{k=1}^n (n+2-k)k = \frac{n(n-1)}{2} + \sum_{k=1}^n nk + \sum_{k=1}^n 2k - \sum_{k=1}^n k^2 = \\
 &= \frac{n(n-1)}{2} + \frac{n^2(n+1)}{2} + \frac{2n(n+1)}{2} - \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} = \frac{n^3 + 9n^2 + 2n}{6}
 \end{aligned}$$

Dla uproszczenia rachunku przyjmijmy do dalszych rozważań:

$$Q(n) = \frac{1}{6} n^2 (n + 9) \quad \dots \quad (7)$$

Dzielać ilość mnożeń wyliczonych ze wzoru (7) przez prędkość przewidzianą katalogiem norm, otrzymamy ilość mnożeń jakie powinien wykonać rachmistrz w ciągu jednej godziny. Wyniki podane są na poniższej tabeli.

Tabela 1

Ilość równań	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300
Ilość mnożeń na godzinę	48	79	119	168	225	290	362	442	968	1695	2599	3759

Jak widać z zamieszczonej tabeli, dla małych układów normy są stosunkowo łagodne. Sytuacja jednak radykalnie zmienia się wraz ze wzrostem ilości niewiadomych. Przy układzie 200 niewiadomych dochodzimy do wręcz zastraszających wymagań: normy żądają, aby rachmistrz wykonał ponad 1600 mnożeń na godzinę (nie licząc operacji pierwiastkowania i zapisów).

W związku z powyższym musimy przyjąć, że normy są słuszne jedynie dla typowych układów geodezyjnych, tzn. układów zawierających około 25 współczynników różnych od zera, zgrupowanych przy przekątnej głównej. Takie też układy są brane pod uwagę przy niniejszej analizie prędkości.

Prędkość rachowania przy pomocy maszyn matematycznych systemu kart dziurkowanych

Prędkość maszyn matematycznych systemu kart dziurkowanych wprowadzona jest w oparciu o dane uzyskane z eksperymentalnego roz-

wiązania układu o 140 niewiadomych i wyraża się następującym związkiem:

$$p = \frac{A}{300}$$

gdzie:

A — ilość mnożeń w rachunku,

p — pracochołność wyrażona w godzinach.

Ze względu na to, że ilość mnożeń w układach równań o różnej ilości współczynników różnych od zera nie jest funkcją liniową, w dalszych rozważaniach wyprowadzona zostanie pracochołność dla układów o stałej szerokości pasma — około 25 współczynników różnych od zera. Dla poszczególnych układów równań pracochołność maszyn statystycznych przedstawia się następująco:

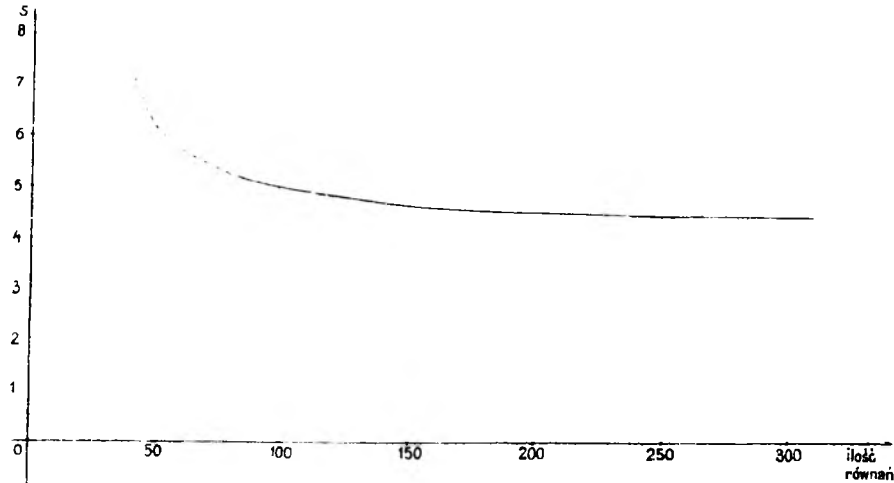
układ	30 równań	$p = 13$ godz.
„	40 „	$p = 23$ „
„	50 „	$p = 33$ „
„	60 „	$p = 43$ „
„	70 „	$p = 53$ „
„	80 „	$p = 63$ „
„	90 „	$p = 73$ „
„	100 „	$p = 83$ „
„	150 „	$p = 133$ „
„	200 „	$p = 183$ „
„	250 „	$p = 233$ „
„	300 „	$p = 283$ „

Należy nadmienić, że wyprowadzone wyżej pracochołności są w przybliżeniu siuszne dla maszyn marki Bull z roku 1948 i obliczone zostały na podstawie eksperymentalnego rozwiązania jednego tylko układu. W związku z tym należy się spodziewać, że istnieje możliwość dalszych uproszczeń w procesie rachowania na maszynach systemu kart dziurkowanych, co pozwoli na znacznie ekonomiczniejsze ich wykorzystanie. Nie należy również zapominać, że prace były wykonane przez zespół ludzi, którzy mieli dotychczas do czynienia jedynie z prostymi rachunkami statystycznymi.

Porównanie pracochołności arytmetrów i maszyn statystycznych obrazuje zamieszczony niżej wykres (rys. 87), na którym na osi odciętych umieszczono ilość równań, a na osi rzędnych liczby wskazujące, ile razy praca na maszynach systemu kart dziurkowanych jest szybsza (S).

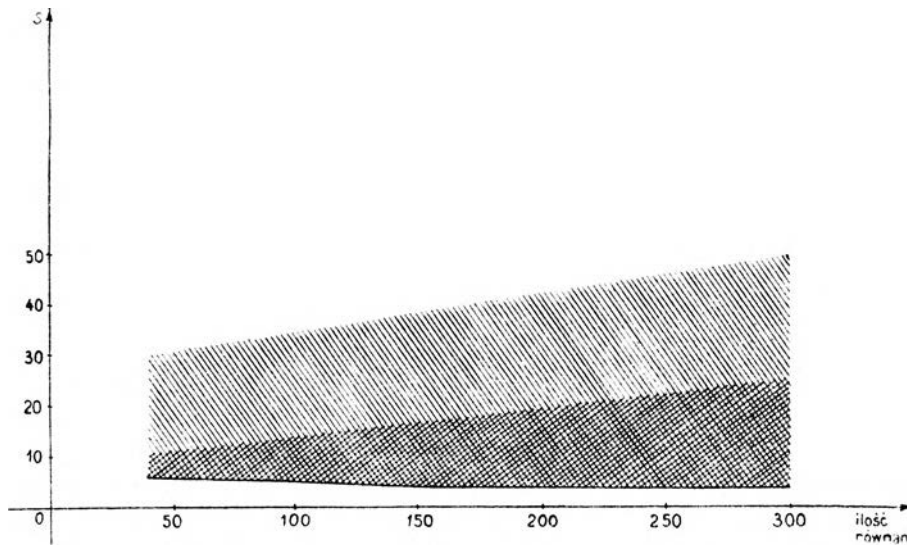
Krzywa wykreślona linią pełną określa, zdaniem naszym, minimalne korzyści wynikające z zastosowania maszyn systemu kart dziurkowanych

(wzniesienie krzywej zaznaczone linią przerywaną, dla małych układów, jest spowodowane zbytnią liberalnością norm).



Rys. 87

Jak nadmieniliśmy uprzednio, wyprowadzona pracochłonność jest słuszną dla maszyn marki Bull z roku 1948. W chwili obecnej istnieje realna możliwość zastosowania maszyn produkowanych w Č.S.R. marki „Aritma”. Mnożarka tego typu wykonuje operacje mnożenia kilkakrotnie szybciej od wspomnianych maszyn „Bulla”. Można więc z całą pewnością stwierdzić, że maszyna „Aritma” znacznie podniesie oszczędności, a przewidywany ich zakres zawiera się w obszarze zakratkowanym na rys. 88.



Rys. 88

W powyższych rozważaniach wzięto pod uwagę maszyny matematyczne systemu kart dziurkowanych, które są budowane specjalnie dla celów statystycznych. Wprawdzie można stosować je bez większego trudu do obliczeń geodezyjnych, jednak przy tak uproszczonym podejściu do sprawy, nie wykorzystuje się w pełni ich możliwości rachunkowych. Przystosowanie tych maszyn do rachunków geodezyjnych, pozwoliłoby na uzyskanie dalszych oszczędności, które zawierałyby się w obszarze zakreskowanym na rys. 88. Należy podkreślić, że konieczne przeróbki, które kilkakrotnie zwiększą użyteczność maszyn, można wykonać w stosunkowo bardzo prosty sposób i mogą nawet doprowadzić do całkowitej automatyzacji.

Warto zaznaczyć również, że jak wynika z pobieżnego oszacowania, przystosowana do rachunków geodezyjnych mnożarka „Aritma” zamortyzowałaby się w ciągu jednego roku pracy.

Przeprowadzone uprzednio rozumowanie oraz obydwa zamieszczone wykresy wskazują na możliwość uzyskania znacznych oszczędności przy zastosowaniu maszyn matematycznych systemu kart dziurkowanych dla potrzeb geodezji. Już nawet czterokrotne skrócenie cyklu produkcyjnego przy rozwiązywaniu układów równań, to obok kolosalnych korzyści ekonomicznych, również sprawa właściwego i zgodnego z warunkiem minimum wyrównania sieci triangulacyjnej kraju.

СТАНИСЛАВ КАСПЭРЭК
ГЕРАРД КУДЕЛЬСКИ

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МАШИН ТИПА СЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ НУЖД ГЕОДЕЗИИ

Резюме

В связи с важными заданиями, стоящими перед польской геодезией были произведены пробы относительно возможности использования математических счетно-аналитических машин при решении система нормальных уравнений. Итоги этих проб указывают, что экономия, полученная при применении упомянутых машин марки „Булль“ 1948 года довольно значительна, и, в сравнении с арифмометрами, выражается отношением 1:4. При применении умножающих машин „Аритма“ (продукции Ч.С.Р.) экономия сильно возрастает, и можно предусматривать, что она выразится соотношением 1:15.

Адаптаця умножающих машин „Аритма“ для типичных геодезических вычислений; в етом случае эта экономия выразится соотношением приблизительно 1:40.

STANISŁAW KASPEREK
GERARD KUDELSKI

PUNCHED CARD COMPUTING SYSTEMS AND THE POSSIBILITY
OF THEIR USE FOR GEODETICAL PURPOSES

S u m m a r y

In connection with large task facing Polish geodesy some experiments have been made concerning the possibility of adaption of the punched card system machines to enumeration of normal equation systems. The result has pointed out that the economy obtained by the use of the above mentioned machines is pretty large if compared with the ordinary arithmometers and is expressed as the relation 1 : 4.

The application of the multiplier „Aritma”, of Č. S. R. produktion is however more advantageous and the economy will increase to 1 : 15. The adaption of „Aritma” to the typical geodetic operations will diminish the time needed for computation in a relation at about 1 : 40.

SPIS RZECZY

KLEMENS TARNOWSKI

- Geodezyjne pomiary odkształceń wieżowców ze szczególnym uwzględnieniem prac prowadzonych na terenie Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie 89

STEFAN ZYKUBEK

- Geodezyjne pomiary odkształceń kominów i masztów 158

WOJCIECH JANUSZ

- Zagadnienie ekonomii pracy przy wyrównaniu sieci geodezyjnych metodą spostrzeżeń pośrednich 192

WOJCIECH JANUSZ

- Badanie terenowe konstrukcji ciągu poligonowego prostoliniowego i równobocznego oraz wnioski z tego badania 207

GERARD KUDELSKI

- Rozwiązywanie układów równań normalnych przy pomocy maszyn matematycznych systemu kart dziurkowanych 223

STANISŁAW KASPEREK, GERARD KUDELSKI

- O możliwości zastosowania maszyn matematycznych systemu kart dziurkowanych dla potrzeb geodezji 244

СОДЕРЖАНИЕ

КЛЕМЕНС ТАРНОВСКИ

- Геодезические измерения деформации высотных зданий с особым учетом работ, веденных на строительной площадке Дворца Культуры и Науки в Варшаве 152

СТЭФАН ЗЫКУБЭК

- Геодезические измерения деформаций дымных труб и мачт. 188

ВОЙЦИЕХ ЯНУШ	
Проблема экономии труда при уравнивании геодезических сетей методом посредственных наблюдении	205
ВОЙЦИЕХ ЯНУШ	
Полевое исследование конструкции прямолинейного и равностороннего полигонометрического хода и выводы из этого исследования	221
ГЕРАРД КУДЕЛЬСКИ	
Решение системы нормальных уравнений при помощи счетно-аналитичес- ких машин	242
СТАНИСЛАВ КАСПЭРЭК, ГЕРАРД КУДЕЛЬСКИ	
Возможности применения математических машин типа счетно-аналитичес- ких машин для нужд геодезии	251

CONTENTS

KLEMENS TARNOWSKI	
Geodetical measurements of distortions in skyscrapers with special refe- rence to the work carried out on the premises of the Palace of Culture and Science in Warsaw	155
STEFAN ZYKUBEK	
Geodetical measuring of distortions in chimneys and masts	190
WOJCIECH JANUSZ	
The problem of labour economy in the adjustment of geodetical networks by the method of intermediate observations	206
WOJCIECH JANUSZ	
Field examination of the construction of a straight line and equilateral polygonal traverse and conclusions drawn from th's examinations	222
GERARD KUDELSKI	
The solution of systems of normal equations by means of a punched card computing systems	243
STANISŁAW KASPEREK, GERARD KUDELSKI	
Punched card computing systems and the possibility of their use for geo- detical purposes	252