MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
SZÁMÍTÁSTECHNIKAI KÖZPONTJA

TÁJÉKOZTATÓ

AZ M-3 ELEKTRONIKUS SZÁMÍTÓGÉPRŐL

5

BUDAPEST, 1960
AUGUSZTUS

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
Számitástechnikai Központja

T Á J É K O Z T A T Ó

az M-3 elektronikus számitógép üzemeltetése és alkalmazása során az 196o év első felében szerzett tapasztalatokról

5.szám

II. Változatlan kiadás

Budapest, 1961. augusztus

E szám munkatársai:

Aczél István dr., az MTA Számitástechnikai Központ mb. igazgatója

Balatoni János, az MTA Sz.K. külső munkatársa

Buzgó József, a KGMTI munkatársa

Dömölki Bálint, az MTA Sz.K. számitógép üzemeltetési osztályának mb. vezetője

Frey Tamás dr., az MTA Sz.K. elméleti osztályának vezetője

Ganczer Sándor dr., a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem adjunktusa, az MTA Sz.K. tudományos munkatársa

Gergely József, az MTA Sz.K. tudományos segédmunkatársa

Kovács Győző, az MTA Sz.K. tudományos munkatársa

Krekó Béla dr., a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem docense, az MTA Sz.K. tudományos munkatársa

Lőcs Gyula, az MTA Sz.K. tudományos segédmunkatársa

Révész Pálné, az MTA Sz.K. tudományos segédmunkatársa

Rózsa Pál kandidátus, az MTA Matematikai Kutatóintézet tudományos munkatársa

Sándor Ferenc, az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének tudományos munkatársa

Szelezsán János, az MTA Sz.K. tudományos munkatársa

Veidinger László, az MTA Sz.K. tudományos munkatársa

A szerkesztés munkáját végezte:

Pataky Ernő

Felelős szerkesztő és kiadó:

Aczél István dr.

Kiadvány száma: S-690
Alak: A/4. Ivszám: 11 6/8
Megjelent 196o. szeptember hóban, 150 példányban

Készült az ÉTI rotaprint üzemében
F.v. Hordós István

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ВЕНГЕРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
RECHENTECHNISCHES ZENTRUM DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
COMPUTING CENTRE OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
ЭЛЕКТРОННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА М-3

B E R I C H T E
ÜBER DIE ELEKTRONISCHE RECHENANLAGE M-3

R E P O R T S
ON THE ELECTRONIC COMPUTER M-3

BUDAPEST
August, 1961

Вычислительный Центр
Венгерской Академии Наук

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

об опытах приобретенных в эксплуатации электронной вычислительной машины М-3 в первой половине 1960 г.

5.выпуск

Будапешт,август 1961 г.

Дьөзө Ковач:

КРАТКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ М-3

/Страница 9/

Логическая организация электронной вычислительной машины М-3 в общем совпадает с конструкцией небольших вычислительных универсальных машин с програмным управлением. Вход состоит из механического датчика системы Сименса и фотоэлектрического устройства для считывания перфолент системы Ферранти. В качестве выхода используется обычный телетайп. Средняя скорость выполнения операций является относительно низкой. Емкость памяти на магнитном барабане в настоящее время составляет 1о24 слов, позднее она будет увеличена. Вследствие этого при помощи машины решаются по возможности такие задачи, в которых необходимо выполнять большое число вычислений с подачей в машину небольшого числа данных.

-- о --

Валинт Дөмэлки:

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ М-3

/Страница 21/

Строящаяся, начиная с 1958 года вычислительная машина М-3 с начала 196о года находится постоянно в эксплуатации, и в настоящем полезное время ее работы составляет около 60 %. Чтобы получить правильные результаты вычислений, разработаны методы автоматического контроля. При выборе решаемых на машине задач, далее при подготовке этих задач для решения на машине, а также во время производства вычислений на машине обслуживающий машину персонал тесно сотрудничает с сотрудниками заведения, по запросу которого производится вычислительная работа.

-- о --

Тамаш Фрей:

АНАЛИЗ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕОРИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ РАСПОРНЫХ ВАЛОК МОСТА ЭРЖЕБЕТ

/Страница 27/

Для проверки висячих мостов /цепных и кабельных/ с точки зрения теории сопротивления материалов новый метод

- венгерской школой теории матриц -, который учитывает действительное положение точнее, чем старый матод /при котором подвесные стержни были заменены подвесной оболочкой /. Ниже дается изложение этого метода, развитый в численный метод, а также описание конкретных вычислений, выполненных с помощью электронной вычислительной машины М-3. Опыт показывает, что новый метод при его использовании дает большую эффективность также при сравнительной оценке разных распределений /большого числа/ нагрузок и вариантов проекта.

-- о --

Бела Креко - Балинт Дэмэлки:

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО МИНИМАЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ РАСХОДОВ НА МАШИНЕ М-3

/Страница 33/

Для определения оптимальной транспортой программы между рядом станций отправления и различными местами назначения целесообразно применять т.н. дистрибуционный метод линейного программирования. Матрицу расходов, фигурирующую в качестве исходной программы, находджением закрытого "передвижением ладьи" пути можно улучшать до тех пор, пока траснпортные расходы не достигнут наименьшего значения. Потребная для решения этих задач емкость памяти машины может быть очень большой / в зависимости от числа мест назначения и отправки/, но матрицу расходов можно разбить на обрабатываемые независимо друг от друга подматрицы. Решение программы автогрузового транспорта ТЕФУ /Треста автогрузового транспорта/ и задачи Научно-Исследовательского Института Железнодорожного Транспорта по транспортировке порожника дало в результате экономию порядка нескольких милл. форинтов. Машинное время производства вычислений составило всего лишь несколько часов.

-- о --

Йожеф Бузго:

РАСЧЕТ РАМ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КРОССА

/Страница 45/

Метод Кросса с делением моментов представляет собой постепенно приближенный метод для расчета рам. В случае рамных конструкций из-за многократно повторящихся математических операций вследствие большого числа узлов и множества вариантов нагрузки производство вычислений с помощью электронной вычислительной машины становится экономически выгодной. Применение этого метода на машине М-3 позволило сократить время, необходимое для производства статических расчетов равно в 2о раз по сравнению со временем, необходимым произвести расчет такой же точности методом ручного счета и механических вычислительных машин.

— о —

Шандор Ганцер - Ласло Вейдингер:

РАСЧЕТЫ ПО ШАХМАТООБРАЗНОМУ БАЛАНСУ ОБЩЕСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

/Страница 49/

В Госплане Венгрии, Центральном статистическом управлении, Экономическом институте Академии Наук Венгрии и Вычислительном Центре Академии Наук Венгрии производятся параллельные исследования опытного характера по шахматообразным балансам общественной продукции /иначе,балансы отраслевых связей/, а также по отраслевым балансам продукции аналогичной структуры. В данном этапе работы поставлена цель установления новых методов, которые пригодны для вычисления в течении небольшого времени большого числа вариантов плана. Основное вычисление производится инверсией как правило матриц большого порядка, с последующим умножением на различные векторы. На машине М-3 Госпланом Венгрии производилось инверсия ряда матриц 4о-порядка, Центральным статистическим управлением 42-порядка и Главным управлением черной металлургии 3о-порядка; последний инвертируется непосредственно, а первые - использованием реляции Фробенуса - Шура. Для проверки правильности полученных результатов использовано три различных метода. При помощи машины М-3 инверции представилось возможным определить с точностью до пяти значащих цифр. Вычисления одного варианта плана требовало всего лишь 3о минут.

— о —

Дьюла Лэч:

МАШИННЫЙ РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГОСЕТЕЙ

/Страница 57/

Оптимальное распределение нагрузки между электростанциями, работающими на объединенную сеть, целесообразно определять при помощи электронной вычислительной машины, так как обычным методом определение можно осуществить только в исключенно грубом приближении. Применяемый метод основывается на кооперативном объединение двух методов решения: цифровой и непрерывной. С использованием исходных данных, полученных измерениями на моделях, на машине М-3 выполнено вычисление т.н.постоянных,B.Исходя из этой матрицы, на машине Научно-Исследовательского Института Электроэнергики производится вычисление оптимального распределения нагрузки. На машине М-3 для вычисления одной полной матрицы В требовалось 1о-15 часов машинного времени. В размерах Венгрии экономичной нагрузкой электростанций можно добиться экономии в несколько миллионов форинтов в год.

-- о --

Янош Балатони:

ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЙ ПЕРЕСЧЕТ ЛУЧЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

/Страница 63/

По поручению завода Оптических Приборов /Гамма Оптикаи Мювек/ для выполнения тригонометрических пересчетов лучей разработана машинная программа. При помощи этой программы на электронной вычислительной машине М-3 систематически выполняются вычисления по заказу завода. Машина в зависимости от количества данных вычисления производит 5о-2оо-кратно быстрее, чем при помощи обычной настольной счетной машины. Этим не только сокращается время проектирования, но, кроме того, можно производить пересчет световых лучей, до сих пор не рассчитывавшихся из-за недостатка вычислительных приборов, но являющихся существенными с точки зрения качества создания изображения.

-- о --

Тамаш Фрей:

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ МНОГОКРАТНО НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ ЗАМКНУТОЙ РАМЫ

/Страница 67/

Намоточные барабаны машин для производства кабеля представляют собой замкнутые рамы, жесткость которым придается специально вваренным стержнем. Рамы состоят из прямых и гнутых стержней. При данных условиях нагрузка рамы является шестикратно и четырехкратно неопределенной соответственно. Задачу целесообразно решить методом действующих усилий. Однако, в данном случае необходимо сначала найти инвентированием очень большое число коэффициентов. Только после этого можно приступить к решению систем уравнений и четырьмя неизвестными соответственно. Вычисление значений коэффициентов и решение систем уравнений было выполнено машиной всего в течении 24 и 14 минут соответственно. В это время входит также и время ввода и вывода данных в машину. Правильность результатов была подтверждена последующими опытами на моделях.

-- о --

Пал Рожа - Ласло Вейдингер:

ИНВЕНТИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ ТЕПЛИТЦА ДВАДЦАТОГО ПОРЯДКА

/Страница 73/

При исследовании Лайошем Яношши рассева частиц в эмульсии возникла необходимость инвентирования т.н.матрицы Теплитца бесконечного порядка. Произведя на М-3 числовое инвентирование частиц матрицы /двадцатого порядка/, можно сделать интересные выводы относительно структуры инверса матрицы бесконечного порядка. Инвентирование потребовало бы на ручной счетной машине работы двух человек в течении нескольких недель, а на машине М-3 потребовалось всего около полутора часов.

-- o --

Янош Сележан:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СОЕДИНЕНИЙ, ОБРАЗУЮЩИХМЯ ПРИ НЕПОЛНОМ ОКИСЛЕНИИ МЕТАНА

/Страница 75/

Неполное окисление метана качественно можно описать при помощи трансцендетной системы уравнений с тремя неизвестными и одным параметром. Система сведена к уравнению с одным неизвестным и эта система была решена по методу для 13о значений параметра. Для решения было затрачено 5 часов машинного времени. Решены также два варианта задачи, несколько отличающихся от вышеуказанного.

-- o --

мадам П.Ревес:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ С МНОГИМИ ПЕРЕМЕННЫМИ

/Страница 81/

Линейное регрессионное вычисление является, собственно говоря, методом наименьших квадратов который применяется для уравнивания погрешностей измерений. Суть метода заключается в том, что на основе данных измерений выводятся т.н. нормальные уравнения, после чего эту систему линейных уравнений решают при помощи обычных методов. При помощи общей программы, разработанной для электронной вычислительной машины М-3 в целях решения этой задачи, было выполнено вычисление трех линейной регресси и шестью переменных за время соответствующее 1/5о времени при вычислении ручными счетными машинами.

-- o --

Йожеф Гергей:

РАСЧЕТ РЕБРИСТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ШМИДТА

/Страница 85/

Эта основывающаяся на опытах расчетная методика дает значения коэффициента теплопередачи в функции геометрических размеров ребристой трубы и параметров передающей среды. Конвекторный расчет, выполненный на машине М-3, производился серией формул с измененным параметром, состоящей из 21 формулы. Машина результаты вычислений зафиксировала в виде таблицы за время, соответствующее одной четырехсотодоли времени выполнения вычислений с помощью ручной счетной машины.

— о —

Йожеф Гергей:

ОЦЕНКА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

/Страница 89/

Центральный Физический Исследовательский Институт поручил произвести обработку результатов опытов, проводившихся по попаданию электронов. Необходимо было определить средне арифметическое, далее второй, третий и четвертый моменты 5ооо данных измерений. Ввод данных в машину, которая по отношению к выполнению вычислений является относительно медленной, и в основном время, необходимое для перевода данных на перфоленту, потребовали несравненно большое времени самого процесса вычисления. Именно поэтому схожие с указанным выше задачи по обработке данных невыгодны при использовании машины М-3, т.е.они не могут использовать быстроту математической обработки из-за продолжительности подготовительных операций.

— о —

Ференц Шандор:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОБМОТКИ ДВУХСЛОЙНОЙ ОБМОТКИ С ЦЕЛЫМ ЧИСЛОМ ПАЗОВ

/Страница 91/

Числовое значение коэффициента обмотки выражает то, что каким кпд можно использовать обмотку для возбуждения магнитного поля синусоидального распределения или же для получения индуцированного напряжения. Для определения коэффициента обмотки двухслойных обмоток с целым числом пазов служит формула, зависящая от четырех параметров. Электронная вычислительная машина М-3 вывела эту формулу в виде таблицы за время,соответствующее 1/5о времени, потребной для вычислений при помощи ручных счетных машин, - при различных наборах значений четырех параметров.

— о —

Rechentechnisches Zentrum
der Ungarischen Akademie der Wissenschaften

B E R I C H T E

über die Erfahrungen, die während des Betriebes und der Anwendungen des Rechenautomaten M-3 in der ersten Hälfte des Jahres 1960 gemacht wurden

Nr. 5.

Budapest, August, 1961.

Győző Kovács:

KURZE TECHNISCHE BESCHREIBUNG DES RECHENAUTOMATEN M-3

/Seite 9/

Die logische Organisation des Elektronenrechners M-3 stimmt im grossen und ganzen mit dem Aufbau der einfacheren, programmgesteuerten binären Universalmaschinen überein. Das Eingabegerät der Maschine besteht aus einem Streifenlocher der Firma Siemens und einem Lochstreifenleser der Firma Ferranti. Das Ausgabegerät der Maschine ist ein üblicher Fernschreiber. Die durchschnittliche Operationsgeschwindigkeit des Rechenautomaten liegt verhältnismässig niedrig. Die Kapazität seines Magnettrommel-Speichers beträgt zur Zeit 1o24 Wörter, doch soll später die Kapazität des Speicherwerkes noch erhöht werden. Aus diesem Grunde werden zunächst mit der Maschine nur solche Aufgaben gelöst, wo an wenigen eingegebenen Daten eine hohe Anzahl von Rechenoperationen durchgeführt werden muss.

-- o --

Bálint Dömölki:

EINIGE ERFAHRUNGEN ÜBER DEN BETRIEB DES RECHENAUTOMATEN M-3

/Seite 21/

Der seit 1958 im Aufbau begriffene Rechenautomat befindet sich seit Anfang 196o ständig im Betrieb und seine Nutzbetriebszeit bewegt sich zur Zeit um etwa 6o %. Zur Sicherung der fehlerfreien Rechenoperationen wurden automatische Kontrollmethoden entwickelt. Bei der Auswahl der an der Maschine zu lösenden Aufgaben, bei der Vorbereitung der Aufgaben für die Maschine und während der Zeitdauer der Rechenoperationen wird mit den Mitarbeitern des auftraggebenden Instituts eine enge Zusammenarbeit gesichert.

-- o --

Tamás Frey:

DIE STATISCHE BERECHNUNG DER VERSTEIFUNGSTRÄGER DER ELISABETH-BRÜCKE

/Seite 27/

Die ungarische Schule für Matrizen-Theorie entwickelte ein neues Verfahren zur statischen Untersuchung von Hängebrücken /Ketten- und Kabelbrücken/, das den tatsächlichen Verhältnissen ganauer Rechnung trägt, als die alte Methode, bei der die Hängeglieder durch eine Hängewand ersetzt wurden. In diesem Artikel wird die numerische Weiterentwickelung dieses Verfahrens bekanntgegeben, ferner werden die mit dem elektronischen Rechenautomaten Muster M-3 durchgeführten Berechnungen beschrieben. Erfahrungsgemäss ist dieses Verfahren zur vergleichenden Bewertungen und Entwurfsvarianten sehr geeignet und vorteilhaft.

-- o --

Béla Kreko - Bálint Dömölki:

RECHENOPERATIONEN AN DEM RECHENAUTOMATEN M-3 IN BEZUG AUF DIE MINIMALISIERUNG DER TRANSPORTSPESEN

/Seite 33/

Zur Bestimmung des optimalen Transportprogramms zwischen mehreren Aufgabestationen und verschiedenen Bestimmungsorten empfiehlt es sich, die sogenannte Distributionsmethode der linearen Programmierung anzuwenden. Die als Ausgangsprogramm dienende Spesenmatrix kann durch Aufsuchen eines geschlossenen Weges durch "Turmbewegung" solange verbessert werden, bis die Gesamttransportspesen den minimalen Wert annehmen. Die Anforderung an dem Speicher der Maschine kann bei diesen Aufgaben in Abhängigkeit von der Bestimmungsorte recht gross sein, die Spesenmatrix kann jedoch in voneinander unabhängig zu behandelnde Blocks zerlegt werden. Die Lösung des Kraftwagen-Frachtprogramms des TEFU und der Aufgabe des Wissenschaftlichen Forschungsinstitutes der Ungarischen Eisenbahnen bezüglich der Transportierung der leeren Frachtwagen ergab eine Einsparung von mehreren Millionen Ft. Der Zeitbedarf der Maschine betrug für diese Rechenoperationen lediglich einige Stunden.

-- o --

József Buzgó:

DIE BERECHNUNG VON RAHMENKONSTRUKTIONEN NACH DER CROSS-SCHEN METHODE

/Seite 45/

Die Cross-sche Momentenverteilungsmethode ist ein stufenweise annäherndes Verfahren zur Berechnung von Rahmentragwerken. Bei diesem wird im Falle zahlreicher Eck-, bzw. Knotenpunkte, oder vieler Belastungsvarianten, da diese sich oft widerholende Rechnungsvorgänge benötigen, die Anwendung elektronischer Rechenautomaten wirtschaftlich. Die gesamte statische Berechnung einer fünfstöckigen Rahmenkonstruktion mit 23 Eck- und Knotenpunkten und 7 Belastungsarten erforderte mit Hilfe eines elektronischen Rechenautomaten vom Muster M-3 nur den zwanzigsten Teil der Zeit, die bei Beibehaltung derselben Genauigkeit erforderlich gewesen wäre, falls handbetriebene Rechenmaschinen gebraucht worden wären.

-- o --

Sándor Ganczer - László Veidinger:

ÜBER DIE MIT DER IN SCHACHBRETTFORM DARGESTELLTEN GESAMTPRODUKTENBILANZ VERBUNDENEN RECHENOPERATIONEN

/Seite 49/

Im Landesplanungsamt, im Zentralamt für Statistik, im Wirtschaftswissenschaftlichen Institut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und im Zentrum für Rechentechnik der Ungarischen Akademie der Wissenschaften werden in Bezug auf die in Schachbrettform dargestellten Gesamtproduktenbilanz /Bilanz der Wirtschaftszweigsbeziehungen/ parallel durchgeführte experimentelle Forschungen vorgenommen. In der gegenwärtigen Phase der Versuche wird die Ermittelung von Methoden angestrebt, die sich zur Kurzberechnung von mehreren Planvarienten eignen. Die Grundrechenoperatinn besteht dabei vorwiegend in der Invertierung einer Matrix höherer Ordnung und in der Multiplikation der Inversen mit verschiedenen Vektoren. An dem Rechenautomaten M-3 gelangten mehrere Koeffizienten-Matrizen 4o-ster Ordnung des Landesplanungsamtes, Matrizen 42-ster Ordnung des Zentralamtes für Statistik und Matrizen 3o-ster Ordnung der Eisenhüttenindustrie zur Invertierung, wobei die letztere unmittelbar, die vorstehenden durch Anwendung der Frobenius-Schurschen Relation invertiert wurden. Die Richtigkeit der Ergebnisse wurde mit Hilfe von drei verschiedenen Methoden kontrolliert. Die Inversen konnten mit Hilfe des Rechenautomaten M-3 auf fünf wesentliche Ziffern bestimmt werden. Die Berechnung einer Planvarianten nahm dabei insgesamt 3o Minuten in Anspruch.

-- o --

Gyula Lőcs:

MASCHINELLE WIRTSCHAFTLICHKEITS-BERECHNUNG DER LASTVERTEILUNG BEI ELEKTRIZITÄTSENERGIE-NETZEN

/Seite 57/

Die Bestimmung der optimalen Lastverteilung bei dem im gemeinsamen System arbeitenden elektrischen Kraftwerken geschieht am zweckmässigsten mit einem elektronischen Rechenautomaten, weil eine solche Berechnung manuell nur mit sehr groben Annäherungen vollendet werden könnte. Das hier angewandte Verfahren, das zur Lösung der Aufgabe führte, beruhte auf die kooperative Verkoppelung digitalen und analogen Methoden. Der Rechenautomat M-3 hat aus den durch Modellmessungen entstandenen Ausgangsdaten die sogenannten B Konstanten berechnet. Aus dieser Matrix berechnet dann das Forschungsinstitut für Elektrische Energie mit einer Analogmaschine die optimale Lastverteilung. Das Berechnen je einer kompletten B Matrix an dem Rechenautomaten M-3 hat 1o-15 Stunden der Maschinentätigkeit in Anspruch genommen. Eine solche Berechnung der Wirtschaftlichkeit in der Belastung der Kraftwerke ermöglicht Einsparungen in Ungarn, die jährlich mehrere Millionen Ft ausmachen.

-- o --

János Balatoni:

TRIGONOMETRISCHE STRAHLENUMRECHNUNG ZUM KONSTRUIEREN OPTISCHER SYSTEM

/Seite 63/

Auf Antrag der Gamma Optischen Werke wurde ein Maschinenprogramm zur Berechnung trigonometrischer Stahlenumbildungsprobleme verfertigt. Am elektronischen Rechenautomaten M-3 werden mit Hilfe dieses Programmes regelmässig Berechnungen durchgeführt. Diese Maschine erledigt diese Arbeit 5o-2oo-mal schneller, von der Zahl der auszuschreibenden Daten abhängend als es mit handbetätigten Rechenmaschinen durchgeführt werden könnte. So wird nicht nur die zur Konstruktion nötige Zeit verringert, sondern auch die Umrechnung derjenigen für die Qualität der Abbildung wesentlichen Strahlen ermöglicht, die bisher wegen ungenügenden Rechenkapazität nicht berechnet wurden.

-- o --

Tamás Frey:

DIE BERECHNUNG VON STATISCH MEHRFACH UNBESTIMMTEN GESCHLOSSENEN RAHMENKONSTRUKTIONEN

/Seite 67/

Die Joche der Kabelwindemaschinen sind aus geraden und gekrümmten Stäben bestehende, durch einen separat eingeschweissten Stab versteifte, geschlossene Rahmen. In dem gegebenen Belastungsfällen ist ein solcher Rahmen sechs-, bezw. vierfach unbestimmt. Es ist empfehlenswert das Problem mit Hilfe der Methode der Kräfte zu lösen. Die Lösung der bezüglichen Gleichungssysteme mit sechs, bzw. vier Unbekannten erfordert aber die vorhergehende Bestimmung sehr vieler Koeffizienten durch Integrierung. Die Berechnung der Koeffizienten und die Lösung der Gleichungssysteme, die Eingabe der Daten und das Drucken der Ergebnisse inbegriffen, wurde von dem Rechenautomaten in 24, bzw. 14 Minuten vollendet. Nachträgliche Modellversuche erwiesen die vollkommene Richtigkeit der maschinellen Rechnungsergebnisse.

-- o --

Pál Rózsa - László Veidinger:

ÜBER DIE INVERTIERUNG EINER TOEPLITZSCHEN MATRIX ZWANZIGSTER ORDNUNG

/Seite 73/

An Hand der von L.Jánossy stammenden Untersuchung der Dispergierung von Teilchen in einer Emulsion tauchte die Notwendigkeit der Invertierung einer Toeplitzschen Matrix unendlicher Ordnung auf. Bei der numerischen Invertierung des Abschnittes zwanzigster Ordnung der Matrix an dem Rechenautomaten M-3 konnten über die Struktur der Inversen der Matrix unendlicher Ordnung interresante Schlussfolgerungen gezogen werden. Die Inversion mit Hilfe von handbedienten Rechenmaschinen hätte die Arbeit von zwei Personen mehrere Wochen hindurch in Anspruch genommen, während dieselbe Arbeit an dem Rechenautomaten M-3 insgesamt etwa anderthalb Stunden dauerte.

-- o --

János Szelezsán:

QUANTITATIVE BERECHNUNG DER BEI DER PARTIELLEN OXYDATION DES METHANS ENTSTANDENEN VERBINDUNGEN

/Seite 75/

Die partielle Oxydation des Methans kann qualitativ mit Hilfe eines einen Parameter enthaltenden Gleichungssystems mit drei Unbekannten beschrieben werden. Das System wurde auf eine Gleichung mit einer Unbekannten reduziert, und diese Gleichung wurde für 13o Werte des Parameters nach der Methode "Regula falsi" gelöst. Der Zeitaufwand der Maschine betrug dabei 5 Stunden. Auch zwei etwas unterschiedliche Varianten der Aufgabe wurden gelöst.

-- o --

Frau Emilia Révész:

BESTIMMUNG VON LINEAREN REGRESSIONSKOEFFIZIENTEN MIT MEHREREN VERÄNDERLICHEN

/Seite 81/

Die Berechnung der linearen Regression besteht eigentlich in der Methode der kleinsten Quadrate, die zum Ausgleich der Messfehler dient. Im Wesen besteht diese Methode darin, dass auf Grund der Messergebnisse die sogenannten Normalgleichungen angeschrieben werden, und das hierdurch erhaltene lineare Gleichungssystem gelöst wird. Mit Hilfe des für den elektronischen Rechenautomaten vorbereiteten allgemeinen Programms dieser Aufgabe wurden drei lineare Regressionsberechnungen mit je sechs Veränderlichen an der Maschine durchgeführt, wobei der Zeitaufwand der Maschine etwa den fünfzigsten Teil desjenigen der manualen Aufarbeitung betrug.

-- o --

József Gergely:

DIE BERECHNUNG VON GERIPPTEN WÄRMEAUSTAUSCHER NACH DER SCHMIDT-SCHEN METHODE

/Seite 85/

Dieses auf Experimenten ruhende Dimensionierungsverfahren gibt die Werte des Wärmeübergangsfaktors als Funktion der geometrischen Dimensionen des Rippenrohres und der Parameter der Vermittlungsmedia. Die an dem Rechenautomaten M-3 durchgeführte Konvektorberechnung geschah mit einer aus 21 Formeln bestehende Formelreihe, deren Parameter variiert wurden. Die Maschine gab das Resultat der Berechnung in Tabellenform vierhundertmal schneller, als das bei manualer Verarbeitung möglich geworden wäre.

-- o --

József Gergely:

DIE AUSWERTUNG VON MESSGRÖSSEN

/Seite 89/

Das Zentrale Forschungsinstitut für Physik gab einen Auftrag zur Auswertung der Ergebnisse eines Experimentes, das zur Beobachtung der Elektronenaufschläge ausgeführt wurde. Man musste den arithmetischen Mittelwert, das zweite, dritte, vierte Moment von 5ooo Messgrössen bestimmen. Die Eingabe der Daten war langsam im Vergleich mit der Rechengeschwindigkeit und besonders die zur Ablochung der Daten nötigte Vorbereitungszeit war unverhältnismässig grösser als die effektive Zeit des maschinellen Rechnens. Eben darum kann man feststellen, dass Datenverarbeitungen solcher Art für den Rechenautomaten M-3 nicht vorteilhaft sind.

Ferenc Sándor:

DIE BESTIMMUNG DER WICKLUNGSFAKTOREN DER ZWEISCHICHT-WICKLUNGEN MIT GANZZÄHLIGEN NUTEN

/Seite 91/

Der Zahlenwert des Wicklungsfaktors bedeutet den Wirkungsgrad, mit dem man eine Wicklung zur Erregung magnetischer Felder mit gegebener Ordnungszahl und mit sinusförmiger Verteilung anwenden kann. Zur Bestimmung der Wicklungsfaktoren der Zweischichtwicklungen mit ganzzähligen Nuten dient eine Formel, die von vier Parametern abhängig ist. Der elektronische Rechenautomat M-3 hat diese Formel bei verschiedene Parameterwerte tabellenförmig hergestellt. Die dazu benötigte Zeit war ungefähr ein fünfzigster Teil derjenigen des Handberechnens.

-- o --

Computing Centre of the
Hungarian Academy of Sciences

R E P O R T S

on the operation and application experiences gathered during the first half of 196o with the electronic computer M-3.

No. 5

Budapest, August, 1961.

Győző Kovács

A SHORT TECHNICAL DESCRIPTION OF THE COMPUTER M-3.

/P.9/

The logical design of the electronic computer M-3 is in most respects the conventional one for simple binary computers. Its input devices consist of a Siemens teletype used as tape punch and of a Ferranti photoelectric tape reader. Its output device is a conventional teletype. The average operating speed of the computer is rather low. The present storage capacity of the magnetic drum store of 1024 words is to be increased later on. This is why the computer is generally used for problems requiring comparatively many operations performed on comparatively few input data.

-- o --

Bálint Dömölki

OPERATING EXPERIENCES WITH THE COMPUTER M-3.

/P.21/

The computer M-3 has been built since 1958 and has been regularly operating since the beginning of 1960. Its useful operating time is at present about 60 %. Automatic checking procedures have been elaborated to ensure reliable computing. Close cooperation with the consigner's employees is maintained in choosing the problems to be solved, in preparing them for the computer, and while the computation is being performed.

-- o --

Tamás Frey

THE STRESS-EXAMINATION OF THE STIFFENING GIRDERS OF THE ELISABETH BRIDGE

/P.27/

The Hungarian School of Theory on Matrix-Calculus developed a new method for the stress-calculation of suspension bridges /chain- and cable- bridges/, taking into consideration the real situation in a much more accurate manner than the old method /which replaced the suspension-bars with a suspension-curtain/. In the article the numerical development of this method is presented. Furthermore, the actual computations done by means of the electronic computer type M-3, are described, According to experiences the new method can be used with high efficiency for the comparative evaluation of many loading and design variables.

-- o --

Béla Krekó - Bálint Dömölki

MINIMALIZATION OF SHIPPING COSTS BY MEANS OF THE COMPUTER M-3.

/P. 33/

The "distribution method" of linear programming can be advantageously employed for finding the optimal programme of shipment between several source points and several destinations. The cost matrix used as the original programme can be improved by searching for a path closed by "rook movement", until the overall shipping costs are minimized. These problems may require a very large amount of computer storage, but the cost matrix can be divided into blocks that can be individually handled. The solution of problems of a trucking program for the TEFU Company and of empty freight-car moving for the Railway Research Institue yielded a saving of the order of million forints. Computing time was only a few hours.

-- o --

József Buzgó

CALCULATION OF FRAME-STRUCTURES BY USING CROSS'S METHOD

/P.45/

Cross's method of moment-distribution is a gradually approaching method for the calculation of frame-structures. In the case of a greater number of corner- and pivotal-points or many variables of loading, the calculation requires manyfold reiteration of computing procedures. Therefore, in such cases the use of electronic computers renders economy. The complete statical calculation of a five-storied frame-structure with 23 corner-and pivotal points and considering 7 different patterns of loading - carried out by usi an electronic computer type M-3 only required the twentieth part of the nec sary time of a manual statics calculation.

-- o --

Sándor Ganczer - László Veidinger

COMPUTATIONS IN CONNECTION WITH NATIONAL INPUT-OUTPUT TABLES

/P. 49/

Experimental and research work in connection with input-output type nationa productions and similar tables is simultaneously carried on in the Nationa Planning Office, the Central Statistical Office, the Institute of Economics, Hungarian Academy of Sciences and the Computer Centre, Hungarian Academy of Sciences. The present phase of experiments aims at methods solving the calculation of a greater number of planvariables in a short time. The basic computation is, as a rule, the inversion of a matrix of high order and multiplying it by different vectors. Matrices of the order of 40 /National Planning Office / 3o / ferrous metallurgy/ were inverted by means of the M-3 computer. The last mentioned was inverted directly while the others through the application of the Frobenius-Schur relation. The exactness of the result was checked on three different ways. Inverses could be determined to five significant figures. The computations of one plan-variable requires 30 minutes altogether.

-- o --

Gyula Lőcs:

ELECTRONIC COMPUTING OF ECONOMIC LOAD ALLOCATION IN ELECTRICAL POWER NETWORKS

/P. 57/

Optimal load allocation to electrical power stations feeding on common network is conveniently computed on an electronic computer, since approximations arrived at by manual computation are extremely crude. The solution method employed here is based upon a combination of digital and analogue technique. The so-called "B constants" have been computed on the M-3 digital computer from source data derived from measurements on models. Optimal load-sharing is computed from this matrix by means of an analogue at the Institute for Electrical Power Research. Computing a full B matrix took 1o-15 hours of operating time on the computer M-3. Several million forints per year can be saved in Hungary by economic load-sharing among power stations.

-- o --

János Balatoni:

TRIGONOMETRIC RAY TRANSFORMATION FOR THE DESIGNING OF OPTICAL SYSTEMS

/P.63/

A computer program has been set up for trigonometric transformation of light rays, sponsored by the Gamma Optical Works Co. By means of this programme computations are regularly performed on the computer M-3 at a speed 5o-2oo times faster /depending on the amount of output data/ than manual computation with the aid of a desk calculator. Beside reducing the time needed for designing, it enables the designer to transform rays that were hitherto uncomputed but which may affect the quality of the image.

-- o --

Tamás Frey:

COMPUTATION OF STATICALLY MULTIFOLD REDUNDANT

CLOSED-FRAME STRUCTURES

/P. 67/

The yokes of cable-braiding machines are closed frames, consisting of straight and curved bars, stiffened by a separate welded-up bar. For the given loadings the frame in question is six- or fourfold redundant, respectively. The problem can expediently be solved by using the method of forces, but the solution of the respective simultaneous equations with six and four unknowns, respectively, requires the previous determination of a lot of coefficients by integration. The computation of the coefficients and the solution of the simultaneous equations, the entering of the data and the printing out of the results included, was effected by the computer within 24 or 14 minutes, respectively. Subsequent model tests have proved the accuracy of the obtained results.

-- o --

Pál Rózsa - László Veidinger:

INVERSION OF A TOEPLITZ MATRIX OF ORDER 20

/P. 73/

Inversion of a Toeplitz matrix of infinite order was required, when scattering of particles in an emulsion was investigated according to a method developed by Louis Jánossy. After the inversion of the submatrix of order 20 on the electronic computer M-3, interesting conclusions could be drawn concerning the construction of the inverse of the infinite order matrix. With two men using manual calculating machines, this inversion would have required several weeks, while on the M-3 it took all in all about one and a half hour.

-- o --

János Szelezsán:

CALCULATION OF THE QUANTITY OF COMPOUNDS

PRODUCED DURING PARTIAL OXIDIZATION OF METHANE

/ P. 75 /

Partial oxidization of methane can be described qualitatively by a system of transcendental equations containing three unknowns and one paremeter. This system was reduced to an equation with one unknown and solved by the method of false position for the 130 parameter values. The computer performed these calculations in five hours. Two other versions of this problem, somewhat different from that given above, were also solved.

-- o --

Mrs. Emilia Révész

DETERMINATION OF MULTIVARIABLE REGRESSION COEFFICIENTS

/P. 81/

Linear regression calculus actually is a method of least squares serving to compensate the errors in the measurements. Essentially, it consists of determining the so-called normal equations based on measured values and then solving the obtained system of linear equations. Using a general programme of this problem, elaborated for the electronic combputer M-3, three calculations with six variables each were performed within a time about 50 times shorter than that required by manual work.

-- o --

József Gergely:

COMPUTATION OF RIBBED HEAT-EXCHANGERS

BY MEANS OF THE SCHMIDT METHOD

/P. 85/

This experimental dimensioning method yields the value of the heat-transfer coefficient as a function of the geometrical dimensions of the ribbed heat-exchanger and of the parameters of the heat-transfer medium. Convectors were computed on the M-3 by means of a series of 21 formulae with variable parameters. The computer yielded the results in tabulated form in about 1/400 of the time needed for manual computation.

-- o --

József Gergely:

EVALUATION OF MEASURED DATA

/P. 89/

The Central Research Institute for Physics of the Hungarian Academy of Sciences evaluated the results of experiments on the incidence of electrons. The arithmetical mean, and the first, second, third and fourth moments of 5000 measured data had to be computed. Since data input is slow when compared with the actual computing time, and data punching time is even more so, data evaluating tasks of this type are not the most favourable for the computer M-3.

-- o --

Ferenc Sándor:

DETERMINATION OF THE WINDING FACTORS OF DOUBLE-LAYER COILS WITH INTEGER NUMBER OF SLOTS

/P.91/

The quantitative value of the winding factor expresses the efficiency of the application of the coil to the generation of sinus distributed magnetic field of a given order on to the production of induced voltage. The winding factors of double-layer coils with integer number of slots are determined by formulae with four paremeters.

This formula was determined by the M-3 computer in tabular form according to the different systems of values of the parameters within about one fiftieth of the manual computation time.

-- o --

TARTLOMJEGYZÉK

E L Ő S Z Ó

A jelen Tájékoztató olyan időszakban jelenik meg, amikor a Magyar Tudományos Akadémia Kibernetikai Kutató Csoportjának átszervezése folyik az MTA Számitástechnikai Központjává. Az átszervezés nyomán fokozottabban előtérbe kerülnek az M-3 elektronikus számitógép hasznositásával, minél eredményesebb üzemeltetésével kapcsolatos feladatok. A jelen Tájékoztatót, amely az MTA Kibernetikai Kutató Csoportja által elinditott sorozatban az ötödik - ezt a számozást, a folytonosság jelölése céljából megtartottuk -, teljes egészében az M-3 elektronikus számitógépről készült beszámolók töltik ki. Az elektronikus számitógép eddig több, mint féléves folyamatos üzemeltetése során annyi tapasztalat gyült össze, amely már meghaladja a Tájékoztató szokásos kereteit. Ez az anyag emellett idehaza az elektronikus számitógépek fejlesztésével és felhasználásával kapcsolatos külföldi tapasztalatokkal szemben elsődleges érdeklődésre tarthat számot. Igy az M-3 géppel kapcsolatos jogos érdeklődés részbeni kielégitésére a Tájékoztató jelen számát kizárólag az M-3-as gépnek szenteljük. Ezirányu tájékoztatási kötelezettségünknek azért is örömmel teszünk eleget, mert a Magyarországon elsőként folyamatosan üzemelő univerzalis, digitalis, elektronikus számitógép első féléves tapasztalatai máris sokoldalu és meggyőző bizonyitó anyagot szolgaltatnak ahhoz a feltevéshez, hogy az elektronikus számitógépekre mind tudományos, mind gazdasági téren hazánkban is jelentős szerep vár.

A jelen Tájékoztató beszámolói az M-3 elektronikus számitógépen megoldott feladatok egy részéről adnak szamot. Ezek az első számitási feladatok többnyire kisérleti jellegüek, hiszen a feladatokat adó szervek az ilyen kisérleti számitások tapasztalatai alapján döntik el, milyen előnyökkel járna az uj technika alkalmazása. Emiatt, valamint a folyamatos üzemeltetésben eltelt idő rövidsége és a feladatok viszonylag kis száma miatt is - bár számuk és sokrétüségük gyorsan növekszik - meg korai volna végső következtetéseket levonni. Azonban már ma is módunkban áll e következtetések közül néhányat - megfelelő fenntartással - felvázolni.

Az M-3 számitógéppel szemben támasztott igények viszonylag gyors növekedése egyik bizonyitéka annak, hogy e korszerü technikára hazánkban szükség van és alkalmazására a feltételek általában megérettek. Számolnunk kell azzal is, hogy az érdeklődés növekedésének üteme a gépen szerzett tapasztalatok állandósulása és széles körben történő ismertté válása következtében jelentősen gyorsulni fog. Ehhez kapcsolódik közvetlenül az a felismerés, hogy az elektronikus számitógépeket a tudományos, a müszaki és a gazdasági életnek azok a területei veszik elsősorban igénybe, ahol a matematikai módszerek alkalmazása a feladatok megoldásánál már hosszabb ideje magától értetődő, vagy ahol az ilyen módszerek alkalmazásának előkészitésére jelentős erőfeszitések történtek. A gyakorlatban is megoldott feladatok példája serkentőleg hat azután azokra a területekre is - mint amilyen többek között a gazdaság -, ahol a korszerü matematikai módszerek széleskörü alkalmazásának jóformán még csak első lépéseinél tartanak.

Mint emlitettem, a számitások tulnyomórészt kisérleti jellegüek és ezért konkrét következtetések a számitások eredményeképpen várható gazdasági megtakaritások mértékére vonatkozóan még nem vonhatók, legfeljebb becsléseket lehet ezekre alapitani. Ezek a becslések azt mutatják, hogy számottevő megtakaritások várhatók a müszaki tervezés szinvonalának, az eddig gyakorlatila megoldhatatlan számitások elvégzése révén bekövetkező emelkedése nyomán. Ez a következtetés vonható le többek között a hid- és ép letszerkezetekkel kapcsolatos számitások eredményeiből, mégpedig a megtakaritások előreláthatólag sok millió forintos nagyságrendet érnek el. Nagy gazdasági jelentősége van az olyan számitások nak is, amelyek drága szerkesztési, vagy technológiai kisérleteket helyettesitenek, mint például az optikai rendszerek, illetve egyes vegyi folyamatok tervezésénél. Különösen nagy megtakaritások várhatók a gazdasági számitások alkalmazásából. Itt a távolabbi jövőben eredménnyel kecsegtető népgazdasági szintü tervszámitások kisérletein tul végeztünk már olyan számitásokat is - például a KPM Országos Fő-menetirányitó Szolgálata, illetve a Épitésügyi Minisztérium Szállitási Igazgatósága részére -, mely eredményeképpen adódó optimális szállitási programokat a gyakorlatban végre is hajtják. A tényleges gazdasági eredmény természetesen csak hosszabb időszak alapos elemzése után állapitható majd meg, de az óvatos becslések azt mutatják, hogy például az üres tehervagonok elosztásának programozása évi több tizmilliós nagyságrendü megtakaritást eredményezhet, pedig ez a tevékenység a vasuti teherszállitásnak csupán egy kis része.

Az eddigi tapasztalatok alapján az is mindinkább kiviláglik, hogy az elektronikus számitógépek alkalmazása nem egyszerüen számitástechnikai feladat, nem csupán az eddigieknél fejlettebb technikai berendezés bevonása a matematika segédeszközei sorába. Az elektronikus számitógépek által végzett és eddig kizárólag szellemi tevékenységnek minősülő funkciók szükségképpen oda vezetnek, hogy a numerikus analizis módszerei semmiképpen sem választhatók el a számitástechnikai megoldástól. Sőt, a feladat matematikai modellálása, a numerikus analizis és numerikus megoldás elválaszthatatlan, egymásra kölcsönösen ható és visszaható komplex feladatként jelentkezik. Ezért egyes esetekben a gépi megoldás érdekében a megbizók által javasolt numerikus analizis módszerének, sőt a feladat matematikai megfogalmazásának felülvizsgálására, módositására volt szükség. Ilyen értelemben várnak speciális feladatok, többek között a korszerü számitástechnika területén is, az MTA Számitástechnikai Központjára.

A Tájékoztató következő számaiban folytatni kivánjuk az elektronikus számitógépek fejlesztésével és alkalmazásával kapcsolatos beszámolók közlését, ugyanakkor megfelelő teret szánunk az előreláthatóan gyors ütemben bővülő hazai tapasztalatok közreadásának is.

dr. Aczél István

Kovács Győző:

AZ M-3 SZÁMITÓGÉP RÖVID MÜSZAKI ISMERTETÉSE

Az M-3 elektronikus számitógép logikai organizációja nagyjából megegyezik az egyszerübb univerzális programvezérlésü bináris gépek felépitésével. Bemenő berendezése egy Siemens gépadóból és egy Ferranti fotoelektromos lyukszalag olvasóból áll. Kimenő berendezése szokványos távgépiró. Átlagos müveleti sebessége viszonylag alacsony. Mágnesdobos memóriájának kapacitása jelenleg 1o24 szó, később növelik a gép adattárolási képességét. Emiatt a géppel lehetőleg olyan feladatokat oldanak meg, ahol kevés bevitt adaton sok számitást kell végezni.

A gép elektronikus /elektroncsöves logikai áramkörökből épült fel/, digitális /kettes számrendszerben számol/, univerzális /az alapmüveletek segitségével, bármely ezekre visszavezethető feladat megoldható vele/, programvezérlésü /előre elkészitett, memóriájában tárolt program szerint dolgozik automatikusan/ készülék.

Fő részei

I. Bemenő berendezés.
II. Memória.
III. Vezérlőegység.
IV. Müveleti vezérlőegység.
V. Aritmetikai egység.
VI. Kimenő berendezés.

I. Bemenő berendezés

A géphez jelenleg kétfajta bemenő berendezés illeszkedik.

a/ Siemens gépadó /elektromechanikus/.

b/ Ferranti fotoelektromos gyorsbevivő berendezés /elektronikus/.

A géptáviró szalagra Siemens teletype-pal nemzetközi ötös kódban lyukasztják a programot, és a hozzá tartozó adatokat.

A bevitel sebessége Siemens gépadóval cca 7 kód/mp, Ferranti olvasóval cca 3oo kód/mp.

II. Memória

A számitógép egy 1o24 szó tárolására alkalmas mágnesdobos memóriával müködik.

Egy kettes számrendszerbeli szám jegyei /bit-jei/ a dob alkotóján helyezkednek el, 4o mágneses fej végzi ezek irását, olvasását. A dob fordulatszáma 3ooo/perc, egy körülfordulás ideje tehát $t_f = 20\ msec$.

Egy szó adott cimre való beirásához vagy kiolvasásához szükséges idő - a memória elérési ideje - $\frac{t_f}{2} = 10\ msec$ átlagosan.

III. A vezérlőegység

Három funkciót teljesit.

a/ Számolja az utasitásokat, egy teljes utasitásciklus lezajlása után automatikusan adja a következő utasitás cimét, - indító regiszter /IR/.

b/ Egy regiszterben kijelöli azokat a cimeket, amelyekről az utasitást, és azt a két számot kell venni, amelyekkel a kijelölt müveletet végre kell hajtani. Ennek a regiszternek a tartalmát hasonlitjuk össze a memória megfelelő, a cim keresése alatt állandóan változó regiszterének tartalmával, - szelekciós regiszter /SzR/.

c/ Impulzus elosztó. Feladata vezérelni az utasitás végrehajtásának ütemeit.

A gép az utasitásokat nyolc ütemben hajtja végre.

1/ Az IR tartalma /a következő utasitás cime/ átmegy az SzR-be /az utasitás kiolvasásának előkészitése/ és olvasási utasitás megy a memóriába.

2/ Az előbbi cimen lévő utasitás kiolvasódik, azaz megjelenik az aritmetikai egység C regiszterében.

A C regiszter tartalmának /az utasitásnak/ bináris számjegy /bit/ csoportok szerinti felosztása:

1 b.sz.	6 bin.számjegy	12.bin számjegy	12 bin.számjegy
előjel	müvelet kódja	első cim	második cim

3/ Ebben az ütemben a végrehajtandó müvelet kódja átmegy a müveletet végrehajtó egység - müveleti programadó - regiszterébe, az első cim /első 12 bináris számjegy/, az SzR-be és olvasási parancs megy a memóriába az első cim tartalmának kiolvasására. Ugyanakkor az IR tartalmához egy hozzáadódik, ez lesz a következő utasitás cime. /Az utasitások lehetőség szerint egymás után következő cimeken vannak elhelyezve!/

4/ Az utasitás második cime /második 12 bináris számjegy/ átmegy az SzR-be. Ugyanekkor az előbbi olvasási parancsra az első cim tartalma kiolvasódik és megjelenik a C regiszterben.

5/ Az előbb kiolvasott első cim tartalma, jelenleg a C regiszter tartalma átmegy az aritmetikai egység A regiszterébe, a müvelet végrehajtásának kezdetéig itt tárolódik, és a második cim tartalmának kiolvasására olvasási parancs megy a memóriába.

6/ Az SzR-ben lévő második cim tartalma kiolvasódik és megjelenik a C regiszterben.

7/ A C regiszter tartalma - második cimen lévő szám - átmegy az aritmetikai egység B regiszterébe.

8/ "O" ütem. Müveleti parancs kiadása. Ezután a müveleti vezérlőegység elvégzi a müveleti kóddal kijelölt feladatot.

IV. Müveleti vezérlőegység

A gép öt alapmüveletet végez el. Ennek jelölésére a hat bináris számjegyből álló müveleti kód utolsó három bináris számjegyét használjuk fel.

/Rövidebb jelöléssel a bináris számot nyolcas számrendszerben is fel lehet irni, mivel $8^1 = 2^3$, tehát egy három számjegyből álló bináris szám egy számjegyü nyolcas számrendszerü számmal helyettesithető.

Igy pl. $110 = 1.2^2 + 1.2^1 + 0,2^0 = 6.8^0 = 6$

$111 = 1.2^2 + 1.2^1 + 1.2^0 = 7.8^0 = 7$,

egy hat jegyből álló bináris szám

$101\ 110 = /1.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0/.2^3 + /1.2^2 + 1.2^1 + 0.2^0/ = 5.8^1 + 6.8^0 = 56$, nyolcas számrendszerben

Összefoglalás

Az alapmüveletek

Megnevezése	Jele	Bináris kódja	Nyolcas kódja
Összeadás	+	... 000	. 0
Kivonás	-	... 001	. 1
Szorzás	x	... 011	. 3
Osztás	:	... 010	. 2
Log. szorzás	$\wedge$	... 110	. 6

Ezeket az utasitásokat a gép a következő módokon tudja végrehajtani. A végrehajtás módjának jelölésére a müveleti kód első három bináris számjegyét használjuk fel.

a/ Elvégzi a kijelölt müveletet a második és első cimen lévő számokkal, beirja az eredményt a második cimre.

b/ Elvégzi a kijelölt müveletet a második és az első cimen lévő számmal, az eredményt nem irja be a memóriába, megmarad az aritmetikai egység B és C regiszterében.

c/ A kijelölt müveletet az előző müvelet eredményével és az első cim tartalmával végzi el, ennek eredményét beirja a második cimre.

d/ A b/ és a c/ összekapcsolása, azaz az előző müvelet eredményével és az első cim tartalmával elvégzi a kijelölt müveletet, az eredmény nem iródik a memóriába, a regiszterben marad.

e/ Az első és második cim tartalmával elvégzi a müveletet, az eredmény a második cimre beiródik és kinyomtatódik.

f/ Az első és második cim tartalmainak abszolut értékével végzi a müveletet,de nem iródik a memóriába.

g/ Az előző müvelet eredményével és az első cimmel végzi a müveletet, a második cimre iródik az eredmény és kinyomtatódik.

h/ Az előző müvelet eredményének és az első cim tartalmának abszolut értékével végzi a müveletet, az eredmény nem iródik be a memóriába.

Ezeken, a müveleteket végrehajtó utasitásokon kivül egyéb, a program végrehajtását szabályozó utasitások is vannak: Ezeknek jelölésére az egész müveleti kód még fel nem használt kombinációit vesszük igénybe.

i/ Beviteli utasitás. A számot a szalagról beviszi a második cimre.

j/ Átadási utasitás. Az első cim tartalma a második cimre iródik be.

k/ Vezérlés átadás. Az utasitásokat a gép általában a memóriába való beirás sorrendjében hajtja végre. Ha ettől valamilyen ok miatt el akarunk térni, akkor utasitással közöljük, hogy a következő utasitást melyik cimtől kell a továbbiakban venni. Ilyen utasitások:

α/ A következő utasitás cime a vezérlésátadó utasitás első cime lesz. Az előző müvelet eredménye beiródik a második cimre, de az aritmetikai egységben is megmarad.

β/ Elvégzi az előző utasitást és ki is nyomtatja a C regiszter tartalmát.

γ/ A következő utasitást a gép a második cimről veszi. Az aritmetikai egységben az előző müvelet eredményének abszolut értéke marad.

δ/ Feltételes ugrás. A következő utasitást a gép a második cimről veszi, ha az előző müvelet eredménye pozitiv volt és az elsőről, ha negativ.

l/ Megállási utasitások.

Összefoglalás

A muveletmód

Betüjele a felsorolásban		Jele	Bináris kódja	Nyolcas kódja
a/			000 ...	0.
b/		,	001 ...	1.
c/		↓	010 ...	2.
d/		↓,	011 ...	3.
e/		n	100 ...	4.
f/		//,	101 ...	5.
g/		↓n	110 ...	6.
h/		↓//,	111 ...	7.
i/		Be	000 111	07
			010 111	27
j/		Á	000 101	05
			001 101	15
k/	α	Ul	010 100	24
	β	Uln	110 100	64
	γ	U2	111 100	74
	δ	FU	011 100	34
l/		megállás	000 100	04
			001 100	14
			100 100	44
			101 100	54
			001 111	17
			011 111	37
			101 111	57

A müveleti vezérlőegység tulajdonképpen ezeket a kódokat, ill. ezek variációit dolgozza fel utasitásokká.

A vezérlőegységet logikai funkciói szerint a következőképpen lehet felosztani:

a/ Müveleti regiszter. Feladata az utasitás végrehajtásának 3. ütemében az utasitás müveleti kódját átvenni és a C regiszter tartalmának megváltozása után is tárolni.

b/ Kapurendszer. A müveleti regiszter tartalmától függően az utasitás végrehajtás 0. /nyolcadik/ ütemében a müveleti parancs hatására különböző vezetéken megfelelő müveleti utasitást ad ki.

c/ A tulajdonképpeni müvelet vezérlő egység. A müveleti utasitás hatására különböző impulzusformákat állit elő, ezekkel vezérli az aritmetikai egység regisztereit, hogy a regiszterekben tárolt számokkal a megfelelő müveletet végre lehessen hajtani.

d/ Előjel tárolók. Az előjelek meghatározását a gép itt, a müveleti vezérlőegységben végzi.

V. Az aritmetikai egység

Tulajdonképpen néhány kiegészitő áramkörön kivül, az A, B, C és D regisztert foglalja magában.

A regiszterek elhelyezkedése a gépben

A regiszter
D regiszter
B regiszter
C regiszter

Ezeknek feladata a következőképpen foglalható össze.

1/ "A" regiszter.

Az utasitás végrehajtás 5.ütemében átveszi az utasitás első cimének tartalmát, a C regiszterből. Ez a szám a különböző müveletek esetén az

összeadandó,
kivonandó,
szorzandó, vagy
osztó.

A regiszter a kivonás vagy osztás esetén képezi tartalmának komplemensét /ilyen parancsra valamennyi számjegyének értékét a forditottjára változtatja: a=1011 $\bar{a}$=0100/.

2/ "B" regiszter.

Az utasitás végrehajtás 7. ütemében átveszi a C regiszterből az utasitás második cimének tartalmát, azaz az

összeadandót,
kisebbitendőt,
szorzót, vagy
osztót.

A regiszter kivonáskor képezheti tartalmának komplemensét, szorzás esetén a regiszter jobbra léptethető, osztás esetén balra.

A müveletek végén ebben a regiszterben kapjuk az

összeget,
különbséget, és
szorzatot.

3/ "C" regiszter.

A gép központja, a be- és kimenő egységet a memóriával, ezt az aritmetikai egységgel köti össze.

A müveletek végrehajtásának kezdete előtt ugyanazokat a számokat tárolja, mint a B regiszter.

Szorzáskor a regiszter jobbra léptethető, osztáskor vagy bevitel és kiirás esetén balra.

A müveletek végén, ebben a regiszterben képződik az osztás és logikai szorzás eredménye.

4/ "D" regiszter.

Feladata összeadásnál /és a többi müvelet is erre vezetődik vissza/ az átvitel képzése és tárolása. Papiron számolásnál a legkisebb helyértéken elvégzett összeadásnál az átvitelt megjegyezzük és a nagyobb helyértéken végzett összeadásnál a két tényező összegéhez hozzáadjuk:

$$\begin{array}{r} 381 \\ \underline{179} \\ 560 \end{array}$$

megjegyzett átvitel 11

Ezt az átvitelt a gépi bináris összeadásnál is "meg kell jegyezni", ezt teszi a D regiszter.

Az A és B regiszter közötti D regiszter soronlévő helyértéke akkor billen 1 állapotba, ha az A, D, B regiszterek tőle jobbra fekvő helyértékeiből legalább kettő van 1 állapotban.

Pl.: A 11011
D 10011
B 10011

Az összeadást kettes számrendszerben a következő szabályok szerint végezzük el:

0+0 = 0
0+1 = 1
1+0 = 1
1+1 =10
1+1+1 = /1+1/+1 = 10+1 = 11

A fenti példa megoldása nem gépi uton, hanem papiron az előbbi szabályok szerint:

$$\begin{array}{r} 11011 \\ \underline{+10011} \\ 101110 \end{array}$$

A gépi számolásu végeredménynek egyeznie kell a papiron számolt végeredménnyel. Az M-3 az összeadás eredményét egyszerre adja a B és C regiszterben, ez viszont azt jelenti, hogy összeadás után, az egyik összeadandó elveszik. Tehát

A 11011
D 10011
B 10011

101110 B és C uj tartalma, az összeadás végeredménye.

Az eredményt és a B regiszter eredeti tartalmát figyelembevéve az összeadás mechanikus /gépi/ szabálya a következőképpen foglalható össze.

Az eredményt tároló B regiszter kérdéses helyértékén lévő bináris szám az ellenkezőjére változik, ha a hozzátartozó D és A regiszter helyértékein lévő számok különböznek /0-1 vagy 1-0/, és marad, ha a kérdéses helyértéken az A és D regiszter tartalma egyezik. A fenti példán a szabály helyessége könnyen belátható.

VI. Kimenő berendezés

A készülék a postaforgalomban használt normál távgépiró.

A kiirást sorokban végzi, a soronként kiirt szavak száma változtatható.

A rászerelt lyukasztóval a kiirt adatokat szalagra is lehet lyukasztani, a szalag mint a gép "fixmemóriája" később ujra bevihető.

A kiirás sebessége 7 leütés/mp.

Néhány, a gép müködésére vonatkozó adat

A gép előjeles 3o bináris számjegyből álló számmal dolgozik. Ezt a számot abszolut értékben egynél kisebb számnak tekinti. Ha a számolás folyamán az eredmény egynél nagyobb lesz /pl. osztásnál lehetséges/, a gép megáll.

A feladatban a programozó gondoskodik arról, hogy a számitás végrehajtása során $\pm$ 1-nél nagyobb értékek ne keletkezhessenek.

A 3o helyértékü bináris szám 9 helyértékü decimális /tizes alapu/ számnak felel meg.

Már láttuk, hogy a memória közepes elérési ideje lo msec.

A müveletek végrehajtasahoz szükséges idő:

összeadás	$\sim$	6o μsec
kivonás	$\sim$	7o-12o μsec
szorzás	$\sim$	19oo μsec
osztás	$\sim$	2ooo μsec

Ha ezeket az időket a memória közepes elérési idejével összehasonlitjuk, adódik, hogy az utasitás végrehajtásának idejét főleg az határozza meg, hogy az utasitás végrehajtása közben hányszor kell a memóriához fordulni. Ezt viszont az utasitás végrehajtásának módja határozza meg. /A müveleti kód elő három bináris helyértékének tartalma./

Müveleti kód 8-as rendszerben	Jel	Memóriához fordulás száma	Végrehajtás ideje msec
0.		4	4o
1.	,	3	3o
5.	||,		
2.	↓	3	3o
3.	↓	2	2o
7.	↓||,		
24	U1	2	2o
34	FU	1	1o
74	U2		
05	Á	3	3o
15			

A táblázatban a beviteli /07; 27/ és kiirató /4.; 6o; 64/ utasitások nem szerepelnek. Bevitelkor a számot a C regiszterbe kell vinni, majd egy irás utasitással a memóriába irni. Igy egy szám bevitele Siemens géptávíróval cca 2 mp, az irás ideje elhanyagolható. Ferranti-szalagolvasóval kb. 5o + 1o = 6o msec. Az adatok kivitelénél kb. 2 sec-ig tart a C regiszter tartalmának kiirása.

A fenti gépi időket összevetve rögtön szembetünik, hogy olyan feladatokat célszerü az M-3-al megoldani, ahol aránylag kevés adat bevitelével sok számitást kell elvégezni, és a számitás végén kell az aránylag rövid eredményt kiirni.

Dömölki Bálint:

AZ M-3 GÉP ÜZEMELTETÉSÉNEK NÉHÁNY TAPASZTALATA

Az 1958 óta épülő M-3 számitógép 196o eleje óta folyamatosan üzemben van és jelenleg a hasznos üzemideje 6o % körül mozog. A hibamentes számitások biztositása érdekében automatikus ellenőrzési módszereket alakitottak ki. A gépen megoldandó feladatok megválasztásánál, gépre való előkészitésénél, valamint a gépi számitás idején szorosan együttmüködnek a megbizó intézmény munkatársaival.

A gép épitése, üzembehelyezése és tovabbfejlesztése

Az M-3 gép épitését a Magyar Tudományos Akadémia Kibernetikai Kutató Csoportja 1958. januárjában kezdte meg szovjet dokumentáció alapján. Az 1958-as év a gép épitésével, az 1959-es év a gép üzembehelyezésével és a megfelelő üzembiztonság elérésével telt el. A gép rendszeres üzemeltetése 196o-ban kezdődött meg, noha már az 1959-es év második felében is oldottunk meg a gépen egyes gyakorlati feladatokat.

Jelenleg is folynak azonban még a gépen a számitási feladatokkal párhuzamosan egyes fejlesztési munkák, igy

- mágnesszalagos memória 25.ooo szó befogadására,
- gyorsmüködésü ferritmemória kezdetben 16, később 1o24 szó kapacitással,
- a jelenlegi 1o24 szavas dobmemória kapacitást megduplázó kétdobos átkapcsoló berendezés,
- valamint a jelenleg legszükebb keresztmetszetet jelentő kinyomtatás o,5 szó/mp-es sebességét 3o-4o-szeresre növelő gyorskiiró szerkezet épitése és a géphez való illesztése.

A gép üzemidejének felosztását és ezen belül a hasznos üzemidő kedvező alakulását 196o első félévében az alábbi táblázat mutatja:

Hónap	Bekapcsolt idő	Fejlesztési idő	Üzemeltetésre fordított idő	Eredményes számolás	Program-kipróbálás	Hasznos idő összesen	Karbantartás és hibakeresés	Hibás számolás és kihasználatlan idő	Eredménytelen idő összesen
	óra	óra	óra	%	%	%	%	%	%
	1	2	3 =1-2	4	5	6 =4+5	7	8	9 =7+8
I.	518	137	381	13,5	4,8	18,3	73,2	8,5	81,7
II.	518	71	447	15,1	6,7	21,8	66,5	11,7	78,2
III.	546	15	531	31,4	9,9	41,3	5o,1	8,6	58,7
IV.	458	78	38o	38,6	11,3	49,9	34,1	16,o	5o,1
V.	613	99	514	51,6	5,6	57,2	26,4	16,4	42,8
VI.	563	21	542	5o,7	11,4	62,1	27.1	1o,8	37,9

A hibamentes számitás biztositása

A gép üzemképes állapotának fenntartása napi karbantartó vizsgálatok segitségével történik. Ennek során ellenőrző programot járatunk a gépen, amely az esetleges elkövetett hibákat azonnali megállással jelzi és utal a hiba helyére is. Ezt a programot a gép a legfontosabb tápfeszültségek megváltoztatása mellett hajtja végre. Igy azok az elemek, amelyek számitás közben a tápfeszültségek névleges értéke mellett bizonytalanul müködnének, a feszültségváltoztatás során feltétlenül kiesnek. Erre a karbantartó vizsgálatra napi átlagban 2-3 órát forditunk. Ezzel a számitások ideje alatt elkövetett hibák számát a minimálisra lehet csökkenteni. Tekintettel azonban arra, hogy a gépben véges élettartamu alkatrészek /csövek, diódák/ vannak, a véletlen hibák fellépését teljesen kizárni nem lehet. Ezért minden egyes feladatnál szükség van a számitás során a gép helyes müködésének ellenőrzésére.

Ez az ellenőrzés a szalagokról történő adatbevitel ellenőrzésével kezdődik meg. Ebből a célból a gépbe egy olyan áramkört épitettünk be, amely minden egyes szalag bevitelekor arról u.n. kontrollösszeget képez. Amikor valamely szalag első izben kerül bevitelre, akkor többszöri bevitellel meggyőződünk a keletkezett kontrollöszszeg helyességéről és ezt a számot a szalagra ráirjuk. Igy minden további bevitelnél egyértelmüen meg tudjuk állapitani a bevitel helyességét, s igy elkerülhetjük azt, hogy hibásan bevitt adatokkal hosszas számitást végezzünk.

A számitás során a gép helyes müködésének ellenőrzését általában a programba épitik be. Ez a feladat természetétől függően többféle módon történhetik. Azoknál a feladatoknál, amelyeknél a kapott eredményeknek vagy részeredményeknek valamely természetes ellenőrzési módja lehetséges /pl. egyenletmegoldásoknál a behelyettesités/, a legcélszerübbnek látszik ennek a programba való beépitése és a gép által esetleg elkövetett hiba azonnali automatikus jelzése. Nehezebb a helyzet azoknál a feladatoknál, amelyeknél ez a lehetőség nincs meg /pl. képletsorozatok számitása/. Ebben az esetben az egyedüli megoldás a számitás megismétlése. Ez történhetik olymódon, hogy az egész programot a memóriában két különböző helyen helyezzük el és az egyik "ág" lefutása után a gép ráugrik a másik programrész lefutására és tovább csak abban az esetben megy, ha a két ágon számitott eredmények megegyeznek. Abban az esetben, amikor a memória szük kapacitása erre a megoldásra nem ad lehetőséget, a programot csak egy példányban helyezzük el a memóriában és gondoskodunk a programban arról, hogy a megfelelő programrész lefutása után a gép a szükséges visszaállitásokat elvégezze és visszaugorjon ennek a programrésznek az ismétlésére. Ez természetesen az előbbi megoldáshoz képest programozási bonyodalmakkal jár. Ha sem az egyik, sem a másik módszert nem tudjuk alkalmazni, akkor kénytelenek vagyunk a számitás ellenőrzésének "legegyszerübb módjához" az egész számitás megismétléséhez folyamodni. Ennek hiányossága természetesen az, hogy bármely hiba esetén az egész számitási idő kárbaveszett, mig az előző megoldásoknál a veszteség az időnek csak egy tört része.

Mindezek az ellenőrzési módszerek csak a gép számításközbeni helyes müködésének ellenőrzésére vonatkoznak. Ezenkivül természetesen megbizhatóan ellenőrizni kell a számítási program helyességét is. Ez általában olymódon történik, hogy egy kisebb, kézzel is kiszámolható kontrollfeladatot hajtunk végre és a gép által kiadott eredményeket egyeztetjük a kézi számolás utján nyert eredményekkel. /Nyilvánvalóan azokban az esetekben, amikor az eredmények természetes ellenőrzése lehetséges, a kézi számolásra nincsen szükség./

Ilymódon a feladat megoldásának minden fázisában az állandó ellenőrzés biztositja azt, hogy a kiadott végeredmények feltétlenül megfeleljenek a megbizó által megadott feladatnak. Abban a sajnos elég gyakori esetben azonban, amikor a megbizó által megadott feladat, vagy ennek egyes kiinduló adatai hibásak, a nálunk végzett ellenőrzési módszerek természetesen nem tudják biztositani az eredmény helyességét. Ennek elkerülésére az egyik módszer az, amire az utóbbi időben több esetben volt is már példa, hogy a megbizó intézmény egy munkatársa közvetlenül résztvett a számitás elvégzésében vagy annak előkészitésében, ami biztositotta azt, hogy a felmerült problémák azonnal időveszteség nélkül kerülhettek megoldásra.

Milyen feladatok vállalása gazdaságos?

A feladatok megoldásánál jelenleg elég szük keresztmetszetet jelent a program, illetve a kiinduló adatok lyukasztása, tekintettel arra, hogy intézetünknek jelenleg csak két Siemens géptávirója van, amelyek közül csak egy áll lyukasztási célokra rendelkezésre. Ezért célszerünek látszana az, ha egyes intézmények, ahol erre mód van, a lyukasztási munka egy részét saját géptávirójukon végezhetnék el, az adatok lyukasztásának sorrendjét és módját természetesen részletesen megadnánk.

Az M-3 gép, mint minden univerzális digitális számitógép, - ha a memória kapacitástól és az időbeli korlátozásoktól eltekintünk - bármilyen, pontosan definiálható feladat megoldására képes. Természetes azonban, hogy a feladatok között is megkülönböztethetünk olyanokat, amelyeknek megoldásra az M-3 gépen célszerü és olyanokat, amelyeknek megoldására inkább célszerü más gépekhez folyamodni. Igy tekintettel arra, hogy az adatok bevitelének és kiirásának sebessége a gépen a többi müveleti sebességekhez képest viszonylag lassu, az olyan feladatok megoldása látszik a leggazdaságosabbnak, ahol kevés bevitt adattal hosszas számolást kell végezni és eredményül ismét kevés adatot kell kiirni. Ilyenek pl. sok ismeretlenes egyenletrendszer megoldások, szállitási feladatok, sokparaméteres képletsorozatok számitásai stb. Ezzel szemben az olyan feladatok megoldása, ahol sok adattal kevés számolást kell végezni, természetesen elvégezhetők az M-3 gépen, de nem gazdaságos. Ilyenek pl. közönséges átlagok számitása sok kiinduló adatból, vagy olyan táblázatok készitése, ahol sok eredmény kiirására van szükség, stb.

A számitások elvégzésének "gazdaságosságát" az is befolyásolja, hogy a feladat megoldása milyen mennyiségü programozási munkát igényel. Igy az olyan feladatoknak megoldását, amelyeknek programja már korábban elkészült, egész rövid idő alatt el tudjuk végezni, mig az olyan feladatoknál, amelyeknél komoly programozási munkát is kell végezni, a feladat megoldása több hónapot is igénybe vehet. Természetesen az ily módon elkészitett programot azután már fel tudjuk használni más hasonló jellegü feladatok megoldására is.

A feladatok megoldásának határidejét az is befolyásolja, hogy - mint emlitettük - a gépen a számitásokkal párhuzamosan fejlesztési munkák is folynak, amelyek időnként a számolast néhány hétre háttérbe szoritják és ilyenkor csak heti 25-3o óra számolást tesznek lehetővé a normális 7o-8o órával szemben. Azonban a csökkentett hasznos üzemidő feltétlenül biztositja a vállalt rendszeres időközökben elvégezendő feladatok végrehajtását.

Az M-3 gép uzemeltetési tapasztalatainak ilyen rövid felsorolása természetesen csak hiányos lehet, már csak azért is, mert mindössze félévi üzemeltetési idő áll mögöttünk. Munkánk a továbbiakban arra irányul, hogy gépünk üzembiztonságát és - a tervezett fejlesztések végrehajtásával - kapacitását és sebességét mindjobban növeljük és igy minél több gyakorlati feladat megoldásával bizonyithassuk be az elektronikus számitógépek alkalmazásának hasznosságát.

Frey Tamás:

AZ ERZSÉBET-HID MEREVITŐ TARTÓINAK SZILÁRDSÁGTANI VIZSGÁLATA

Függőhidak /lánc- vagy kábelhidak/ szilárdságtani ellenőrzésére egy uj, a valóságos helyzetet a régi módszernél /amely a függesztőrudakat függesztő lepellel helyettesitette/ pontosabban figyelembevevő módszert dolgozott ki a magyar mátrixelméleti iskola. Az alábbiakban ezen módszer numerikus továbbfeljesztését ismertetjük, továbbá az M-3 elektronikus számitógép segitségével végzett konkrét számitásokat irjuk le. A tapasztalat szerint az uj módszert nagy effektivitással alkalmazhatjuk számos terhelés és tervvariáns összehasonlitó értékelésére is.

A függőhidak /lánc- vagy kábelhidak/ tervezésénél a merevitő tartó tapasztalat alapján felvett geometriai méreteit az összes veszélyes teherállások figyelembevételével szilárdságtanilag ellenőrizni kell. Ha az ellenőrzés során a felvett méretek nem bizonyulnak megfelelőknek, ujabb variánsokat kell felvenni és ellenőrizni.

A szokásos szilárdságtani vizsgálati módszereknél általában a merevitőtartó keresztmetszetét állandónak tekintik, a láncot, ill. a kábelt a merevitőtartóval összekötő függesztőrudakat pedig egy folytonos függesztő lepellel helyettesitik. Az igy kapott tartó szilárdságtani állapotát leiró differenciálegyenletet valamilyen pontos, vagy közelitő módszerrel oldják meg. Minthogy a helyettesitő tartó nem ekvivalens a tényleges szerkezettel, feszültségviszonyaik sem egyeznek meg teljesen. A közelitő eljárás pontatlanságát a megengedett feszültségek bizonyosfoku csökkentésével veszik figyelembe, ami jelentős anyagtöbblet felhasználással jár.

A magyar matrixelméleti iskola az utóbbi években kialakitott egy a valóságos helyzetet pontosabban követő számitási módszert, amely már nem függesztő lepellel helyettesiti a függesztő rudakat, azonban modern elektronikus számitógép hiányában mindeddig csak azonos keresztmetszetü lánctagokból, azonos keresztmetszetü és egymástól egyenlő távolságban elhelyezkedő függesztőrudakból és egész hosszában egyenlő hajlitószilárdságu merevitő tartókból épült lánchidak esetében /az u.n. "egyenletes" lánchidak esetében/ lehetett a gyakorlatban ténylegesen elvégezni a számitást.

Az Erzsébet-hid most folyó tervezési munkái során az Épitéstudományi Intézetben előkészitették a matrix-módszer alkalmazását a tényleges, nem "egyenletes" Erzsébet-hid méretezésére és az MTA Számitástechnikai Központját megbizták a numerikus előkészitő vizsgálatok elvégzésével és a számitásoknak az M-3 gépen történő lefuttatásával.

Matematikailag igy lehet megszövegezni a szilárdságtani feladatot: Az

$$\underline{\underline{A}}/\underline{x}/\cdot\underline{x} = \underline{b}/\underline{x}/ \qquad /1/$$

linearizált alakba irt nemlineáris egyenletrendszert kell megoldani, ahol az ismeretlen $\underline{x}$ vektor rendezői részben az

$$x_i = z_i \qquad /i = 1, 2, \ldots, 28/$$

lehajlásértékek /az i -edik függesztőrudnál; a konkrét tervben épp 28 ilyen függesztőrud szerepel/, részben az

$$x_j = -M_j \qquad /j = 29, 30/$$

végponti nyomatékok; az $\underline{\underline{A}}/\underline{x}/$ mátrix rendezői:

$$A_{ij} = 0, \text{ ha } i; j \leq 28 \text{ és } j \neq i-1;\ i;\ i+1$$

$$A_{i;i} = [\overline{i-1; i; i+1}] = 2\left[1 + H\frac{e^2}{6E}/\frac{1}{J_{i-1;i}} + \frac{1}{J_{i;i+1}}/\right], /i = 1, 2, \ldots, 28/$$

aholis H az $\underline{x}$ ismeretlennel is összefüggő, a teljes terhelés következtében fellépő kábelerő vizszintes komponense, e a függesztőrudak távolsága, E a merevitőtartó rugalmassági modulusa, $J_{i;i+1}$ pedig a merevitőtartó i és $i+1$ -edik függesztőrudak közötti szakaszának inercianyomatéka;

$$A_{i;i+1} = [\overline{i; i+1}] = -1 + H\frac{e^2}{6E}\cdot\frac{1}{J_{i;i+1}} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 28)$$

Emellett

$$A_{29;i} = A_{30;28-i} = H.A_{i;29} = H.A_{28-i;30} =$$

$$= H\,\frac{87-3i+1}{29}[i-1;i] + H\,\frac{87-3i-1}{29}[i;i+1] \quad (i=1,2,\dots,28)$$

és $[i;i+1] = \frac{e^2}{6E}\cdot\frac{1}{J_{i;i+1}}$, továbbá $[i-1;i;i+1] = 2\frac{e^2}{6E}\left(\frac{1}{J_{i-1;i}} + \frac{1}{J_{i;i+1}}\right)$

Végül

$$A_{29;29} = A_{30;30} = \frac{1}{29^2}\sum_{i=1}^{29}(6i^2-6i+2).\ [i-1;i] + e.\varphi,$$

aholis φ a merevitőtartó egyik végpontjának szögforgása az ugyanitt ható 1 tm. egységnyomaték hatására;

$$A_{29;30} = A_{30;29} = \frac{1}{29^2}\sum_{i=1}^{29}(-6i^2+180i-89)[i-1;i]$$

A $\underline{b}(\underline{x})$ perturbáló-vektor ilyen alaku:

$$\underline{b}(\underline{x}) = \underline{\underline{B}}\,\underline{\xi} = \underline{\underline{B}}(-\underline{y}H_p + \underline{M}),$$

ahol a $\underline{\xi} = \underline{M} - H_p\underline{y}$ vektor rendezői:

$$\xi_i = M_i^{(0)} - H_p y_i \qquad (i=1,2,\dots,28)$$

és $M_i^{(0)}$ a szabadon felfekvő és kéttámaszu tartóként kezelt merevitőtartóra ható, az i -edik függesztőrud csatlakozásánál a teher hatására fellépő - adott - nyomaték. y_i az i -edik függesztőrud csatlakozópontjában a lánc behajlása az önsuly hatására, H_p pedig az $\underline{x}$ -től ismét függő, és a terhelés következtében fellépő, járulékos kábelerő vizszintes komponense. A $\underline{\underline{B}}$ mátrix ilyen alaku:

$$B_{ij} = 0, \text{ha } j \neq i-1; i; i+1 \text{ és } i = 1,2,\dots,28,$$

$$B_{ii} = [i-1;i;i+1];\ B_{i-1;i} = [i-1;i];\ B_{i;i+1} = [i;i+1] \qquad (i=1,2,\dots,28)$$

$$B_{29,j} = \frac{1}{H}A_{29;j};\ B_{30;j} = \frac{1}{H}A_{30;j} \qquad (j=1,2,\dots,28)$$

$$B_{i,29} = B_{i,30} = 0, \qquad (i=1,2,\dots,28)$$

$$B_{29;29} = B_{30;30} = e;\ B_{29;30} = B_{30;29} = 0.$$

A H és H_p közötti összefüggés:

$$H = H_g + H_p ,$$

ahol H_g az önsuly hatására fellépő kábelerő vizszintes komponensét jelöli. Az összefüggést az $\underline{x}$ ismeretlen és a H_p kábelerő között a t hőmérsékleten a

$$\frac{8ne}{l} \sum_{i=1}^{28} \xi_i - \frac{H_p}{E_k F_k} L - \alpha_t L_t \cdot t = 0 \qquad /2/$$

egyenlet szabja meg, ahol E_k a kábel /lánc/ rugalmassági modulusát, F_k a keresztmetszetét, n a nyilmagasság/fesztáv arányát, l a közepes fesztávot, L és L_t adott hosszuságokat jelölnek.

Az egyenlet megoldására az ÉTI eredetileg egy iterációs módszert javasolt, amelynek kiindulása szerint a H_p értékét találomra - majd az iteráció meghatározta korrekcióval javitva - vesszük fel. Ezt az értéket helyettesitve, kiszámitjuk az $\underline{A}$ mátrixot és a $\underline{b}$ perturbáló vektort, ezekkel megoldjuk az /1/ egyenletrendszert. A felvett H_p értéket és az /1/ megoldásaként ehhez tartozó $\underline{x}$ vektort /2/-be helyettesitve kiszámitjuk az azt kielégitő t hőmérsékletet. E hőmérséklet és a tulajdonképpen adott hőmérséklet különbsége indikálja H_p javitását.

A módszert az M-3 gépen kipróbáltuk, de nem mutatkozott használhatónak, mert vagy egyáltalán nem konvergens az eljárás, vagy ha igen, csak nagyon lassan.

Sikerült azonban egy lényegében zárt alaku megoldást biztositó eljárást találni, amelynek további előnye, hogy adott geometriai és szilárdsági viszonyok, de különböző terhelések mellett végezve az ellenőrzést, a számitások zömét előre el lehet végezni. Igy a különböző terhelési esetek már csak bizonyos, könnyen programozható kiegészitő számitásokat igényelnek. Reális célkitüzést jelent tehát egy-egy tervezési feladattal kapcsolatban négy-öt verzió végigszámolása, mindegyiket 2o-3o különböző terhelés mellett.

A javasolt módszer lényegét az alábbiakban röviden vázoljuk. Ennek alapján ismertetjük azt is, hogy mennyi gépi időt, ill előkészitő, programozó munkát kell egy-egy variáns kiszámitásánál befektetni.

Mindezek alapján az M-3 gép segitségével a teljes biztonságot nyujtó leggazdaságosabb variáns paramétereit meg is fogjuk határozni.

Az alkalmazott módszer lényege: Az $\underline{\underline{A}}$ és $\underline{\underline{B}}$ mátrixot hipermátrixként kezelve meghatározott módon összegekre bontjuk és zárt iterációs ciklust vezetünk be. K -val a H_p járulékos kábelerő egy becsült közelitését, H_k -val pedig a $H_g + K$ öszszegét jelölve, legyen $\underline{\underline{A}}_1$ egy olyan 28.28 elemü kvadratikus mátrix, amely formálisan megegyezik $\underline{\underline{A}}$ azonosrendü bal felső főminorjával, de az abban szereplő H értékeket mindenütt H_k -val pótoljuk. Az $\underline{\underline{A}}_2$ 28.2 elemü mátrix megegyezik $\underline{\underline{A}}$ ugyanilyenrendü jobb felső minorjával, $\underline{\underline{A}}_3$ pedig $\underline{\underline{A}}$ jobb alsó 2.2-edrendü főminorja. Ugyanilyen kapcsolat van a $\underline{\underline{B}}$ mátrix és $\underline{\underline{B}}_1$ bal felső ill. $\underline{\underline{B}}_3$ jobb alsó főminorja között. Legyen végül $K_H = H - H_k$. Ezekkel $\underline{\underline{A}}$ ill. $\underline{\underline{B}}$ ilyen alakba irható:

$$\underline{\underline{A}} = \underline{\underline{A}}_k + K_H \cdot \underline{\underline{C}}; \qquad \underline{\underline{A}}_k = \begin{bmatrix} \underline{\underline{A}}_1 & \underline{\underline{A}}_2 \\ H_k \cdot \underline{\underline{A}}_2^* & \underline{\underline{A}}_3 \end{bmatrix}; \qquad \underline{\underline{C}} = \begin{bmatrix} \underline{\underline{B}}_1 & \underline{\underline{O}} \\ \underline{\underline{A}}_2^* & \underline{\underline{O}} \end{bmatrix}$$

és

$$\underline{\underline{B}} = \underline{\underline{C}} + \underline{\underline{D}}; \qquad \underline{\underline{D}} = \begin{bmatrix} \underline{\underline{O}} & \underline{\underline{O}} \\ \underline{\underline{O}} & \underline{\underline{D}}_1 \end{bmatrix}; \qquad \underline{\underline{D}}_1 = \begin{bmatrix} e & o \\ o & e \end{bmatrix}$$

Az /1/ egyenlet tehát:

$$\underline{\underline{A}}_k \underline{x} + K_H \underline{\underline{C}} \underline{x} = - H_p \underline{\underline{C}} \underline{y} + [\underline{\underline{C}} + \underline{\underline{D}}] \underline{M} = - K_H \underline{\underline{C}} \cdot \underline{y} - K \underline{\underline{C}} \underline{y} + [\underline{\underline{C}} + \underline{\underline{D}}] \underline{M} = - K_H \underline{\underline{C}} \underline{y} + \alpha , \qquad /3/$$

aholis:

$$\alpha = [\underline{\underline{C}} + \underline{\underline{D}}] \underline{M} - K \underline{\underline{C}} \underline{y}$$

ismert vektor.

A /3/ egyenletben szereplő mátrixok egyike sem függ már $\underline{x}$ -től, csak a K_H ismeretlen korrekciós erő. Könnyü belátni, hogy $\underline{\underline{A}}_k$ nem szinguláris mátrix. Jelöljük reciprokát $\underline{\underline{R}}$ -rel. Igy /3/ alapján

$$\underline{x} = \underline{\underline{R}} \left[\alpha - K_H \underline{\underline{C}} \underline{x} - K_H \underline{\underline{C}} \underline{y} \right] = \underline{a} - K_H \underline{\underline{F}} \underline{x} - K_H \underline{\underline{F}} \underline{y} \qquad /4/$$

ahol $\underline{a} = \underline{\underline{R}}\,\alpha$ és $\underline{\underline{F}} = \underline{\underline{R}}\,\underline{\underline{C}}$. Igen lényeges, hogy $\underline{\underline{F}}$ és ezzel együtt $\underline{\underline{F}}^2$; $\underline{\underline{F}}^3$; ... a terhelések konkrét ismerete nélkül, a kábelhid geometriai és szilárdságtani adatai alapján előre kiszámitható.

A /4/ egyenletben a jobboldalon $\underline{x}$ helyébe rendre ujra és ujra a teljes jobboldalt helyettesitve, az

$$\underline{x} = \underline{a} - K_H\underline{\underline{F}}\left[\underline{a} - K_H\underline{\underline{F}}\underline{x} - K_H\underline{\underline{F}}\underline{y}\right] - K_H F\underline{y} =$$

$$= \underline{a} - K_H\underline{\underline{F}}\,/\underline{a} + \underline{y}/ + K_H^2\underline{\underline{F}}^2\underline{y} + K_H^2\underline{\underline{F}}^2\underline{x} =$$

$$= \underline{a} - K_H\underline{\underline{F}}\,/\underline{a}+\underline{y}/ + K_H^2\underline{\underline{F}}^2/\underline{a}+\underline{y}/ - K_H^3\underline{\underline{F}}^3\underline{y} - K_H^3\underline{\underline{F}}^3\underline{x} = \dots$$

egyenletrendszer adódik. Feltéve, hogy $\|K_H F\| < 1$ /ami K megfelelő választásával mindig elérhető/ ezt az eljárást minden határon tul folytatva az

$$\underline{x} = \underline{a} + \sum_{s=1}^{\infty} /-1/^s K_H^s \underline{\underline{F}}^s\,/\underline{a}+\underline{y}/ = \underline{a} - \underline{\underline{E}}\,/\underline{a}+\underline{y}/ + \left[\underline{\underline{E}} + K_H\underline{\underline{F}}\right]^{-1}/\underline{y}+\underline{a}/ \qquad /5/$$

egyenlet alapján lenne $\underline{x}$ számitható K_H ismeretében. Jelölje $\underline{\sigma}$ azt a vektort, amelyre $\sigma_i = 1$, ha $i = 1, 2, \dots, 28$ és $\sigma_{29} = \sigma_{30} = 0$. Ekkor

$$\sum_{i=1}^{28} \eta_i = \underline{x}\cdot\underline{\sigma} = -\underline{\sigma}\cdot\underline{y} + \underline{\sigma}\left[\underline{\underline{E}} + K_H\underline{\underline{F}}\right]^{-1}/\underline{y}+\underline{a}/. \qquad /6/$$

Ezt helyettesitve a /2/ egyenletbe, K_H -ra nyerünk egy egyenletet, amelyet numerikus módszerrel könnyü tetszőleges pontossággal megoldani. K_H ismeretében /5/ alapján $\underline{x}$ már könnyen számitható.

A számitások tetszőleges geometriai és szilárdságtani, továbbá tetszőleges terhelési adatok mellett ugyanezen elv alapján könnyen elvégezhetők. Egy konkrét geometriai és szilárdságtani adatrendszer és két szélsőséges terhelési eset figyelembevételével a programozott módszert az M-3 gépen lefuttattuk. Az előkészitő számitások /konkréten $\underline{\underline{F}}$, $\underline{\underline{F}}^2$ és $\underline{\underline{F}}^3$ megállapitása és lyukszalagra vitele/ egy-egy cca. 3o függesztőrudat feltételező terv-variáns esetében kb. 1,5 óráig tartanak. Ezután az egy-egy konkrét terheléshez tartozó igénybevételek kiszámitása és kinyomtatása kb. 25-4o perc alatt elkészül. Reális tehát annak a lehetősége, hogy az M-3 gép segitségével a teljes biztonságot nyujtó leggazdaságosabb tervvariánst kiválasszuk. Az elméleti munka bőségesen megtérül.

Krekó Béla-Dömölki Bálint:

A SZÁLLITÁSI KÖLTSÉGEK MINIMALIZÁLÁSÁRA VONATKOZÓ SZÁMITÁSOK AZ M-3 GÉPEN

Több feladó állomás és különféle rendeltetési helyek közötti optimális szállitási program meghatározására célszerü a lineáris programozás un. disztribuciós módszerét alkalmazni. A kiinduló programként szereplő költségmátrix "bástyamozgással" zárt ut keresésével addig javitható, amig a szállitási összköltség a legkisebb értéket veszi fel. E feladatok gépi memória igénye a szállitási helyek számától függően igen nagy lehet, de a költségmátrix önállóan kezelhető blokkokra bontható. A TEFU teherautófuvarozási programjának és a Vasuti Tudományos Kutatóintézet üres tehervagon szállitási feladatának megoldása milliós nagyságu forint megtakaritást eredményezett. A számitások gépi ideje néhány óra volt csupán.

1. A probléma megfogalmazása

Tegyük fel, hogy bizonyos homogén termékből "m" különböző feladóhelyen $f_1, f_2 \dots, f_m$ mennyiség áll rendelkezésünkre, s ugyanekkor "n" különböző rendeltetési hely szükséglete ugyanezen termékből $r_1, r_2, \dots, r_n$. Azt is feltesszük, hogy

$$\sum_{i=1}^{m} f_i = \sum_{j=1}^{n} r_j \qquad /1/$$

Jelentse továbbá "c_{ij}" azt a költséget, amelybe egy egység szállitása kerül, amig az "i"-edik feladóhelyről a "j"-edik rendeltetési helyre jut. Az összes lehetséges költségelemekből a

$$\underline{C} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \cdots & c_{1n} \\ \vdots & & \\ c_{m1} & c_{m2} \cdots & c_{mn} \end{bmatrix} \qquad /2/$$

mátrix konstruálható. Ha mármost az "i"-edik feladó helyről a "j"-edik rendeltetési helyre "x_{ij}" mennyiséget szállitunk, akkor a szállitási költséget a

$$K=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}c_{ij}x_{ij} \qquad /3/$$

lineáris függvény fejezi ki. A függvényt azonban a bennük szereplő változóknak csupán azon értékeire értelmezzük, amelyek eleget tesznek az alábbi feltételeknek:

$$x_{ij} \geqq 0 \qquad /4/$$

$$\sum_{j=1}^{n}x_{ij}=f_i \qquad /5/$$

$$\sum_{i=1}^{m}x_{ij}=r_j \qquad /6/$$

Az x_{ij} értékek minden olyan rendszerét, amely kielégiti ezeket a feltételeket, lehetséges programnak nevezzük. Az adott feltételek mellett a lehetséges programok halmaza nem üres. Az olyan lehetséges programot, amely mellett a /3/ alatti függvény minimális értéket vesz fel, optimális programnak nevezzük.

Feladatul az optimális program, ill. az optimális programok meghatározását tüzzük ki.

Bebizonyitható, hogy a feladatnak mindig van megoldása.

2. A megoldás módszerének leirása

A feladat megfogalmazásából nyilvánvaló, hogy egy lineáris programozási feladatról van szó. Az ismert megoldási módszerek közül legcélszerübbnek látszott a szimplex-módszer egy egyszerüsitett változatát, az u.n. disztribuciós módszert alkalmazni.

E módszer alkalmazását megkönnyithetjük, ha előzőleg a költségmátrixot oly módon alakitjuk át, hogy minden sorában és ezzel egyidejüleg minden oszlopában legyen legalább egy zérus, s ugyanakkor egyik eleme se legyen negativ. Ez az átalakitás azon a tényen alapszik, hogy bármilyen valós számot is jelent a "p_i", ill. a "q_j", a

$$c'_{ij}=c_{ij}-p_i-q_j$$

jelölés alapján a /3/ alatti függvény igy alakitható át:

$$K=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}c'_{ij}x_{ij}+\sum_{i=1}^{m}p_i f_i+\sum_{j=1}^{n}q_j r_j \qquad /7/$$

Ezzel a K függvényt egy az x_{ij} -től függő, és egy attól független részre bontottuk. Az optimum meghatározásánál elegendő az első részt figyelembe venni, vagyis a /2/ alatti $\underline{C}=[c_{ij}]$ mátrix helyett a $\underline{C}'=[c'_{ij}]$ mátrixra támaszkodni. Hogy a $\underline{C}'$ mátrix a kivánt tulajdonsággal rendelkezzék, az alábbi két transzformációs lépést alkalmazzuk:

a/ Minden sorban kiválasztjuk a minimális elemet és azt levonjuk az illető sor minden eleméből.

b/ Az uj mátrix minden oszlopában kiválasztjuk a minimális elemet és azt levonjuk a kérdéses oszlop minden eleméből.

/E két lépésnél a sorok és az oszlopok szerepe természetesen felcserélhető./

A leirt átalakitás után kerül sor a módszer tulajdonképpeni alkalmazására. E tekintetben az első lépés az induló megoldás megkonstruálása. Ez a következő módon történik:

a/ Az első sorban megnézzük a minimális költségelemet. Legyen ez c_{1j} . Az ennek megfelelő viszonylatban az $x_{1j}=min$ $/f_1,r_j/$ mennyiséget programozzuk.

b/ Ha $x_{1j}=f_1$, akkor a költségmátrixból töröljük az első sort, a j -edik oszlop szükségletét csökkentjük x_{1j} és a programozást a j -edik oszlopban folytatjuk. Ez oly módon történik, hogy kiválasztjuk a minimális költségelemet. Ha ez történetesen a "c'_{ij}" elem, akkor a megfelelő viszonylatban az $x_{ij}=min/f_i,r_j-x_{1j}/$ mennyiséget programozzuk. Ha pedig $x_{1j}=r_j$, akkor a j -edik oszlopot töröljük és a programozást - a most leirtakhoz hasonló módon - az 1. sorban folytatjuk.

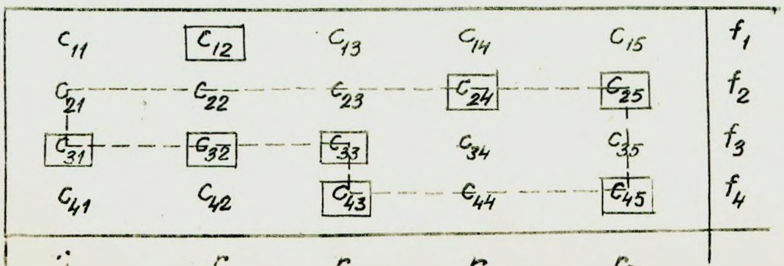
c/ Ezután az a/ és a b/ lépést mindannyiszor megismételjük, amig lehetséges.

Bebizonyitható, hogy a leirt módon $m+n-1$ lépésben mindig eredményhez jutunk. Ez összhangban van azzal a ténnyel, hogy az /5/ és /6/ alatti egyenletek meghatározta rendszer együtthatómátrixának a rangja $m+n-1$. Ily módon olyan induló programot nyerünk, amelyben $m+n-1$ darab pozitiv x_{ij} érték szerepel. /A többi x_{ij} értéke 0/ A $\underline{\underline{C}}$ mátrix azon elemeit, amelyeknél $x_{ij}>0$, <u>kötött helyeknek</u> nevezzük. A többi elem ezzel szemben <u>szabad hely</u>.

Ezzel kapcsolatban külön meg kell emlitenünk azt az esetet, amikor az induló táblázat megkonstruálásánál nem dönthető el egyértelmüen, hogy valamely $x_{ij}>0$ elem megállapitása után a sort vagy az oszlopot töröljük-e. Ilyenkor tetszés szerint választhatunk. Ha történetesen az i-edik sort töröljük, akkor a j-edik oszlopban folytatjuk a programozást a leirt módon, ide azonban csak 0 mennyiséget programozhatunk. Ez a 0 azonban - szemben a többiekkel - kötött helyet jelent. A módszer természetéből ugyanis az következik, hogy a <u>kötött helyek számát minden programban "$m+n-1$"-nek kell választani.</u> Az olyan programot egyébként, amelyben a kötött helyekhez tartozó x_{ij} értékek között 0 is akad, <u>degenerált programnak</u> nevezzük.

A további eljárás ezután azon alapszik, hogy az induló programot lépésről lépésre addig javitsuk, amig optimális programot nyerünk, Közben természetesen mindig ügyelni kell a kötött helyek számára vonatkozó kikötésre.

Ez a javitás arra a tényre támaszkodik, hogy bármely szabad helyről is indulunk ki, "bástyamozgással" mindig visszatérhetünk erre a helyre oly módon, hogy a mozgás irányát kizárólag kötött helyeken változtatjuk meg. Az igy nyert zárt utvonalat <u>huroknak</u> nevezzük. <u>Minden szabad helyhez tartozik egy és csakis egy hurok.</u> A fordulópontokat, a kérdéses szabad hellyel együtt csucspontoknak nevezzük. E csucspontok száma minden esetben egy 2-nél nagyobb páros szám. A szabad helyet és tőle számitva minden második csucspontot <u>pozitivnak,</u> a többit <u>negativ csucspontnak</u> nevezzük. A szemléltetés érdekében az alábbi ábrán a kötött helyeket egy négyzettel keretezzük be, és szaggatott vonallal megjelöljük a "c_{21}" szabad



/8/

helyhez tartozó hurkot. E huroknak hat csucspontja van:

$$c_{21},\ c_{25},\ c_{45},\ c_{43},\ c_{33},\ c_{31},$$

Ezek közül a c_{21}, a c_{45} és a c_{33} pozitiv, a többi negativ.

Ily módon bármely "x_{ij}" szabad helyhez egy Δ_{ij} értéket rendelhetünk, ha a megfelelő hurok csucspontjain álló költségelemekből olyan összeget képezünk, amelyben a pozitiv csucspontokon álló elemek pozitiv előjellel, a többiek negativ előjellel szerepelnek. Igy példánkban a /8/ alapján:

$$\Delta_{21} = c_{21} - c_{25} + c_{45} - c_{43} + c_{33} - c_{31}$$

Ezeknek a Δ_{ij} értékeknek a meghatározása azonban ezen a módon rendkivül fáradságos volna. Munkánkat megkönnyithetjük, ha a költségmátrix soraihoz olyan $u_1, \dots, u_m$, oszlopaihoz meg olyan $v_1, v_2, \dots, v_n$ értékeket rendelünk, hogy bármely kötött hellyel kapcsolatban teljesüljön az

$$u_i + v_j = c_{ij}$$

egyenlőség. Ezek az egyenletek olyan egyenletrendszert alkotnak, amelynek a szabadságfoka 1. Az $m+n$ ismeretlen közül tehát egyet szabadon válaszhatunk. A többi meghatározása rendkivül egyszerü feladat. A megoldás azzal a nevezetes tulajdonsággal rendelkezik, hogy fennáll a

$$\Delta_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$$

egyenlőség, amely a Δ_{ij} értékek meghatározását rendkivül egyszerüvé teszi.

A Δ_{ij} értékekre azért van szükség, mert azok előjele dönti el, hogy melyik szabad hely bevonásával lehet a programon javitani. <u>Nevezetesen: ha $\Delta_{ij} < 0$, a program javitható.</u>

Az még a kérdés, hogy az illető szabad helyre mekkora mennyiséget programozzunk. Ennek nagysága csak a szabad helyhez tartozó hurok alapján dönthető el. Ez oly módon történik, hogy vesszük a negativ csucspontokon álló x_{ij} értékek minimumát. Illusztrációképpen a /8/ alatti példánkkal kapcsolatban tegyük fel, hogy

$$\Delta_{21} < 0$$

Ekkor a megfelelő szabad hely bevonható a programba, s a programozandó mennyiség:

$$x_{21} = min(x_{25}, x_{43}, x_{31})$$

A programba bevonható mennyiség ismeretében a javitás egyszerüen elintézhető. Az igy nyert uj programmal kapcsolatban azután a leirt eljárást mindannyiszor megismételjük, amig a javitásra van lehetőség. Bebizonyitható, hogy a megoldáshoz minden esetben eljutunk - véges számu lépésben.

A gyakorlati feladatokban az /1/ alatti egyenlőség ritkán teljesül. Vagy a szükségletek haladják meg a rendelkezésünkre álló mennyiséget, vagy forditva. Egy u.n. névleges feladó állomás, ill. rendeltetési hely beiktatásával azonban ezt a feladatot is vissza lehet vezetni az eredeti megfogalmazásra.

Az a gyakorlatban sokszor előforduló eset is könnyen kezelhető, amikor valamelyik viszonylatot eleve ki akarjuk zárni a programból.

3. A módszer alkalmazása a számitógépre

A feladat gépi programozásánál a következő adatokból indulunk ki:

a/ kiinduló megoldás, azaz egy olyan x_{ij} értékrendszer, amelyre a

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = f_i \quad \text{és} \quad \sum_{i=1}^{m} x_{ij} = V_j$$

feltételek teljesülnek, a minimumfeltétel azonban nem feltétlenül;

b/ költségmátrix, amely a c_{ij} értékeket tartalmazza.

A 2. részben ismertetett módszert a gép a következő lépésekben hajtja végre:

A/ Hozzárendeljük a feladó, illetve felvevő állomásokhoz a U_i ill. V_j értékeket olymódon, hogy a kiinduló megoldásban szereplő értékekre, /azaz $x_{ij} > 0$ esetén/ $c_{ij} = u_i + v_j$ legyen. Ennek elvégzéséhez a feladó, ill. felvevő állomásokat a kiinduló megoldásban szereplő utvonalak mentén végig kell járnunk, olymódon, hogy az első állomásnak egy tetszésszerinti /általában 0/ értéket adunk, mig a végigjárás során érintett uj állomásokat a $c_{ij} = u_j + v_j$ összefüggés alapján rendelhetjük a megfelelő u_i ill. v_j értéket.

Ezt a hozzárendelést egyértelmüen hajthatjuk végre, mert a megoldásban "zárt ut"-ak nem lehetnek; igy minden állomáshoz csak egyszer juthatunk el.

B/ Minden a megoldásban nem szereplő $i \to j$ szállitási utvonalnál megállapitjuk, hogy a megoldásba való bevonása a szállitási költséget csökkentené-e; azaz megnézzük, hogy a $c_{ij} - u_i - v_j$ kifejezés negativ-e. Ha a megoldás még nem optimális, feltétlenül találunk olyan utvonalat, amelyre ez a különbség negativ. Ezek közül a legegyszerübb esetben az elsőt, a módszer más változatainál a legnagyobb abszolut értékü negativot vagy esetleg más szempont szerint a legjobbat, vonjuk be a megoldásba.

C/ Az uj utvonal bevonását a következő lépésekben hajtjuk végre:

c/1: A bevonandó utvonalat a megoldásban eddig is szereplő utvonalakhoz hozzávéve kapunk egy zárt utat /a bevonandó szabad helyhez tartozó hurkot/. Az első lepés ennek megkeresése és a memóriában való rögzitése.

c/2: Ellátjuk váltakozó előjellel az ebben szereplő utvonalakat, hogy a bevont utvonal pozitiv előjelet kapjon és kiválasztjuk a negativ előjellel ellátott utvonalak közül azt, melyen a legkisebb a jelenlegi megoldás szerint szállitandó mennyiség.

c/3: Ezt a mennyiséget /jelöljük s -el/ minden a c/1 pontban emlitett hurokban szereplő utvonalon szállitott mennyiséghez az illető utvonalhoz a c/2 pont szerint rendelt előjellel ellátva hozzáadjuk. /Az s mennyiség c/2-beli definiciója biztositja azt, hogy negativ szállitandó mennyiség nem fog keletkezni./

c/4: Elhagyjuk a c/2 pontban emlitett utvonalat /ezen a szállitandó mennyiség c/3 alapján ugyis 0 lenne/ és helyére a B pontban megtalált utvonalat vonjuk be.

Ezután a gép - az ellenőrzés megkönnyitése céljából - kiszámitja az uj szállitási költséget, amely a réginél $S/U_i + V_j - c_{ij}/$ -vel lesz kisebb, és az uj megoldásra vonatkozóan kezdi ujra az A lépés végrehajtását.

A módszer ilymódon való végrehajtásának előnye az,hogy az egyetlen olyan rész, amelyet $m.n$ nagyságban kell végrehajtani, a B lépés, ez azonban mindössze két kivonásból áll. Az A és C lépések, amelyek lényegesen bonyolultabbak, csak $m+n$ nagyságrendben kerülnek végrehajtásra.

A leirt módszerre jellemző, hogy a számitás nagyrészét nem a tulajdonképpeni aritmetikai müveletek teszik ki, hanem a megoldás "térképén" végzett mozgások /pl. a megoldás végigjárása, zárt ut keresése/. Ezek elvégzéséhez a megoldást olymódon kell a gép memőriájában tárolni, hogy minden állomásnál megállapitható legyen, hogy mely más állomásokkal van "összekötve", azaz ha feladóállomás, akkor mely felvevőállomásokra szállit, ha felvevőállomás, akkor mely feladóktól kap árut.

Tekintettel arra, hogy minden állomáshoz a vele összekötött összes állomás felsorolása a memóriát nagymértékben terhelné, minden állomáshoz csak egy ilyent tárolunk a memóriában. Ez bizonyos mértékben bonyolitja a programot - annak azonban csak $m+n$ nagyságrendben ismétlődő részeit - igy az elért memória-nyereség nagyobb feladatok esetén kárpótol az időveszteségért.

Memóriaszükséglet. A feladat programja kb. 4oo rekeszt foglal el a memóriában. Igy a gépen megoldható feladatok nagyságrendjét az korlátozza, hogy a megoldás tárolásához és a program végrehajtásához $3/m+n/$ rekeszre van szükség. Ezenkivül célszerü szállitási költségeket is a memóriában elhelyezni, ami $m \cdot n$ ujabb adatot jelent; ezek közül azonban - feltételezve, hogy legfeljebb háromtizedesjegyü számokról van szó - hármat-hármat egy szóban is elhelyezhetünk. Igy $\frac{1}{3} m.n + 3 /m+n/ < 600$ kell, hogy legyen /1ooo szavas memóriát feltételezve/. A szállitási költségeket azonban nem feltétlenül szükséges a belső memóriában tárolni, tekintettel arra, hogy ezeket a gép nem változtatja /ez az általunk alkalmazott módszer egyik előnye más használatos módszerekkel - pl. az u.n. magyar módszerrel - szemben/. Igy ezek a gép jelenlegi állapotában lyukszalagon, a későbbiekben mágnesszalagon is tárolhatók, ami azt jelenti, hogy szükség esetén $m+n<200$ nagyságrendig is el tudunk menni.

Időszükséglet. A feladatok megoldásához szükséges gépi időre vonatkozóan pontos számadatokat ezidőszerint nem tudunk mondani. Ennek egyik oka az, hogy az elkészült program csak kisérleti jellegü, olyan értelemben, hogy elkészitésénél csak a módszer alkalmazhatóságának igazolására törekedtünk, az időszükséglet minimalizálására nem. A másik - alapvetőbb - ok az, hogy valamely feladat megoldásához szükséges lépések száma természetszerüleg nagymértékben függ a kiinduló megoldás jóságától.

A kiinduló megoldás megválasztására több lehetőség áll rendelkezésünkre:

a/ Olyan feladatoknál - és a feladatok többsége ilyen -, ahol valamely már eddig is rendszeres végzett szállitást kell optimalizálni, vehetjük kiinduló megoldásnak azt a szállitási tervet, melyet a számitógép alkalmazása nélkül a valóságban végrehajtanának.

b/ Ennek hiányában egy - általában nem tul rossz - kiinduló megoldás állitható össze kézzel olymódon, hogy valamely feladó állomástól elindulva, mindig igyekszünk a legkisebb szállitási költséggel rendelkező utvonalon a legtöbbet elszállitani egy felvevőállomásra, az itt ezután esetleg fennmaradó igényt ismét a legkisebb szállitási költségü utvonalon elégitjük ki és igy tovább.

c/ Ez a folyamat természetesen magával a géppel is elvégeztethető. Ebben az esetben megtehetjük azt is, hogy a géppel - bizonyos minimalizálási elvek figyelembevetele mellett lényegében véletlen alapon - több kiinduló megoldást készitettünk és közülük azzal kezdjük el a további müveleteket, amelyhez a minimális szállitás összköltség tartozik.

4. Az eddig megoldott feladatok

Az első gyakorlati feladat, amelyen kisérleti programunkat kipróbáltuk, a TEFU teherautóinak hét budapesti garázsból /feladó állomás/ 31 munkahelyre /felvevő állomás/ való kiküldésének optimalizálása volt. A feladatot utólag végeztük el és a gép által adott megoldást összevetettük a ténylegesen végrehajtott menetekkel. Az eredmény kb. 3o % megtakaritás volt. A számolásra forditott gépi idő kb. másfél órát tett ki.

Később 196o julius elején ugyanennek a feladatnak egy 34 x 9-es változatát is megoldottuk, amelynek keretében már a julius és augusztus hónapokban elvégzendő kocsikiküldéseket optimalizáltuk. A vállalat által készitett kezdeti megoldáshoz képest a megtakaritás 35 % volt.

A második feladatot a Vasuti Tudományos Kutatóintézet részére oldottuk meg. Itt üres teherkocsikat /összesen kb. 3ooo/ kellett elszállitani 27 olyan helyről, ahol fölösleg volt /feladóállomás/ 14 olyan helyre, ahol a kocsikra szükség volt /felvevőállomás/, az ország egész területén. Itt kb. 5 % megtakaritást értünk el a valóságban elvégzett szállitáshoz képest, ami kb. 16.ooo kocsi-kilométernek felel meg. Megoldottunk ezenkivül négy kisebb - egy-egy vidéki igazgatóság teherkocsi-elosztását feldolgozó - feladatot is.

A feladatokra forditott idő öt perc és két óra között változott, a kiinduló megoldástól függően /kiinduló megoldásnak nem a valóságban elvégzett programot használtuk fel/.

Ezeknél a feladatoknál szállitási költségként egyelőre az egyes állomások kilométer távolságát használtuk fel. A vasuti gyakorlat azonban azt mutatja, hogy az ilymódon való számitás eredményei nem mindig adják meg a gyakorlatilag optimális megoldást, mert más szempontokat is figyelembe kell venni /pl. szintkülönbségek, vonóerő gazdaságos kihasználása, menetrendi tényezők, állomások és vonalak átbocsájtó kapacitása stb/.

Ezeknek a szempontoknak nagyrészét vagy a szállitási költségekbe való beépitéssel vagy a program megfelelő módositásával figyelembe lehet venni a továbbiakban.

Az elvégzett országos teherkocsi elosztási feladatnál ezeknek a szempontoknak a figyelembevételével a megtakaritás - Jeney Kálmán /VATUKI/ közlése szerint - 5 % helyett kb. 3,5 - 4 % körül mozog.

Két feladatot /41x8 illetve 37x7/ oldottunk meg az Építésügyi Minisztérium részére a budapesti téglaszállitások optimalizálására vonatkozóan. Az eredeti szállitási program itt nem állt rendelkezésre, ugyhogy a megtakaritás mértékét nem tudtuk kiszámitani.

Ezenkivül több, a felsoroltaknál nagyobbméretü feladat van előkészületben és fog rövid időn belül a gépen megoldásra kerülni. Ezzel párhuzamosan a gépi programot is átdolgozzuk, különös tekintettel a feladatok lefuttatásához szükséges idő csökkentésére, kiegészitjük az adatok be- és kivitelére, a kiinduló megoldás képzésére és a számitás helyességének ellenőrzésére szolgáló mérésekkel.

A kérdéssel kapcsolatban megemlitünk még egy nagyméretü szállitási feladatot, amelyet - éppen méretei miatt - egyelőre még nem tudtunk gépre vinni, noha Magyarországon ez volt az első ilyen módszerekkel kapcsolatos probléma. Az ország tüzifa ellátásáról van szó, ahol a feladó állomások száma meghaladja a 2oo-at, a rendeltetési helyek száma meg a 4oo-at. Mivel megfelelő gép nem állt rendelkezésünkre, közelitő módszerekhez folyamodtunk. Kiderült, hogy ha a szállitási költségeket nemcsak a mennyiséggel, hanem a távolsággal is arányosnak tekintjük, a költségmátrixot önállóan kezelhető blokkokra lehet particionálni. Ezek a blokkok már viszonylag kis méretüek voltak. Mivel azonban két évvel ezelőtt még a gépünk nem tudott ilyen feladatokra vállalkozni, a számitásokat - igen nagy fáradtsággal - kézi erővel végeztük el. Ez a közelitő számitás mutatta, hogy az alkalmazott módszerrel mintegy évi 1,5 millió forint takaritható meg.

Buzgó József:

KERETSZERKEZET SZÁMITÁSA CROSS-MÓDSZERREL

/Általános Épülettervező Vállalat/

A Cross-féle nyomatékosztó eljárás fokozatosan közelitő módszer keretszerkezetek számitására. Ezeknél nagyobb csomópontszám vagy sok terhelési változat esetére a sokszor ismétlődő számitási müveletek miatt az elektronikus gépi számitás gazdaságossá válik. E módszer alkalmazása az M-3 gépen egy 5 emeletes 23 sarokpontu keretszerkezet 7 fajta terheléssel történt végigszámitásnál a huszadrészre csökkentette a kézi számológépekkel azonos pontossággal végzett statikai számitások idejét.

Statikailag határozatlan tartók és keretszerkezetek támaszponti, ill. sarok-nyomatékainak meghatározasara a statikusok leginkább a Cross-féle nyomatékosztó eljárást alkalmazzák. Ez a módszer fokozatosan közelitő eljárás, amely egyszerü számitási müveletek többszöri ismételt alkalmazásával szolgáltatja a tetszőleges pontosságu megoldást. A számitás ezenkivül jól áttekinthető elrendezésü, a közbenső és végeredmények könnyen kontrollálhatóak. A számitásokhoz szükséges előkészités elvégzése /szilárdságtani jellemzők számitása, bizonyos adatok becslés alapján történő előzetes felvétele, a terhelésből adódó kezdeti nyomatékok kiszámitása/ után a számitás maga igen egyszerü és mechanikus, de nagyobb csomópontszám esetén meglehetősen hosszu. Ezért célszerünek látszott legalább a szamitás ezen részét számitógépre vinni, hogy a statikai tervezés ezen fárasztó számolás alól mentesitve legyen.

A digitális számitógépek müködési elve olyan, hogy számukra a vázolt számitás ideális feladatot jelent. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a számitás gépre vivésénél nem adódik semmiféle nehézség, de a felmerülő problémák az előbb elmondottak értelmében nem matematikai, hanem számitástechnikai jellegüek.

A keretszerkezetek számitásának célja az egyes csomópontokra és befogó szerkezetekre a hozzájuk csatlakozó rudak által kifejtett nyomatékoknak, az u.n. saroknyomatékoknak a meghatározása.

Abból a célból, hogy érzékeltessük a gépi programozás problémáit, irjuk le szavakkal az egyébként közismert Cross-módszer számitási technikáját ugy, hogy a gépi számitás szempontjából fontos részek kellően ki legyenek domboritva. Alapul az egyszerüség kedvéért függőleges és vizszintes helyzetü, állandó keresztmetszetü rudakból álló, el nem mozduló sarokpontu keretszerkezetet választunk.

A számitás a következő módon folyik le:

1/ A rudak geometriai adataiból a nyomatékosztókat és átviteli tényezőket minden csomópontnál kiszámitjuk és feljegyezzük.

2/ A rudakat befogottnak tekintve, kiszámitjuk a kezdeti nyomatékokat és minden rudvégre feljegyezzük.

3/ Az első csomópontba futó rudvégek nyomatékait összeadjuk és átmenetileg feljegyezzük, ez a kiegyensulyozatlan nyomaték.

4/ A kiegyensulyozatlan nyomatékot a negativ nyomatékosztókkal sorban megszorozzuk és a kapott eredményt, a kiegyensulyozó nyomatékokat a vonatkozó rudvégek nyomatékoszlopába feljegyezzük.

5/ Az előbbi kiegyensulyozó nyomatékot az átviteli tényezővel szorozva feljegyezzük a rud másik végéhez tartozó nyomatékoszlopba.

6/ A következő csomóponton az időközben oda átvitt nyomatékok figyelembevételével nyomaték kiegyensulyozást végzünk és az átviteleket is elvégezzük. Minden csomóponton áthaladunk igy.

7/ Mivel az egyes kiegyensulyozott csomópontokon az utóbb végzett nyomatékátvitelek az egyensulyt ujból megbontották, minden csomóponton ujból nyomatékkiegyensulyozást végzünk, a nyomatékátvitellel együtt.

8/ A nyomatékegyensulyozási iterációs lépéseket mindaddig ismételjük, amig a kiegyensulyozatlan nyomatékok értéke minden csomóponton alatta marad egy meghatározott hibakorlátnak. Ekkor a számitást befejezzük. Az egyes rudvégekhez tartozó feljegyzett nyomatékok összegei leszaek a keresett saroknyomatékok értékei.

9/ Ellenőrzés: Egy csomóponthoz tartozó saroknyomatékok összege zérus.

E számitási módszernek a gépre való programozásánál figyelembe kell venni, hogy egy-egy adat feljegyzése a memória egy-egy rekeszébe való beirást jelent, egy-egy müvelet elvégzése pedig egy-egy programrészt. Az első probléma tehát az egyes csomóponthoz tartozó adatok /nyomatékosztók, átviteli tényezők, kezdeti nyomatékok/, továbbá egyes részeredmények átmeneti vagy végleges tárolására szolgáló memóriarekeszek ügyes kijelölése. A rekeszek sorrendjét ugy célszerü megválasztani, hogy egyik csomópontról a másikra, ugyszintén egyik emeletről a következőre bizonyos váltókonstansok hozzáadásával egyszerüen lehessen áttérni. A rekeszekbe kijelölésük után a megfelelő adatokat beirjuk.

Ezután elkészitjük egy általános csomóponton végzendő egyszeri nyomatékegyensulyozás és nyomatékátvitel programját beleértve a részeredményeknek a megfelelő rekesz tartalmához való hozzáadását is.

A csomóponti váltószám ismételt hozzáadásával utasitjuk a gépet arra, hogy az előbbi müveletet sorban minden emeleti csomóponton egyszer elvégezze, majd az emeleti váltószám hozzáadásával arra, hogy minden emeleten haladjon végig. Egy iterációs lépésnek minden csomóponton való egyszeri áthaladást tekintjük.

Előirjuk a gépnek, hogy minden iterációs lépés végén vizsgálja meg, van-e még valahol az előirt hibánál nagyobb kiegyensulyozatlan nyomaték. Ha igen, csináljon ujabb iterációs lépést, ha nem, álljon le és a rudvégi gyüjtőrekeszekben kiadódó saroknyomatékokat, mint végeredményeket irja ki.

Elmozduló keretszerkezet számitásánál több módszer van használatban. Egyik ismert eljárás a Cross-Morris-féle, amelynek az a lényege, hogy az első iterációs lépésben erőkiegyensulyozást végzünk, a következőben nyomatékegyensulyozást és felváltva végezzük az erő- ill. a nyomatékkiegyensulyozás iterációs lépéseit mindaddig, mig a kiegyensulyozatlan erők és nyomatékok külön-külön elhanyagolhatóan kicsinyekké válnak. A kiadódó saroknyomaték értékek adják az eltolható változat megoldását.

A gépi számitás programja itt természetesen valamivel bonyolultabb, mint az el nem tolható esetben. Ott egy emeleti erőkiegyensulyozást és egy csomóponti nyomatékkiegyensulyozást kellett alapciklusként elkésziteni, és megfelelő váltószámok hozzáadásával gondoskodni arról, hogy a müveleteket a gép a kérdéses emelet minden csomópontján, másrészt minden emeleten elvégezze. A megfelelő hibakorlátig végzi a gép az iterációs lépéseket, utána az eredményeket kinyomtatja.

A Cross-módszer mindkét változatának programja ki van nálunk dolgozva, és legutóbb az Általános Épülettervező Vállalat által beküldött 5 emeletes, 23 sarokpontu keretszerkezetet számoltuk végig vele, 7 féle terheléssel. Külön érdekessége volt a feladatnak, hogy itt olyan oszlop is szerepelt, amely nem futott minden emeleten végig. A gép számitástechnikaja miatt ezt végigfutó fiktiv oszlopnak kellett tekintenünk, ahol a nemlétező részekre nyomaték nem adódik ki. A gép a feladatot hibátlanul elvégezte.

Egy terhelési eset végigszámolása egy jó átlagképzettségü statikusnak kézi számológéppel kb. 2-2 1/2 napi munkát jelenthet. A gép a nyomtatással együtt 1 óra alatt végezte el ezt a feladatot, pedig az inerciaviszonyok miatt a konvergencia meglehetősen rossz volt, és ennek megjavitása érdekében semmit sem tettünk. Ez kb. huszszoros különbséget jelentene. Az Általános Épülettervező Vállalatnál ténylegesen elvégezték néhány terhelési eset számitását, a gépnél lényegesen - 4 tizedessel kisebb - pontossággal. Ehhez mérten a gép 8-szorta gyorsabban számolt. Kb. azonos pontosságu számitás esetén a gépi számitás ideje mintegy huszadrésze a kézi számolásénak.

Az elmondottakból látható, hogy feltétlenül érdemes a Cross-módszer gépi számitásának bevezetésével foglalkozni, hiszen már csak a mechanikus számitási résznél is rentábilisnak mutatkozik a felhasználása.

További feladat az előkészitő számitások minél nagyobb hányadának a gépesitése, valamint az előzetesen felvett inercia értékek ellenőrzésének és gépi korrigálásának megoldása.

Erre remélhetőleg rövidesen sor fog kerülni.

Ganczer Sándor - Veidinger László:

A SAKKTÁBLASZERÜ TÁRSADALMI TERMÉKMÉRLEGGEL KAPCSOLATOS SZÁMITÁSOK

A sakktáblaszerü társadalmi termékmérleggel /más néven ágazati kapcsolatok mérlegével/, illetve hasonló szerkezetü ágazati termékmérlegekkel az Országos Tervhivatalban, a Központi Statisztikai Hivatalban, az MTA Közgazdaságtudományi Intézetében és az MTA Számitástechnikai Központjánál párhuzamosan folynak kisérleti jellegü kutatások. A kisérletek jelen szakaszában oly módszerek meghatározása a cél, amelyek nagyobb számu tervvariáns rövid ido alatt történő kiszámitására alkalmasak. Az alapszámitás többnyire magasabb rendszámu mátrix invertálása, majd ennek különböző vektorokkal való szorzása. Az M-3 gépen az Országos Tervhivatal több 4o-ed rendü, a Központi Statisztikai Hivatal 42-ed rendü és a vaskohászat 3o-ad rendü együtthatómátrixai kerültek invertálásra; utobbi közvetlenül, előbbiek a Frobenius-Schur féle reláció alkalmazásával. Az eredmények helyességének ellenőrzése három különböző módszerrel történt. Az inverzeket öt értékes jegyre lehetett az M-3 gép segitségével meghatározni. Egy tervvariáns kiszámitása pedig mindössze 3o percet vesz igénybe.

Hazánkban a modern matematikai módszerek és elektronikus számitógépek gazdasági alkalmazásának lehetőségeit vizsgáló közgazdászok és matematikusok az emlitett kutatások megindulása óta nagy figyelmet forditottak a társadalmi termékmérlegre. A társadalmi termékmérleg matematikai formában való feldolgozásáról azonban mindaddig szó sem lehetett, amig a társadalmi termékmérleget csak összevont formában dolgozták ki. A vizsgálatok azt is bebizonyitották, hogy hazánkban, ahol a terveket minisztériumok /hatóságok/ szerinti bontásban hagyják jóvá, az ágazati rendszerben kidolgozott társadalmi termékmérleg tervszámitásokra való felhasználása nagy nehézségekbe ütközik.

Az első jelentősebb kisérlet sakktáblaszerü társadalmi termékmérleg hatóságok szerinti bontásban való kidolgozására 1957-ben történt, amikor az Országos Árhivatal az 1956. évi terv adatai alapján dolgozott ki sakktáblaszerü mérleget. Ez a mérleg azonban még igen nagy elosztatlan tételeket tartalmazott és matematikai feldolgozása nem látszott célszerünek.

1958 végén és 1959 elején az Országos Tervhivatal dolgozott ki sakktáblaszerü társadalmi termékmérlegeket igazgatási rendszerben, amelyeknek elsősorban az 1959 évi terv átárazásához kellett segitséget nyujtaniok.

Ebben a munkaszakaszban kidolgozták az igazgatási rendszernek megfelelő egyeztetett sakktáblaszerü társadalmi termékmérleget az 1959 évi terv adatai alapján régi és uj árakon.

A mérlegek matematikai feldolgozásának és különböző számitásokra való felhasználásának lehetőségeit - egyelőre csupán kisérleti jelleggel - az Országos Tervhivatal megbizásából az MTA Számitástechnikai Központja vizsgálta meg; ugyanitt végezték el a szükséges numerikus számitások egy részét is az M-3 elektronikus számitógépen. A kutatások során szoros együttmüködés jött létre az Országos Tervhivatal szakembereivel, akik nagy segitséget nyujtanak ahhoz, hogy a problémákat az Országos Tervhivatal igényeivel számolva oldjuk meg, és igy vizsgálataink eredményei később gyakorlatilag is felhasználhatók legyenek.

Ugyancsak 1959-ben készült el a Központi Statisztikai Hivatalban egy társadalmi termékmérleg az 1957-es statisztikai tényadatok alapján. A termékmérlegből /ágazati kapcsolatok mérlegéből/ készitett koefficiens-mátrix invertálását ez év áprilisában szintén az M-3 gép segitségével végeztük el. Ebben a mérlegben a tervezési mérlegektől eltérően nemcsak az alapvető népgazdasági ágakat /ipar, kereskedelem/ határolták el egymástól, hanem a további /pl. az iparon belüli/ bontás is a népgazdaság ágazati rendszerének megfelelően történt. A Központi Statisztikai Hivatal /statisztikai/ mérlege ezenkivül több részletkérdésben is /kereskedelmi szektorok, import és export kezelése stb./ eltér az Országos Tervhivatal /tervezési/ mérlegétől.

1960 elején a Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaságtudományi Intézetében kidolgozták a magyar vaskohászat sakktáblaszerü termékmérlegét ágazatok szerinti bontásban, részben 1958-as statisztikai tényadatok, részben becsült adatok alapján. A mérleg matematikai feldolgozásával kapcsolatos számitásokat a MTA Számitástechnikai Központban ez év május-juniusában végezték el.

- . - . - . -

A sakktáblaszerü társadalmi termékmérlegeket sematikusan a következő alakban ábrázolhatjuk:

Fogyasztó szektor / Termelő szektor	Első szektor	Második szektor	Harmadik szektor	n-edik szektor	Beruházás, felujítás, fogyasztás	Termelés
Első szektor	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{1n}	y_1	x_1
Második szektor	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{2n}	y_2	x_2
Harmadik szektor	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{3n}	y_3	x_3
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
n-edik szektor	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	x_{nn}	y_n	x_n
Amortizáció + nemzeti jövedelem	m_1	m_2	m_3	m_n		
Termelés	x_1	x_2	x_3	x_n		

A táblázatban szereplő szimbolumok jelentése a következő: x_i - vel /$i=1,2,\ldots,n$/ jelöltük az -edik szektor termelési, teljesitményi ill. forgalmi értékét.[1]

A termelési értékeket oszlop - illetve sorvektor alakjában irhatjuk fel a következőképen:

$$\underline{\underline{x}} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \text{illetve} \quad \underline{x} = [x_1, x_2, \ldots, x_n]$$

A táblázatban x_{ik} -val /$i,k=1,2,\ldots,n$/ jelöltük az i -edik termelő szektor által a k -adik termelő szektornak átadott termékek értékét; speciálisan x_{ii} jelenti az i -edik szektor belső felhasználását. A x_{ik} számok egy négyzetes mátrix elemeinek tekinthetők, ezt a mátrixot $\underline{\underline{X}}$ -szel jelöljük:

1/ A továbbiakban termelési érték.

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix}$$

A táblázatban az $y_1, y_2, \dots, y_n$ szimbolumok a termelő szektorok által beruházásra, felujitásra és fogyasztásra átadott termékek értékét /az u.n. nettó outputot/ jelölik, ezeket egy oszlopvektor alakjában irjuk fel.

$$\underline{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

Az $m_1, m_2, \dots, m_n$ szimbolumok a különböző termelő szektorokban jelentkező amortizációt és nemzeti jövedelmet jelölik; ezeket az értékeket sorvektor alapjában irjuk fel:

$$\underline{m}^{x} = [m_1, m_2, \dots, m_n]$$

A sakktáblaszerü termelési mérlegek természetéből következik, hogy $i = 1,2,\dots,n$ -re fennállnak a

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} + y_i = x_i$$

és a

$$\sum_{i=i}^{n} x_{ji} + m_i = x_i$$

relációk. Ugyanez mátrix-algebrai jelölésekkel felirva:

$$\underline{x} = \underline{X}\,\underline{e} + \underline{y} \qquad /1/$$

illetve

$$\underline{x}^{x} = \underline{e}^{x}\underline{X} + \underline{m}^{x}, \qquad /2/$$

ahol

$$\underline{e} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$$

A termelő szektorok által a termelő szektorok részére átadott termékek értékének és az egyes szektorok termelési értékének ismeretében meg lehet határozni a szektorok közötti kapcsolatokat kifejező együtthatókat /technológiai koefficienseket/ a következőképen:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \quad (i,j = 1,2,\dots,n) \qquad /3/$$

Az a_{ij} együttható azt fejezi ki, hogy a j-edik szektorban 1 Ft-nyi termelési érték előállitásához milyen értékü i-edik szektorból származó terméket használtak fel. Az ágazati rendszerben készült termékmérlegnél az a_{ij} együttható állandó marad, ha az ágazatok közötti technológiai összefüggések és az árrendszer nem változnak meg. Igazgatási rendszerben készült mérlegnél az a_{ij} együttható csak akkor marad állandó, ha a technológiai összefüggések és az árrendszer mellett a népgazdaság igazgatási rendszerében sem következik be változás.

Az a_{ij} együtthatók egy négyzetes mátrix elemeinek tekinthetők, ezt a matrixot $\underline{\underline{A}}$ -val fogjuk jelölni. /3/-ból következik az

$$\underline{\underline{A}} = \underline{\underline{X}}\,\underline{\underline{D}}^{-1} \qquad /4/$$

reláció, ahol $\underline{\underline{D}}$ -vel jelöltük azt a diagonál matrixot, amelynek főátlójában az $x_1, x_2, \ldots, x_n$ számok állnak:

$$\underline{\underline{D}} = \begin{bmatrix} x_1 & & 0 \\ & x_2 & \\ 0 & & \ddots \ x_n \end{bmatrix}$$

/4/-ből

$$\underline{\underline{X}} = \underline{\underline{A}}\,\underline{\underline{D}} \qquad /5/$$

Minthogy nyilvánvalóan

$$\underline{\underline{D}}\,\underline{e} = \underline{x} \qquad /6/$$

ezért /5/-ből és /1/-ből

$$\underline{x} = \underline{\underline{A}}\,\underline{x} + \underline{y}$$

Innen $\underline{x}$ -et kifejezve nyerjük, hogy

$$\underline{x} = /E - A/^{-1}\,\underline{y} \qquad /7/$$

<u>A /7/ egyenletet felhasználva az $E-A$ mátrix inverzének ismeretében a nettó outputokat előre megtervezve meghatározható, hogy az előirányzott nettó output elérése érdekében a különböző szektorok termelési értékének hogyan kell alakulnia.</u> Ilymódon tetszésszerinti tervvariáns számitható ki, melyek matematikailag az $/\underline{\underline{E}} - \underline{\underline{A}}/^{-1}$ mátrixnak különböző oszlopvektorokkal való szorzása utján állithatók elő. E variáns számitások alapja az a feltevés, hogy az $\underline{\underline{A}}$ "technológiai mátrix" elemeit bizonyos korlátok között állandóknak tekinthetjük. Elvileg annak sincs akadálya, hogy a technológiai együtthatók

vagy azok egy részének változását megtervezzük és a módositások figyelembevételével határozzuk meg az $\underline{\underline{E}}-\underline{\underline{A}}$ mátrix-inverzét.

-.-.-.-

A sakktáblaszerü társadalmi mérlegek matematikai feldolgozásánál a legfontosabb probléma tehát az $\underline{\underline{E}}-\underline{\underline{A}}$ mátrix invertálása. Ez a mátrix a tervhivatali mérlegnél 4o-ed rendü, a Központi Statisztikai Hivatal mérlegénél 42-ed rendü,[2] a magyar vaskohászat mérlegénél 3o-ad rendü volt; kézi számolással való invertálásuk gyakorlatilag elvégezhetetlennek látszott.

A 3o-ad rendü mátrix invertálását az M-3 gépen közvetlenül el tudtuk végezni, a 42-ed rendü és a 4o-ed rendü mátrix invertálásánál viszont nehézséget okozott az a körülmény, hogy a gép memóriájának kapacitása 1o24 szó, az $\underline{\underline{E}}-\underline{\underline{A}}$ mátrix teljes tárolásához pedig 16oo, illetve 1764 szóra lett volna szükség és ezenkivül még külön hely kellett volna az invertáló program tárolásához. Az invertálásnál ezért a 2 x 2-es hipermátrixok invertálására vonatkozó Frobenius-Schur féle relációt alkalmaztuk, amelynek értelmében a

$$\underline{\underline{P}} = \begin{bmatrix} \underline{\underline{P}}_1 & \underline{\underline{P}}_2 \\ \underline{\underline{P}}_3 & \underline{\underline{P}}_4 \end{bmatrix}$$

hipermátrix inverzét, ahol $\underline{\underline{P}}_1$, $\underline{\underline{P}}_2$, $\underline{\underline{P}}_3$, $\underline{\underline{P}}_4$ rendre a $\underline{\underline{P}}$ mátrix $r \times r$ -es, $r \times s$ -es, $s \times r$ -es $s \times s$ -es, blokkjait jelenti $/r+s=n/$ és $\underline{\underline{P}}_1$ nem szinguláris, a következőképen irhatjuk fel.

$$\underline{\underline{P}}^{-1} = \begin{bmatrix} \underline{\underline{R}}+\underline{\underline{R}}\,\underline{\underline{P}}_2\,\Delta^{-1}\,\underline{\underline{P}}_3\,\underline{\underline{R}} & -\underline{\underline{R}}\,\underline{\underline{P}}_2\,\Delta^{-1} \\ -\Delta^{-1}\,\underline{\underline{P}}_3\,\underline{\underline{R}} & \Delta^{-1} \end{bmatrix}$$

ahol

$$\underline{\underline{R}} = \underline{\underline{P}}_1^{-1}\,; \quad \Delta = \underline{\underline{P}}_4 - \underline{\underline{P}}_3\,\underline{\underline{R}}\,\underline{\underline{P}}_2$$

Ha pl. a 42-es rendü $\underline{\underline{E}}-\underline{\underline{A}}$ mátrix esetén r-et és s-et 21-nek választjuk, a 42-ed rendü mátrix invertálását a Frobenius-Schur féle reláció segitségével visszavezethetjük a következő müveletekre:

1./ Két 21 x 21-es mátrix invertálása.

---

[2] Az ágazatok száma a Központi Statisztikai Hivatal mérlegénél 39 volt, a 39-ed rendü $\underline{\underline{E}}-\underline{\underline{A}}$ mátrixot a kontroll céljára egészitettük ki 42-ed rendüvé.

2./ Hat kéttényezős mátrix szorzat kiszámitása. /21-ed rendü tényezőkkel/.

3./ Két-két 21-ed rendü mátrix összeadása, illetve kivonása.

Mindegyik részmüvelet az 1o24 szavas memória felhasználásával elvégezhető. Közben szükség van arra is, hogy egyes részmüveletek eredményeit /8-as rendszerben/ lyukszalagra üttessük ki, és a továbbiak folyamán ismét visszavigyük a gépbe. Ez a hosszadalmas eljárás elkerülhető, ha mágnesszalagos tároló áll rendelkezésre.

A két 21 x 21-es mátrix invertálását elvégző program a Gauss-féle eliminációs eljáráson alapul: az eljárást ugy módositottuk, hogy a mátrix elemeinek elhelyezésére szolgáló 441 rekeszen kivül mindössze 21 külön munkarekeszre legyen szükség és az összes részeredmények abszolut értékben 1-nél kisebbek legyenek.

A két 21 x 21-es inverziót visszaszorzással, a mátrix szorzásokat az ismert sorösszeg-kontrollal ellenőriztük. A teljes 42-ed rendü mátrix invertálása /bevitelekkel, kiirásokkal, közbülső kontroll-számitásokkal együtt, de a végső ellenőrzés nélkül/ mintegy 25 gépi órát vett igénybe. Ha már az inverz mátrixot megkaptuk, egy variáns kiszámitásához átlagban mindössze 25-3o percre van szükség.

A teljes 42-ed rendü mátrix inverzének visszaszorzása a szük memóriakapacitás miatt szintén csak blokkokra való bontással ment volna, és ezért kb. ugyanannyi munkát jelentett volna, mint maga az inverzió. Az invertálások helyességének ellenőrzésére ezért három kevesebb müveletet igénylő, de együttvéve ugyanolyan megbizható eljárást alkalmaztunk:

a./Képeztük az $\underline{e}^* (\underline{E}-\underline{A})$ vektort /az $\underline{E}-\underline{A}$ mátrix oszlopösszeg vektorát/ és az $(\underline{E}-\underline{A})^{-1}\underline{e}$ vektort /az $\underline{E}-\underline{A})^{-1}$ mátrix sorösszeg-vektorát/. Ekkor fenn kell állni az

$$\underline{e}^*(\underline{E}-\underline{A}) \cdot (\underline{E}-\underline{A})^{-1}\underline{e} = \underline{e}^*\underline{e} = 42$$

relációnak, tehát a két vektor skaláris szorzata az $\underline{E}-\underline{A}$ mátrix rendszámát kell, hogy adja.

b./ /7/ miatt

$$\underline{x} = (\underline{E}-\underline{A})^{-1}\underline{y}$$

tehát az inverz mátrixot az eredeti nettó output vektorral szorozva vissza kell kapnunk az eredeti termelési értékeket.

c./

/2/-ből és /4/-ből

$$\underline{x}^* = \underline{e}^* \underline{A}\,\underline{D} + \underline{m}^*$$

Innen és /6/-ból

$$\underline{e}^* \underline{D} = \underline{e}^* \underline{A}\,\underline{D} + \underline{m}^*$$

Mindkét oldalt $\underline{D}^{-1}$ -el jobbról megszorozva nyerjük, hogy

$$\underline{e}^* = \underline{e}^* \underline{A} + \underline{m}^* \underline{D}^{-1}$$

ahonnan

$$\underline{e}^* = \underline{m}^* \underline{D}^{-1} /\underline{E} - \underline{A}/^{-1} \qquad /8/$$

A /8/ reláció alapján az $/\underline{E} - \underline{A}/^{-1}$ mátrixnak egy sorvektorral való szorzásával szintén kontrollálni lehet az inverz helyességét.

Az elvégzett kontroll-számitások eredményei azt mutatták, hogy a 42-es rendü $\underline{E} - \underline{A}$ mátrix inverzét a fent ismertetett eljárással az M-3 gépen öt értékes /decimális/ jegyre lehetett megkapni.

Lőcs Gyula:

VILLAMOSENERGIA HÁLÓZATOK GAZDASÁGOS TEHERELOSZTÁSÁNAK GÉPI SZÁMITÁSA

/Villamos Energetikai Kutatóintézet/

A közös rendszerben dolgozó villamos erőmüvek közötti optimális terheléselosztás meghatározása elektronikus számológépen célszerü, mert ez kézi számitással csak rendkivül durva közelitésben végezhető el. Az itt alkalmazott megoldás digitális és analóg megoldási módszerek kooperativ összekapcsolásán alapult. A modelmérésekkel nyert kiinduló adatokból az M-3 gép végezte el az un. B állandók számitását. Ebből a mátrixból a Villamos Energetikai Kutatóintézet analóg gépen számitja ki az optimális teherelosztást. Egy-egy komplett B mátrix számitása az M-3 gépen 1o-15 gépi órát vett igénybe. Hazai viszonylatban az erőmüvek gazdaságos terhelésével évi többmilliós megtakaritás érhető el.

Az optimális terheléselosztás problémája

Magyarország villamoserőmüvei közös rendszerben dolgoznak, azaz az általuk megtermelt villamosenergiát az országos hálózatnak adják át. A hálózat egyes erőmüveinek teljesitménye változtatható, csak az összteljesitményt kell az energiaszükségletnek megfelelő szinten tartani. Kézenfekvő törekvés, hogy a teljes energiaszükségletet a lehető leggazdaságosabban osszuk szét az egyes erőmüvek között, azaz megkeressük azt a terheléselosztást, amely mellett a termelt energia összköltsége minimális.

Az optimális terheléselosztás meghatározása kézi számitással csak rendkivül durva közelitésben végezhető el, ezért szükségessé vált a megoldás gépi uton történő előállitása. Az Amerikai Egyesült Államokban erre a célra a magyarországival körülbelül megegyező nagyságrendü energiarendszerek is nagy teljesitőképességü elektronikus számitógépeket alkalmaznak, minthogy a gazdaságosabb teherelosztás folytán fellépő költségmegtakaritásból ezek beszerzési költsége viszonylag hamar visszatérül. Hazai viszonylatban - előzetes becslések alapján - évi többmilliós megtakaritás érhető el az erőmüvek gazdaságos terhelésével. Ennek külön hangsulyt ad az a körülmény, hogy elérése csupán szervezési kérdés, külön beruházásokat nem igényel.

Kutatónk a Villamos Energetikai Kutatóintézet /VILLENKI/ kezdeményezésére foglalkozott és jelenleg is foglalkozik a fenti probléma gépi megoldásával. A feladat megoldásának általunk alkalmazott matematikai megközelitése digitális és analog megoldási módszerek kooperativ összekapcsolásán alapul. A VILLENKI modellmérésekkel nyert kiinduló adatokat ad meg a MTA Számitástechnikai Központnak , hogy az ebből digitális uton állitsa elő az u.n. B matrixot. Végül a VILLENKI a B mátrixból analóg gépen számitja ki az optimális teherelosztást. Kutatónk eddig összesen 3 különböző hálózatra és terhelési esetre végezte el a B állandók kiszámitását; ezek a számitások bizonyos mértékig kisérleti jellegüek voltak.

A gazdaságos teherelosztás meghatározására szolgáló matematikai módszer

Az előző pontban leirt probléma matematikailag a következőképen fogalmazható meg:

Legyen $P_i\ (i=1,2\ldots,n)$ az egyes erőmüvek által leadott teljesitmény, $K_i(P_i)$ pedig a megfelelő erőmü gazdaságossági diagramja, amely Ft/ó-ban megadja az energia költségét a teljesitmény függvényébe Keresendő a $\sum_{i=1}^{n} K_i(P_i)=K$ kifejezés feltételes minimum a $\sum_{i=1}^{n} P_i = P_v + P_f$ feltétel mellett, ahol P_v a hálózati függvénye a $P_i;\ldots;P_n$ változóknak, P_f konstans.

A feltételes szélsőértékek meghatározásának közismert szabálya szerint

$$\frac{\partial}{\partial P_i}\left\{\sum_{i=1}^{n} K_i(P_i)-\lambda\left[\sum_{i=1}^{n} P_i - P_v - P_f\right]\right\}=0 \qquad (i=1,2\ldots,n)$$

ahol λ egyértelmüen meghatározott állandó, az u.n. Lagrange-féle multiplikátor.

Elvégezve a differenciálásokat:

$$\frac{\partial K_i(P_i)}{\partial P_i}-\lambda+\lambda\frac{\partial P_v}{\partial P_i}=0$$

$$\frac{\partial K_i(P_i)}{\partial P_i}+\lambda\frac{\partial P_v}{\partial P_i}=\lambda \qquad (i=1,2,\ldots n) \qquad 1/$$

Az /1/ rendszerhez $n+1$ -edik egyenletként hozzávéve a

$$\sum_{i=1}^{n} P = P + P_f \qquad /2/$$

egyenletet, kapunk egy $n+1$ egyenletből és ugyanannyi ismeretlenbol alló rendszert, melyekből $P_1, P_2, \ldots P_n$ és λ elvben meghatározható.

A számitási nehézségek abból erednek, hogy a P_v és a $\frac{\partial P_v}{\partial P_i}$ mennyiségek nem ismertek, hanem azokat a hálózat különböző adataiból kell számitani, általában közelitő formulák alapján. A különböző számitási lehetőségek közül a VILLENKI kutatói az u.n. B állandók módszerét találták legalkalmasabbnak és ennek a módszernek kidolgozták egy programváltozatát is.

A B állandók mószerénél a P_v hálózati veszteséget a P_i teljesitmények quadratikus, a $\frac{\partial P_v}{\partial P_i}$ veszteség-növekményeket pedig a P_i -k lineáris kifejezésével közelitjük:

$$P_v = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} B_{ij} P_i P_j \qquad /3/$$

és ennek P_i szerinti differenciálásával

$$\frac{\partial P_v}{\partial P_i} = 2 \sum_{j=1}^{n} B_{ij} P_j \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

Mint már emlitettük, kutatónk feladata a

$$\underline{\underline{B}} = \begin{bmatrix} B_{11} \cdots\cdots B_{1n} \\ B_{n1} \cdots\cdots B_{nn} \end{bmatrix}$$

quadratikus mátrix elemeinek előállitása volt, a $\underline{\underline{B}}$ mátrix ismeretében az /1/-/2/ egyenletekből álló rendszer megoldása analog gépen történik.

A B állandókat a következő formulák alapján állitjuk elő:

$$k_g = \frac{I_g}{\sum_{g=1}^{N} I_g} \qquad \underline{k} = \begin{bmatrix} k_1 \\ \vdots \\ k_N \end{bmatrix} \qquad /4.1/$$

$$S_g = \frac{Q_g}{P_g} \qquad (g = 1, 2, \ldots n) \qquad /4.2/$$

$$\underline{\underline{Z}} = \frac{1}{I_0} \underline{\underline{U}} \qquad /4.3/$$

$$\underline{\underline{R}} = Re\{\underline{\underline{Z}}\} \qquad /4.4/$$

$$\underline{z}_1 = \begin{bmatrix} Z_{1T} \\ \vdots \\ Z_{NT} \end{bmatrix} = \underline{\underline{Z}}\,\underline{k}\,;\ \underline{r}_1 = Re\{\underline{z}_1\} = \begin{bmatrix} R_{1T} \\ R_{2T} \\ \vdots \\ R_{NT} \end{bmatrix} \qquad /4.5/$$

$$\underline{z}_2 = \begin{bmatrix} Z_{T1} \\ \vdots \\ Z_{TN} \end{bmatrix} = \underline{\underline{Z}}\,\underline{\bar{k}}\,;\ \underline{r}_2 = Re\{\underline{z}_2\} = \begin{bmatrix} R_{T1} \\ R_{T2} \\ \vdots \\ R_{TN} \end{bmatrix} \qquad /4.6/$$

$$Z_{TT} = \underline{k}^* \underline{z}_1 = \underline{k}^* \underline{\underline{Z}}\,\underline{k}\,;\quad R_{TT} = Re\{Z_{TT}\} \qquad /4.7/$$

$$B_{gh} = Re\left\{\frac{(1 - jS_g)(1 + jS_h)}{E_g \bar{E}_h}\right\}(R_{gh} - R_{gT} - R_{Th} + R_{TT}) \qquad /4.8/$$

$$(g,h = 1,2,\dots n)$$

A képletekben szereplő betük jelentése:

P_g - a termelői csomópontok wattos teljesitménye,
Q_g - a termelői csomópontok meddő teljesitménye,
E_g - a termelői csomópontok komplex feszültsége,
I_g - a fogyasztói csomópontok terhelő árama /komplex/,
$\underline{\underline{U}}$ - a hálózat kölcsönös impedancia mátrixa /N-ed rendü komplex szimmetrikus mátrix/,
I_0 - a tápáram abszolut értéke,
n - a termelői csomópontok száma,
N - a termelői és fogyasztói csomópontok száma.

A B mátrix elemeinek előállitása után kerül sor az u.n. módositott B állandók előállitására. A módositott B állandók segitségével az /1/ - /2/ rendszer ugyanugy oldható meg, mint az eredeti B állandókkal.

A B^* állandók kiszámitása a következő formulák alapján történik:

$$P_v = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} (I_{gh})^2 R_{gh} \qquad /5.1/$$

$$B'_{gh} = Re\left\{\frac{(1 - jS_g)(1 + jS_h)}{E_g \bar{E}_h}\right\}(R_{gh} - R_{gT} - R_{Th}) \qquad /5.2/$$

$$(g,h = 1,2,\dots n)$$

$$R'_{TT} = \frac{P_V - \sum_{g=1}^{n} \sum_{h=1}^{N} P_g P_h B'_{gh}}{\left(\sum_{g=1}^{N} I_g\right)^2} \qquad /5.3/$$

$$B^*_{gh} = Re\left\{\frac{(1-j\,S_g)\,(1+j\,S_h)}{E_g\,E_h}\right\}(R_{gh} - R_{gT} - R_{Th} + R'_{TT}) \qquad /5.4/$$

$$(g,h = 1, 2, \ldots n)$$

Az /5.2/ és /5.4/-ben szereplő $R_{gh}; R_{gT}; R_{Th}$ mennyiségek előállitása a /4.1/ - /4.7/ formulák szerint történik, azzal az eltéréssel, hogy a $\underline{k}$ vektor helyett /lásd 4.1/ mindenütt a $Re\{\underline{k}\}$ vektor veendő.

Az /5.1/ formulában bevezetett jelölések:

I_{gh} - a hálózat egyes ágaiban az ágáramok /komplex/

$(g,h = 1,2, \ldots N)$

R_{gh} - a hálózat egyes ágainak valós ellenállása

$(g,h = 1,2, \ldots N)$

A $B^*_{g,1}$ állandók segitségével a P_V hálózati veszteségnek, valamint a veszteség-növekményeknek egy másik közelitése nyerhető. A kétféle módszer egyidejü végigszámolása lehetőséget ad ezek kritikai összehasonlitására.

<u>A B és B^* állandók számitásának gépi programja.</u>

A /4.1/- /5.4/ formulákkal leirt számitási eljárást a gép három fő lépésben hajtja végre:

Az első részben a decimális számrendszerben megadott P_g; Q_g; E_g és I_g adatokat konvertálja, az E_g és I_g adatokat polárkoordinátás alakról kanonikus /valós - képzetes/ alakra hozza, valamint előállitja a /4.1/ és /4.2/ formulák alapján az S_g és k_g számokat. Valamennyi részeredményt további felhasználás céljából szalagra lyukasztja.

A második rész a polárkoordinátás alakban és decimális számrendszerben megadott $\underline{U}$ mátrixból képezi a $\underline{\underline{Z}}$ mátrixot kanonikus alakban. Kiszámitja az $\underline{r}_1$ és $\underline{\underline{r}}_1$ vektorok további felhasználás céljára szükséges elemeit és az R_{TT} számot. Az R_{gh}, R_{gT} és R_{Th} adatokat szalagra lyukasztja. A második rész kétszer kerül lefuttatásra, egyszer az első részben nyert k_g adatokkal, egyszer pedig olymódon, hogy ezek képzetes részeit előzőleg 0-vá tesszük. A második főrész másodszori lefuttatásánál nyert R_{gh} és R_{Th} adatok a B^* állandók számitásánál nyernek felhasználást.[3/]

A harmadik rész a /4.8/ - /5.4/ formulák alapján, az első és második részben képződött részeredmények felhasználásával kiszámitja és decimális rendszerben kiirja a $\underline{\underline{B}}$ és $\underline{\underline{B}}^*$ mátrix elemeit.

A feladat megoldásánál különleges programozási vagy numerikus probléma nem merül fel; a szereplő mennyiségek nagyságrendje jól követhető. A számitásnak három főrészre való particionálását a korlátozott - 1o24 szavas - memóriakapacitás teszi szükségessé, ettől eltekintve azonban az adatoknak és a programnak a memóriában való elhelyezése sem okoz gondot.

A fő problémát a megoldásnál a közbülső eredmények menetközben való kontrollálása jelenti. Különösen fontossá teszi megbizható belső kontroll beépitését az a körülmény, hogy a számitás végeredményének nincs elfogadható végkontroll-lehetősége. Emiatt kisebb, az eredmények nagyságrendjét nem érintő hibák rejtve maradnának, hacsak az egész számitást elejétől végig meg nem ismételnők ellenőrzési célból. Nem egyezés esetén ujabb ismétlés válnék szükségessé, ami a gépi időnek már a megháromszorozását jelentené.

A beépitett belső kontroll célja az, hogy a menetközben elkövetett statisztikus jellegü számitási hibákat lehetőleg rövid időn belül diagnosztizálja, lehetővé tegye egy, a hiba előtti statusquo visszaállitását és a hibás rész megismétlését, vagy ha ez nem lehetséges, akkor adjon egy hibajelet és állitsa meg a gépet. A jelen feladatnál a belső kontrollt két ágon való számolással valósitjuk meg.

Egy-egy komplett $\underline{\underline{B}}$ állandó számitás, a beépitett kontrollokkal együtt kb. 1o-15 gépi órát vesz igénybe, és ez az időtartam lényegében N^2-tel arányos, ahol N az összes csomópontok száma. Ezen belül, az első főrész időszükséglete átlag 1 óra, a másodiké 9 óra, a harmadiké 2,5 óra. Ezek az adatok a névértéket jelentik, melyhez még némi kezelési idő is járul.

- - - - - - - - - -

3/ Az R_{gh} részeredmények mindkét lefutásnál szükségképen azonosnak adódnak.

Balatoni János:

TRIGONOMETRIKUS SUGÁRÁTSZÁMITÁS OPTIKAI RENDSZEREK TERVEZÉSÉHEZ

/Gamma Optikai Müvek/

A Gamma Optikai Müvek megbizásából trigonometrikus sugárátszámitások elvégzésére gépi program készült. E programmal rendszeresen végeztetnek számitásokat az M-3 elektronikus számitógépen, amely a kiirt adatok számától függően 5o-2oo-szor gyorsabban végzi el ezeket, mintha manuálisan asztali számológépen számolnának. Ez nemcsak a tervezési időt csökkenti, hanem lehetővé teszi az eddig számolókapacitás hiányában nem számitott, de a képalkotás minősége szempontjából lényeges fénysugarak átszámitását.

Az optikai rendszerek tervezésének utolsó fázisában alkalmazott trigonometrikus sugárátszámitások asztali számológépekkel igen fáradtságos, hosszadalmas munkával végezhetők el.

Az elektronikus számitógépek igen alkalmasak a trigonometrikus sugárátszámitások gyors, pontos elvégzésére.

A trigonometrikus sugárátszámitás irodalomban is megtalálható képletsorozata:

1./ $\sin \varphi_i = \frac{s_i - r_i}{r_1} \sin \beta_i$

2./ $\sin \varphi_i' = \frac{n_i}{n_{i+1}} \sin \varphi_i$

3./ $\cos \varphi_i = \sqrt{1-\sin^2 \varphi_i}; \quad \cos \varphi_i' = \sqrt{1-\sin^2 \varphi_i'} \quad \cos \beta_i = \sqrt{1-\sin^2 \beta_i}$

4./ $h_i = r_i \left[\sin \varphi_i \cos \beta_i + \cos \varphi_i \sin \beta_i\right]$

5./ $\sin \beta_{i+1} = \cos \varphi_i' (\sin \beta_i \cos \varphi_i + \cos \beta_i \sin \varphi_i) - \sin \varphi_i' (\cos \beta_i \cos \varphi_i - \sin \beta_i \sin \varphi_i)$

6./ $s_i' = r_i \frac{r_i \sin \varphi_i'}{\sin \varphi_{i+1}}$

7./ $s_{i+1} = s_i' - e_i$

8./ $\sin \varphi_i = \frac{h_i}{r_i}$

9./ $\sin \varphi_i = \sin \beta_i; \quad \sin \beta_{i+1} = \sin \varphi_i'$

lo./ $h_i = s_i \, tg\, \beta_i$

11./ $s_i' = \frac{s_i \, tg\, \beta_i}{tg\, \beta_{i+1}}$

1/ Ha

$r \neq \infty \quad s \neq \infty$, akkor az

1-7-ig terjedő

2/ ha

$r \neq \infty \quad s = \infty$, akkor a

2-8-ig terjedő

3/ ha

$r = \infty \quad s \neq \infty$, akkor a

2, 3, 7, 9, lo, 11 képletek érvényesek.

4/ Ha

$r = \infty \quad s = \infty$, akkor a sugár a felületen törés nélkül átmegy.

A képletekben s_i jelenti az i-edik felület és az optikai tengely metszéspontjának távolságát, az $/i-1/$ -edik felületből kilépő sugár és az optikai tengely metszéspontjától; β_i az $/i-1/$-edik felületből kilépő fénysugár iránya és az optikai tengely által bezárt szög; h_i az $/i-1/$ -edik felületből kilépő fénysugár és az i-edik felület metszéspontjának távolsága az optikai tengelytől; φ_i a beesési szög az i -edik felületnél; φ_i' az i -edik felületen megtört fénysugár iránya és az i -edik felület belépési pontjában állitott normális által bezárt szög.

Az elkészitett program az adott feltételek szerint szétválasztja a különböző eseteket.

Az M-3 elektronikus számitógép a kiirt adatok számától függően egy asztali számológéppel ellátott számolónál 5o-2oo-szor gyorsabban végzi el a fenti számitást. A tervezési idő csökkentésén tulmenően - ami egymagában is igen jelentős - az elektronikus számitógép lehetővé teszi eddig számolókapacitás hiányában nem számitott, de a képalkotás minősége szempontjából lényeges fénysugarak átszámitását.

Az elektronikus számitógépben rejlő lehetőségek további kihasználásával mód nyilik az optikai tervezési módszerek fejlesztésére, a tervezési idő csökkentésére, az optikai gyártmányok minőségének emelésére.

Trigonometrikus sugárátszámitásokat a Gamma Optikai Müvek részére rendszeresen végez a MTA Számitástechnikai Központ.

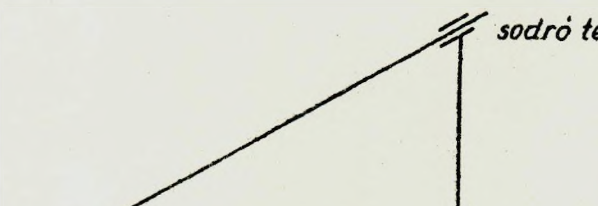
Frey Tamás:

STATIKAILAG TÖBBSZÖRÖSEN HATÁROZATLAN ZÁRT KERET SZÁMITÁSA

Kábelsodrógépek jármai egyenes és görbe rudakból álló, külön behegesztett ruddal merevitett zárt keretek. Az adott terhelési esetekben a keret hatszorosan, ill. négyszeresen határozatlan. A feladatot az erőmódszer alkalmazásával célszerü megoldani, itt azonban igen sok együttható értékét kell előzoleg integrálással meghatározni és csak azután lehet a hat- ill. négyismeretlenes egyenletrendszert megoldani. Az együtthatók számitását és az egyenletrendszer megoldását a gép végezte el, az adatok bevitelével és a kiirással együtt kb. 24 ill. 14 perc alatt. Az eredmények helyességét utólagos modellkisérletek teljesen igazolták.

Az alábbiakban vázolt probléma kábelsodrógépek jármainak méretezése során merült fel. A müszaki szempontból lehetséges és indokolt egyszerüsitő feltételek után felirt egyenletek állandóinak kiszámitása és az egyenletek megoldása kézi számolással még mindig igen hosszadalmas lett volna, tekintettel a nagy hibalehetőségre és az áttekintés nehézkességére.

A dinamikai és szilárdságtani szempontból leegyszerüsitett erőjáték az 1. és 2. ábrákon látható.



1.ábra

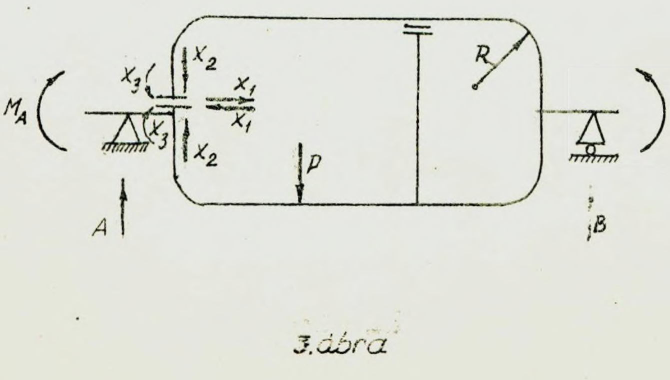
2.ábra

A járom a saját tengelye körül és a gép sodrótengelye körül forog egyidejüleg. Erőtani szempontból az ábrákon látható két veszélyes helyzete van, a járomtengely mindkét esetben alul helyezkedik el, a járom azonban egyszer függőleges /1.ábra/, máskor vizszintes /2.ábra/ helyzetü. A terhelés a tároló orsó önsulyából, ill. a centrifugális erőből adódik. Végeredményben a járomnak, mint statikailag határozatlan zárt keretnek a méretezéséhez szükséges erőjáték meghatározása a feladat.

Statikailag határozatlan tartószerkezetek megoldására, külső vagy belső határozatlanság esetére egyaránt több módszer ismeretes. Az elméletileg pontos eredményt adó módszerek mind azon az elven alapulnak, hogy a tartó alkalmasan kiválasztott pontjainak rugalmas elmozdulásaira bizonyos összefüggéseket állitanak fel. Ezen összefüggéseket szokás "felvételi egyenletnek" nevezni. Az emlitett módszereket három csoportba lehet sorolni: munkaminimum elve /Castigliano tétel/, erőmódszer és mozgásmódszer. A feladatokat általában bármelyik módszerrel meg lehet oldani, azonban a feladat jellegének megfelelően ki lehet választani a viszonylag legkevesebb munkát adó eljárást.

Feladatunkat az erőmódszer segitségével célszerü megoldani. /E módszert idegen munkák tétele névvel is szokás emliteni./ A módszer lényegét feladatunkon magyarázzuk meg.

A szerkezet a külső terhelés /aktiv és reakció erők, P, A, B, M_A, M_B / hatására deformálódik. Ha most a statikai határozatlanságot alkalmas átmetszetekkel megszüntetjük, ezen átvágási helyeken relativ elmozdulás ill. elfordulás keletkezik. Jelöljük ezeket az $1, 2, \ldots n$ kapcsolat-átvágási helyeken a külső terhelés hatására fellépő mozgásokat δ_{ok} -val. Az átvágások helyein rendre olyan $X_1, X_2, \ldots X_n$ belső erőhatásokat /erőket és nyomatékokat/kell müködtetni, hogy a külső terhelés és ezen belső erők együttes hatására relativ elmozdulás vagy el-



3.ábra

fordulás ne jöjjön létre. Az X_i erőhatás által okozott mozgást ugy lehet meghatározni, hogy a helyén egységnyi erőhatást müködtetünk, és meghatározzuk ennek hatására a k-ik belső erőhatás helyén és irányában ébredő mozgást. Jelöljük ezt δ_{ik}-val. A k-adik határozatlan belső erőhatás helyén tehát

$$\sum_{i=1}^{n} \delta_{ik} \cdot X_i + \delta_{ok} = 0$$

Ilyen egyenlet valamennyi kapcsolat átvágási helyére felirható, ilymódon n darab egyenletből álló lineáris egyenletrendszert kapunk, amelynek megoldásából az ismeretlen X belső erőhatások kiadódnak.

Ezen lineáris egyenletrendszert nem irjuk fel általános alakban, hanem konkrétan a feladatra vonatkozóan.

$$\delta_{11} X_1 + \delta_{21} X_2 + \delta_{31} X_3 + \delta_{41} X_4 + \delta_{51} X_5 + \delta_{61} X_6 + \delta_{01} = 0$$

$$\delta_{12} X_1 + \dots$$

$$\vdots$$

$$\delta_{16} X_1 + \delta_{26} X_2 + \delta_{36} X_3 + \delta_{46} X_4 + \delta_{56} X_5 + \delta_{66} X_6 + \delta_{06} = 0$$

δ_{ik} jelenti az i-ik erőhatás helyén müködő egységnyi erőhatás által okozott relativ elmozdulást a k-ik erőhatás helyén és irányába. /Egységtényező./

$$\delta_{ik} = \delta_{ki}$$

Az egységtényezők a következő formulából számithatók:

$$\delta_{ik} = \sum_{j=1}^{11} \int_0^{10} M_i^{(j)} M_k^{(j)} dx + \sum_{R=1}^{4} R \int_0^{\varphi_0} M_0^{(l)} M_k^{(l)} d\varphi,$$

ahol az $M_i^{(j)}$-ek az egységnyi terhelésekből adódó elsőfoku polinomokkal elsőrendü trigonometrikus polinomokkal jellemzett nyomatékfüggvények.

Az ismeretlen erőhatás esetén $\frac{1}{2} n(n+1)$ egységtényezőt kell meghatározni.

Esetünkben az első terhelési esetben hat, a másodikban négy egyenletből álló lineáris egyenletrendszer adódott. Itt elsősorban az egységtényezők meghatározása jelentette a problémát.

A hatismeretlenes ill. négyismeretlenes egyenletrendszer egy-egy együtthatójának kiszámitásakor tehát 15, ill. 24 integrál értéket kellett meghatározni. Minthogy az integrálandó függvények elsőfoku algebrai, ill. elsőrendü trigonometrikus polinomok szorzatai, a megoldás algoritmusát, következésképp a számitórész programját aránylag könnyen el lehetett késziteni. Némileg nagyobb nehézséget jelentett a vezérlőprogram elkészitése, amely a számitórész programjának egyes utasitásait szisztematikusan cserélgeti azért, hogy valamennyi együttható ugyanazon - de alkalmasan változtatott program alapján legyen számitható.

Jól illusztrálja a helyzetet az a tény, hogy a számitórész programja mindössze 16+24=4o utasitásból, a vezérlőrész "adminisztrativ" teendőinek ellátásához viszont egy kb. 2o utasitásból álló centrális vezérprogram és ehhez csatlakozóan, egymásnak alárendelten további 35, 24 ill. 8+12 utasitásból álló adminisztrativ programrészek kellettek.

Az első feladat teljes megoldása kb. 24 perc, a második feladat megoldása kb. 14 perc gépi időt vett igénybe, beleértve ebbe az adatok és program bevitelét és az eredmények kinyomtatását is.

Megemlitjük továbbá, hogy a program alapján valamennyi együttható kiszámitása megtörtént a fenti idő alatt. Nem használtuk fel ugyanis számitás közben az egyenletrendszer szimmetrikus voltát, hanem éppen a számitások helyességét ellenőriztük olymódon, hogy meggyőződtünk a kész eredményként adódó egyenletrendszer szimmetriájáról.

A kiadódott eredmények jól mutatják a veszélyes pontokat. Másrészt viszont az eredmények olyan viszonyokat mutattak, amelyeket előre nem lehetett látni, de helyességüket modellkisérlettel utólag igazoltuk. Ez a körülmény csak megerősiti azt a tapasztalatot, hogy statikailag határozatlan szerkezeteknél az elemi szilárdságtan határozott feladataira épült szemléletünket csak igen óvatosan szabad felhasználni, mert ez a sablonostól eltérő esetekben esetleg félrevezet bennünket. Levonhatjuk továbbá azt a következtetést is, hogy csak a matematikai gépek korszaka előtt lehetett indokolni az egyszerüsitett és igy elég pontatlan módszer használatát a pontos módszerrel szemben - hivatkozva a pontos módszer óriási számitástechnikai kivánalmaira. Az elektronikus számitógép ugyanis aránylag gyorsan és olcsón hozzáférhetővé teszi a pontos módszer alkalmazását is.

Fenti feladat megoldása mérnöki szempontból még azért is érdekes, mert ez tipikus határeset a gépészet és a kultúrmérnöki statika között, és mint minden határterület, ez is eléggé szokatlan a müszaki gyakorlatban. A matematikai gépek terjedésével együtt azonban várhatóan egyre közismertebbek lesznek a határterületeken mozgó feladatok megoldási módszerei is.

Rózsa Pál - Veidinger László:

EGY HUSZADRENDÜ TOEPLITZ-FÉLE MÁTRIX INVERTÁLÁSA

Részecskék emulzióban való szóródásának Jánossy Lajostól származó vizsgálata során felmerült egy un. Toeplitz-féle, végtelenrendü mátrix invertálásának szükségessége. A mátrix huszadrendü szeletét az M-3 gépen numerikusan invertálva érdekes következtetéseket lehetett levonni a végtelenrendü mátrix inverzének szerkezetéről. Az inverzió kézi számológépekkel két ember többheti munkáját vette volna igénybe, az M-3 gépen összesen mintegy másfél óráig tartott.

Részecskék emulzióba való szóródásának Jánossy Lajostól származó vizsgálata kapcsán merült fel a következő mátrix invertálásának szükségessége:

$$\underline{\underline{M}} = /\underline{\underline{A}} + 4\underline{\underline{E}}/ \quad /\underline{\underline{A}} + 2\underline{\underline{E}}/^2$$

ahol

$$\underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \\ 1 & 0 & 1 & \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ & & 1 & \end{bmatrix}$$

végtelen rendü négyzetes mátrix, $\underline{\underline{E}}$ a "végtelen egységmátrix". Az invertálást természetesen a fenti mátrix véges szeletén kivánjuk végrehajtani, és az inverz jellemző tulajdonságait megállapitani.

Ismeretes, hogy az $\underline{\underline{A}} + \beta\underline{\underline{E}}$ tipusu mátrixok inverze $\beta < 2$ esetén olyan tulajdonságu, hogy a főátlóban levő, valamint az ezzel párhuzamos /ferde/ sorok mentén elhelyezkedő elemek közel egyenlők /legalábbis a mátrix "sarok" elemeitől eltekintve/. Abban az esetben viszont, amikor $\beta \leq 2$, ez a tulajdonság nem tapasztalható, hanem $\beta < 2$ esetében a főátlóban, illetve a párhuzamos ferde sorokban elhelyezkedő elemek durván szólva periódikusan váltakoznak, a $\beta = 2$ határesetben a mátrix "közepéig" monoton nőnek, onnan pedig szimetrikusan csökkennek. A kérdés, ami bennünket érdekel az, hogy az $\underline{\underline{M}}$ mátrix inverze hogyan tükrözi vissza a mondott tulajdonságokat. Ezen invertálandó mátrix első tényezőjében $\beta = 4$ - azaz $\beta < 2$ - a második tényező azonban éppen a $\beta = 2$ határesetnek megfelelő mátrix négyzete. A kérdés tehát az, hogy ez a második tényező miként módositja az első tényező inverzét.

A vizsgálat céljára az MTA Számitástechnikai Központjában invertáltuk az $\underline{\underline{H}}$ végtelen mátrix huszadrendü szeletét, pontosabban az ettől csak sarokelemekben különböző, de jobban áttekinthető

$$\underline{\underline{H}} = \begin{bmatrix} 32 & 23 & 8 & 1 & & & & \\ 23 & 32 & 23 & 8 & 1 & & & \\ 8 & 23 & 32 & 23 & 8 & 1 & & \\ 1 & 8 & 23 & 32 & 23 & 8 & 1 & \\ 0 & 1 & 8 & 23 & 32 & 23 & 8 & 1 \\ & & \vdots & & & & & \ddots \end{bmatrix}$$

mátrixot /az eltérés ugyanis az inverz mátrix strukturáját nem befolyásolja lényegesen/.

A $\underline{\underline{H}}$ mátrix invertálása kézi számológépekkel két ember többheti munkáját vette volna igénybe.

A feladat megoldását a Gauss-féle eliminációs eljárás főelemkiválasztást tartalmazó, fixpontos elektronikus digitális számitógépre adaptált változata alapján végeztük el. Az inverziót a gép mintegy másfél óra alatt hajtotta végre /bevitellel és kinyomtatással együtt/.

A kapott ereményből a következő szabályszerüségeket lehetett megállapitani: az inverz mátrix jól tükrözi a főátlóban és az azzal párhuzamos ferde sorokban elhelyezkedő elemeknek azt a - várt - tulajdonságát, hogy azok a középig monoton nőnek /abszolut értékben/ azután szimmetrikusan csökkennek. Az is leolvasható, hogy ez a változás számottevő /legalább is huszadrendü mátrixok esetén, de ebből arra lehet következtetni, hogy akármilyen nagy rendszámu mátrix esetén is ez a helyzet/, és még csak egy kis szakaszon sem tekinthetők az inverz elemei állandónak. Ugyancsak látszik, hogy az i -edik sor és a j-edik oszlop találkozásánál levő elem előjele $/-1/^{i+j}$, ami elméleti megfontolások alapján szükségszerü. Végül leolvasható az inverz mátrix elemeinek az a tulajdonsága is - amely szintén indokolt, de mértékéről nem lehetett előre fogalmat alkotni, - hogy az elemek abszolut értékben a mátrix "közepén" dominálnak és a szélek felé monoton csökkennek.

Szelezsán János:

METÁN PARCIÁLIS OXIDÁCIÓJÁNÁL KELETKEZŐ VEGYÜLETEK MENNYISÉGÉNEK SZÁMITÁSA

/Magyar Ásványolaj és Földgázkisérleti Intézet/

A metán parciális oxidációja qualitative háromismeretlenes, egy paramétert tartalmazó, transzcendens egyenletrendszerrel irható le. A rendszert egyismeretlenes egyenletre vezettük vissza és ezt a "regula-falsi" módszer szerint oldottuk meg a paraméter 13o értékére. A megoldáshoz szükséges gépi idő 5 óra volt. A feladat megoldására a Magyar Ásványolaj és Földgázkisérleti Intézet adott megbizást. Megoldottuk a feladatnak a fentiekben leirttól némileg eltérő két másik változatát is.

A metán perciális oxidációja a kémiai és az anyagmérleg egyenletek, valamint a reakció hőmérlegei alapján a

$$\left.\begin{aligned} \varphi_1(x;\ y;\ \lambda;\ R) &= R + 273 = \frac{3570}{F} = 0 && /1/ \\ \varphi_2(x;\ y;\ \lambda;\ R) &= \frac{8570}{N} - R\frac{m}{N} - \frac{3570}{F^2}\left(C + 4\frac{E}{B}\right) = 0 && /2/ \\ \varphi_3(x;\ y;\ \lambda;\ R) &= R - \frac{S}{N} = 0 && /3/ \end{aligned}\right\} \quad /I/$$

egyenletrendszerrel irható le, ahol

$$A = y(y + 3\lambda - 2 - 3x)$$
$$B = y(y-2) + \lambda(2-\lambda) + 4x(\lambda - 1 - x)$$
$$C = \frac{3y}{A}$$
$$E = \lambda - 1 - 2x$$
$$N = mx + ny + r$$
$$S = 8570x + 9838y - 49271\lambda + 115596$$
$$F = \ln e^{3,3}\frac{A}{B}$$

és

$$m = m(R) = C_x - 3C_z - 2(C_u - C_p)$$
$$n = n(R) = C_z - C_y - C_u - C_p$$
$$\omega = \omega(R) = 3C_z - C_u + C_p$$
$$\rho = \rho(R) = 2(C_u - C_z)$$
$$r = \omega\lambda + \rho$$

és itt

λ a metán-oxigén arányt,

$x; y$ a C_2H_2; CO_2 mollnyi mennyiségét jelenti,

C_x, C_y, C_p, C_z, C_u az acetilén, a széndioxid, a szénmonoxid, a hidrogén, és a viz fajhője, amelyek az R hőfok függvényei.

A C_x, C_y, C_p, C_z, C_u függvények táblázatban vannak adva. /A táblázat lépésköze: 100./

Feladat: az /I/ egyenletrendszer megoldása, egyik változót paraméternek tekintve.

Az /I/egyenletrendszer megoldása

Tekintsük az R változót paraméternek és a $800 \leq R \leq 2100$ intervallum $R_i = R_{i-1} + 10$ pontjaira $/R_0 - 800/$ keressük meg az egyenletrendszer $x/R_i/; y/R_i/; \lambda/R_i/$ megoldását.

A /2/ egyenletből a /1/ és /3/ egyenlet segitségével λ és y kiküszöbölhető és igy az /I/ egyenletrendszer helyett egy

$$F[x; y/x/; \lambda/x/] = 0$$

egyenlethez jutunk.

Ugyanis: /1/-ből

$$F = \frac{3570}{R+273}$$

azaz:

$$\ln e^{3,3} \frac{A}{B} = + \frac{3570}{R+273}$$

tehát

$$\frac{A}{B} = e^{\frac{3570}{R+273}} \cdot e^{-3,3}$$

$$K = e^{\frac{3570}{R+273}} \cdot e^{-3,3} \text{ jelöléssel}$$

$$A = BK$$

azaz:

$$y^2 + 3\lambda y - 2y - 3xy = K/y^2 - 2y + 2\lambda - \lambda^2 + 4x\lambda - 4x - 4x^2/ \quad /4/$$

De /3/-ból:

$S = NR$ alapján

$$8570\,x + 9838\,y - 49271\,\lambda + 115596 = Rmx + Rny + R\omega\lambda + \rho R$$

és innen:

$$\lambda = e + fy \quad /5/$$

ahol

$$e = \frac{/8570 - Rm/\,x + 115596 - \rho R}{49271 + R\omega}$$

$$f = \frac{9838 - Rn}{49271 + R\omega}$$

/5/-öt /4/-be helyettesitve

$$py^2+qy+s\;0 \qquad /6/$$

egyenlethez jutunk, ahol

$$p=p(x)=1+3f-K+Kf^2$$

$$q=q(x)=3e-2-3x+2K-2Kf+2Kef-4Kxf$$

$$s=s(x)=2Kc+Ke^2-4Kxe+4Kx+4Kx^2$$

De /6/-ból

$$y_{1,2}=\frac{-q\pm\sqrt{y^2\;4ps}}{2p} \qquad /7/$$

s igy $y=y(x)$

Ugyanigy: $\lambda=e+fy(x)=\lambda(x)$

Tehát /5/ és /6/ segitségével az /I/ egyenletrendszer helyett az

$$F\left[x\,;\;y(x):\lambda(x)\right]=\frac{1}{N(x)}(8570-Rm)-\frac{(R+273)^2}{3570}\left(C(x)+4\frac{E(x)}{B(x)}\right)=0 \qquad /II/$$

egyenlethez jutunk.

A /II/ egyenletet a módositott "Regula falsi" módszerrel oldjuk meg.

<u>A megoldás menete:</u>

a./ A $C_x; C_y; C_p; C_u; C_z$ táblázatból az adott képletek alapján előre elkészitünk egy m, n, ω, ρ táblázatot. /A táblázat R argumentumának lépésköze: 1oo./

b./ Egy adott R_i esetén az m, n, ω, ρ táblázat segitségével quadratikus interpolációval meghatározzuk az $m(R_i), n(R_i), \omega(R_i); \rho(R_i)$ értékeket.

c./ Legyen x_n a /II/ egyenlet $x=x(R_i)$ gyökének n-edik közelitése.

Ezzel az $x_n=x_n(R_i)$ értékkel kiszámitjuk a /7/ képlet alapján az

$$y_n=y_n(x_n),$$

az /5/ képlet alapján pedig a

$$\lambda_n=e(x_n)+fy_n$$

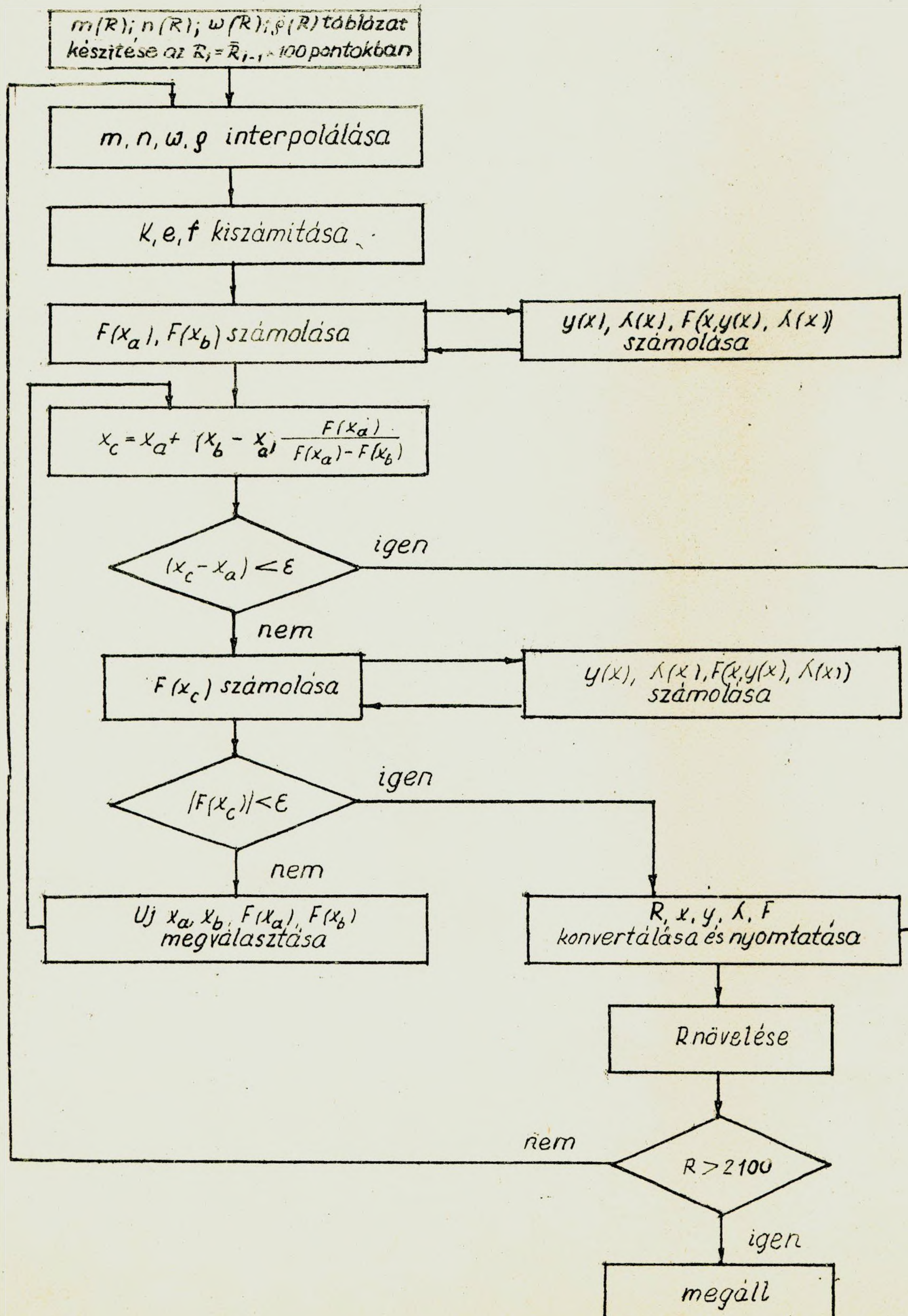
értékeket.

d./ Az $F\left[x_n;\,y(x_n);\,\lambda(x_n)\right]=\varepsilon$ helyettesitési érték segitségével a "Regula falsi" módszere szerint kiszámitjuk $x(R_i)$ $n+1$-edik közelitését az x_{n+1} -et.

Az eljárást addig folytatjuk, amig

$$|x_{n+1} - x_n| \leq \varepsilon$$

A feladat programját az alábbi blokkdiagram alapján készitettük el.



Blokkdiagram

Az R paraméter 13o értékére a megoldáshoz szükséges gépi idő 5 óra volt, ez az idő a kézi számitáshoz szükséges időnek mintegy ötszázad része. A feladatot a Magyar Ásványolaj és Földgázkisérleti Intézet által megadott nem lényeges változtatásokkal többször futtattuk le.

Révész Pálné:

TÖBBVÁLTOZÓS LINEÁRIS REGRESSZIÓS EGYÜTTHATÓK MEGHATÁROZÁSA

/Magyar Ásványolaj és Földgázkisérleti Intézet/

A lineáris regresszió számitás tulajdonképen a legkisebb négyzetek módszere, amely a mérési hibák kiegyenlitésére szolgál. Lényege, hogy a mérési eredmények alapján felirja az un. normálegyenleteket és ezt a lineáris egyenletrendszert aztán megoldja. Ennek a feladatnak az M-3 elektronikus számitógépre készült általános programjával három darab hat változós lineáris regresszió számitást végeztek a gépen kb. a kézi feldolgozási idő ötvenedrésze alatt.

A többváltozós lineáris regreesziós együtthatók meghatározása a legkisebb négyzetek módszerével történik. A legkisebb négyzetek módszerének problémájá a mérési hibák kiegyenlitésénél lép fel.

Tegyük fel, hogy a gyakorlatban előforduló valamely jelenség számszerü értéke több ráható jelenség értékétől függ. Méréseket végzünk erre a jelenségre vonatkozóan a ráható jelenségek különböző értékrendszerei mellett. A gyakorlatban előforduló egyik példa erre a következő: Egy állami gazdaságban lo éven keresztül minden évben mérik az évi gabonatermés mennyiségét. Ezt a termékmennyiséget különböző tényezők befolyásolják /pl. az illető évben lehullott csapadék mennyisége, a napos órák száma, stb./ Feladatunk az, hogy megállapitsuk annak a függvénynek a pontos alakját, amely ezt a jelenséget leirja. Ez a következőképen történik. Feltételezzük, hogy ez a függvény egy bizonyos függvénytipusba tartozik, például az itt leirt speciális esetben inhomogén lineáris függvény, amelynek általános alakja:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k$$

Mostmár feladatunk arra korlátozódik, hogy a mérési adatok segitségével meghatározzuk a függvényben szereplő a és b_j együtthatók értékét azzal a kikötéssel, hogy a kapott függvény a legjobban közelitse meg a jelenség valódi képét. A megközelités mérőszámaként a mért és a számitott föggvényértékek eltérésének négyzetösszegét választjuk. Tehát a feladat az, hogy az együtthatók értékét ugy állapitsuk meg, hogy az a mérőszám a minimális értéket vegye fel. /Ezért nevezik a módszert a legkisebb négyzetek módszerének./

A Magyar Ásványolaj és Földgázkisérleti Intézet /MÁFKI/ részére 3 db. hat változós lineáris regresszió számitást végeztünk el. A változóknak 22 mert értéke állott rendelkezésünkre. A feladat teljes lefutása az M-3 tipusu elektronikus számitógépen 3 órát vett igénybe az adatok bevitelével és az eredmény kiirásával együtt. Asztali számológépen egy gyakorlott számolónak ez a három feladat kb. 3 hétig tartott volna.

A feladat matematikai tárgyalása

Adott az y_i valószinüségi változó, amely n számu x_{ji} ismert valószinüségi változótól lineárisan függ. A feladat az, hogy meg kell állapitani az

$$\tilde{y}_i = a + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + \ldots + b_j x_{ji} + \ldots + b_k x_{ni}$$

összefüggés b_j együtthatóinak értékét $(a = b_0)$ azzal az előirással, hogy

$$\sum_{i=1}^{m} (y_i - \tilde{y}_i)^2 = min.$$

legyen. $/m$ a mérések száma/. Ennek szükséges feltétele, hogy

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{m} (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\partial b_j} = 0 \quad (j = 0,1,2,\ldots,n) \quad (a = b_0)$$

Ez a következő $(n+1)(n+1)$-es lineáris egyenletrendszert szolgáltatja a b_j ismeretlenekre:

$$\begin{array}{l}
ma + b_1 \sum_{i=1}^{m} x_{1i} + \ldots + b_j \sum_i x_{ji} + \ldots + b_k \sum_i x_{ni} = \sum_i y_i \\
a \sum x_{1i} + b_1 \sum x_{1i}^2 + \ldots + b_j \sum x_{1i} x_{ji} + \ldots + b_n \sum x_{1i} x_{ni} = \sum x_{1i} y_i \\
\vdots \\
a \sum x_{ni} + b_1 \sum x_{ni} x_{1i} + \ldots + b_j \sum x_{ni} x_{ji} + \ldots + b_n \sum x_{ni}^2 = \sum x_{ni} y_i
\end{array}$$

Az egyenletrendszerből az a ismeretlent kiküszöbölve a következő $n.n$ -es lineáris egyenletrendszer adódik:

$$\begin{array}{l}
b_1 S(x_1 x_1) + b_2 S(x_1 x_2) + \ldots + b_j S(x_1 x_j) + \ldots + b_n S(x_1 x_n) = S(x_1 y) \\
\vdots \\
b_1 S(x_k x_1) + b_2 S(x_k x_2) + \ldots + b_j S(x_k x_j) + \ldots + b_k S(x_k x_n) - S(x_k y) \\
\vdots \\
b_1 S(x_n x_1) + b_2 S(x_n x_2) + \ldots + b_j S(x_n x_j) + \ldots + b_k S(x_n x_n) = S(x_n y)
\end{array}$$

ahol

$$S(x_k\, x_j)=\sum_{i=1}^{m}(x_{ki}-\bar{x}_k)(x_{ji}-\bar{x}_j)=\sum_{i=1}^{m}x_{ki}\,x_{ji}-\frac{\sum_{i=1}^{m}x_{ki}\sum_{i=1}^{m}x_{ji}}{m}$$

Belátható, hogy az S értékek mátrixa szimetrikus. A fenti lineáris egyenletrendszer megoldása szolgáltatja a

$b_1, b_2, \ldots, b_j \ldots, b_k$ értékeket.

Az a ismeretlen, azaz az egyenletrendszer konstans tagjának értékét megkaphatjuk, ha az első egyenletbe behelyettesitjük a kapott b_j értékeket és az egyenletet megoldjuk a -ra.
A nyert együtthatók felhasználásával kaphatjuk a minimális négyzetösszeget.

$$\sum_{i=1}^{m}(y_i-\tilde{y}_i)^2=S(yy)-[b_1S(x_1y)+b_2S(x_2y)+\ldots+b_jS(x_jy)+\ldots+b_kS(x_ny)]$$

A szórásnégyzet:

$$s^2=\frac{\sum_{i=1}^{m}(y_i-\tilde{y}_i)^2}{m-n}$$

Az együtthatók értékének szórásnégyzetei:

$$s_{b_1}^2 = s^2c_{11}$$
$$s_{b_2}^2 = s^2c_{22}$$
$$\vdots \qquad \vdots$$
$$s_{b_n}^2 = s^2c_{nn}$$

A kovarianciák:

$$s_{b_{jk}}^2 = s^2c_{jk}$$

Az utóbbi összefüggésekben c_{jk} az S mátrix inverzének elemeit jelöli.

A feladat elektronikus számitógéppel való végrehajtásánál első feladatunk az, hogy a mért adatokat olyan alakra hozzuk, hogy minden x_{ij} és y_i a $(-1, 1)$ intervallumba kerüljön. Ez 10-nek alkalmas hatványával való osztással mindig elérhető. Ez azonban nem elegendő, mivel ekkor még $\sum_{i=1}^{m}x_{ij}\,x_{ik}$ nagyobb lehet 1-nél. $y_i = x_{in+1}$ Ezért $\frac{1}{\sqrt{m}}$ -el leosztunk minden mért értéket. Ekkor

$$\sum_{i=1}^{m}\frac{x_{ij}}{\sqrt{m}}\cdot\frac{x_{ik}}{\sqrt{m}}=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}x_{ij}\,x_{ik}<1,\ \text{mert}\ \begin{matrix}x_{ik}<1\\ x_{ij}<1\end{matrix}$$

tehát

$$\sum_{i=1}^{m}x_{ij}\cdot x_{ik}<m.$$

Jelöljük

$\frac{x_{ij}}{\sqrt{m}}$ -et λ_{ij} -vel.

Ekkor

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}{m} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{x}_{ij}}{\sqrt{m}}$$

$$S(\hat{x}_k \hat{x}_j) = \sum_{i=1}^{m} \hat{x}_{ik} \hat{x}_{jk} - \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{x}_{ik} \sum_{i=1}^{m} \hat{x}_{ij}}{m} = \sum_{i=1}^{m} \hat{x}_{ik} \hat{x}_{jk} - \bar{x}_k \bar{x}_j < 1,$$

mivel

$$S(\hat{x}_k \hat{x}_j) = \sum_{i=1}^{m} (\hat{x}_{ik} - \bar{\hat{x}}_k)(\hat{x}_{ij} - \bar{\hat{x}}_j) < 1,$$

mert

$$\hat{x}_{ik} - \bar{\hat{x}}_k < \frac{1}{\sqrt{m}}$$

Az $S(\hat{x}_k \hat{x}_j)$ mátrix kiszámitásának helyességét a következő módszerrel ellenőrizhetjük:

Jelöljük

$$y_i = x_{i,n+1} \text{-el}$$

Legyen

$$T_i = \sum_{k=1}^{n} x_{ik} + y_i = \sum_{k=1}^{n+1} x_{ik}$$

Az S mátrix elemei és a T vektor között a következő összefüggés áll fenn:

$$\sum_{k=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{n+1} S(x_j \, x_k) = S(TT)$$

Tehát a T vektort az x_k vektorokkal azonosan kezelve, erre is kiszámitjuk $S(TT)$ -t és ennek azonosnak kell lennie, az S mátrix elemeinek az összegével.

Elektronikus számitógépen a teljes számitást a következőképpen hajtjuk végre:

1./ Kiszámitjuk az $\hat{x}_{ij}$ és $\hat{y}_i$ értékeket.

2./ Képezzük a $\frac{1}{\sqrt{m}} \sum_{j=1}^{m} x_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} x_{ij} = \bar{x}_j$ -ket. Ezeket tizes számrendszerben kinyomtatjuk.

3./ Képezzük a

$$\underline{b}_j \, \underline{\underline{S}}(x_i \, x_j) = \underline{S}(x_i \, y)$$ lineáris egyenletrendszert,

azaz az egyenletrendszer $S(x_i \, x_j)$ együtthatóit és $S(TT)$-t.

4./ $\sum_{k=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{n+1} S(x_j \, x_k)$ -t képezzük és összehasonlitjuk $S(TT)$-vel. Ha megegyeznek, akkor a számitás eddig jó, tehát lehet folytatni.

5./ Megoldjuk a fenti lineáris egyenletrendszert és ezzel megkaptuk a b_j értékeket.

6./ Invertáljuk az S mátrixot.

Gergely József:

BORDÁS HŐCSERÉLŐK SZÁMITÁSA SCHMIDT-FÉLE MÓDSZER SZERINT

/Hőtechnikai Kutatóintézet/

Ez a kisérleteken alapuló méretezési eljárás a bordás cső geometriai méreteinek és a közvetitő közegek paramétereinek függvényében adja meg a hőátadási tényező értékét. Az M-3 gépen végzett konvektor számitás egy 21 képletből álló és változtatott paraméterü képletsorozattal történt. A gép a számitás eredményét a kézi feldolgozás idejének négyszázadrésze alatt táblázatos formában adta meg.

A hőtechnikában széles körben alkalmaznak bordáscsöves hőcserélőket levegő vagy gázok fütésére és hütésére. A fütő vagy hütő közeg /folyadék, gőz/ egy csőben áramlik, igen jó hőközlési viszonyok mellett. A külső oldalon a csöveket bordákkal látják el. Ezek a csővel fémes összeköttetésben állnak, a hőt vezetés utján továbbitják. A bordák a hőátadó felületet és ezzel együtt a hőátadást megnövelik. A hőcserélők sulya és mérete növekszik ugyan a bordák hozzáépitésével és a bordák fejtenek ki áramlási ellenállást is, mégis a hőátadásban a felület megnövelése révén bekövetkező növekedés miatt azonos hőteljesitményre kisebb anyagfelhasználással, kisebb önköltséggel és kisebb helyfoglalással készithető bordás hőcserélő. Ezért ez a sima csővel szemben jóval gazdaságosabb.

Bordás hőcserélőket sok helyen alkalmaznak nálunk is és éppen ezért kivánatos lenne a legkedvezőbb kivitel megállapitása. Az itt szereplő sok paraméter miatt azonban kisérletsorozatokkal a megfelelő megoldást megtalálni olyan hosszadalmas és költséges volna, hogy arra gondolni sem lehet.

A bordás csövek méretezése exakt matematikai módszerekkel is igen nehéz, mert a viszonyokat leiró parciális differenciálegyenlet-rendszerhez tartozó peremfeltételek nagyon bonyolultak. A gyakorlatban főkép kisérleteken alapuló méretezési eljárásokat használnak. Egy ilyen módszert Th.E. Schmidt dolgozott ki "Die Wärmeleistung von berippten Oberflächen" cimü könyvében, amely az ismert eljárások közül jelenleg a legmegbizhatóbbnak látszik. Ez az eljárás a bordás cső geometriai méreteinek és a közvetitő közegek paramétereinek függvényében adja meg a hőátadási tényező értékét.

A Hőtechnikai Kutatóintézet megbizásából bordás hőcserélők méretezésére szolgáló számitásokat végeztünk az M-3 számitógépen. Feladatunk volt a Schmidt-féle módszer alkalmazása konvektorok adatainak számolására.

Konvektoroknak azokat a hőátadó szerkezeteket nevezzük, ahol a hőátadó elemeket - jelen esetben bordás csöveket - függőleges kürtő alakura épitik. Ennek az elrendezésnek az a következménye, hogy a felmelegitett levegő és a környezeti levegő közötti fajsulykülönbségből adódó és a kürtő magasságával arányos felhajtóerő több levegőt hajt át a hőátadó elemen, mintha nem lenne kürtő. A hőátadó felületek mentén tehát intenzivebbé válik az áramlás és ez a hőátadási tényezők javulását eredményezi, ami azonos hőteljesitmény esetén a méretek csökkentését teszi lehetővé.

A feladat matematikailag egy 21 képletből álló képletsorozat változtatott paraméterekkel történő végigszámolására vezetett. A képletekben a változók többszörösen közvetett függvényei, elemi transzcendens függvényei /exponenciális, $\ln x, \operatorname{th} x$ / szerepeltek. A képletsorozatot négy paraméternek háromszori és egy paraméternek négyszeri változása mellett, tehát összesen 324-szer kellett végigszámolni. /Paraméterek: a borda áramlásirányu mérete, az arra merőleges mérete, a borda vastagsága, a bordák közötti távolság, és az átáramló levegőmennyiség./

Minden paraméterváltozáshoz a gép három számot nyomtatott ki eredményként; a fajlagos hőleadás értékét, a kürtőmagasság nagyságát és a fajlagos sulyra vonatkozó hőleadás értékét.

Az igy kapott táblázatból ki lehet keresni a paraméterek azokat az összetartozó értékeit, amelyek mellett leggazdaságosabb a konvektorok épitése. Kiválaszthatók azok a paramétercsoportok, amelyre a legjobb hőteljesitményt kapjuk, legkisebb suly, vagy legjobb geometriai elrendezés mellett.

Az optimum feltételek matematikailag is megfogalmazhatók lennének. Ehhez azonban sulyoznunk kellene az egyes jellemzőket és a gép ennek alapján maga választaná ki a legjobb paramétercsoportot. Viszont a tapasztalat szerint a helyi tényezők erősen befolyásolják a különböző jellemzők fontosságát és igy a jellemzők sulyozása nem lehet egyértelmü.[4] Ezért helyesebbnek látszik az eredmény tabelláris megadása.

A számitás programjának elkészitéséhez meg kellett becsülni a szereplő mennyiségek nagyságrendjét, ennek megfelelő normálásokat kellett bevezetni, hogy számitás közben a tulcsordulást elkerüljük. A képleteket meghatározott sorrendbe kellett rendezni, mivel egyes képletek eredményeit más képletekben használtuk fel.

A program ugy készült, hogy a gép automatikusan változtatta a paramétereket és az eredmények közé szolgálati jeleket nyomtatott, amelyek első számjegye mutatta, hogy a megfelelő paraméter hányadik értékével számol éppen. Ezen szolgálati jelek segitségével a gép által nyomtatott eredményeket mindjárt használható táblázat alakjában kaptuk meg.

A program mintegy 4oo utasitásból állt. Az M-3 ezt a számitást 4 óra alatt végezte el. Egy gyakorolt számolónál asztali számológépen, táblázat használatával, azonos pontossággal ez a munka körülbelül 9-lo hónapig tartott volna.

A számitás eredményeképen sikerült megtalálni azokat a paramétercsoportokat, amelyek mellett a konvektorok méretei legkedvezőbbek és legnagyobb a hőátadásuk. Az is kiderült, hogy a Schmidt-féle módszer csak bizonyos paramétertartományban érvényes. Ugyanis a megadott paramétereknek volt olyan csoportositása, amelyek nem vezettek reális eredményre. Ezek nemcsak az egyes jellemzőkre kapott, a valóságos helyzettől lényegesen eltérő eredményekben mutatkoztak, hanem komplex számok is adódtak eredményként. A táblázatból ezek a paraméterérték csoportok is megállapithatók.

---

[4] Másrészt pedig nem elég csak az optimális esetet vizsgálni, mert szükség lehet az ehhez közelálló alakok megvalósitására is.

Gergely József:

MÉRÉSI ADATOK KIÉRTÉKELÉSE

/Központi Fizikai Kutatóintézet/

A Központi Fizikai Kutatóintézet elektronok becsapódására végzett kisérletek eredményeinek kiértékelésére adott megbizást. 5000 mérési adat számtani közepét, második, harmadik, negyedik momentumát kellett meghatározni. Az adatoknak a számoláshoz viszonyitott lassu bevitele és főleg az adatok lyukasztására forditott előkészitési idő aránytalanul nagyobb a tényleges számitási időnél, éppen ezért az ehhez hasonló jellegü adatkiértékelő feladatok nem a legkedvezőbbek az M-3 gép számára.

A Központi Fizikai Kutatóintézettől kaptunk megbizást elektronok becsapódására végzett kisérletek eredményeinek kiértékelésére. 5000 mérési adat számtani közepét, második, harmadik, negyedik momentumát kellett meghatározni.

Az adatok 300-tól 1000-ig terjedő egész számok, de tulnyomó részük a 340 és 420 közé esik és csak kevés nagyobb 500-nál. Ezeket az észrevételeket felhasználva, a feladatot az M-3 számitógéppel a következő gondolatmenet alapján oldottuk meg:

Az adatokat ötszázankint tagolva szalagra lyukasztottuk és egy-egy ilyen szalagot vittünk be egyszerre az M-3 számitógépbe. A gép összeszámolta, hogy a 300-tól 500-ig terjedő számok hányszor fordulnak elő a bevitt számok között, az 500-nál nagyobb számokat pedig kinyomtatta.

Ez a számolás ugy történt, hogy az x_i számból levont 300-at és az igy kapott szám segitségével kialakitott egy utasitást, ami a binárisan kódolt decimális x_i -300 szám binárisan értelmezett alakjának megfelelő cimen számolta az x_i szám előfordulását. Ezzel a módszerrel elkerülhettük a szereplő 5000 számnak decimálisból binárisba való konvertálását, ami az M-3 számitógépen is több órás feladat lett volna.

A számolás második részében képeztük az

$$A = \sum_{i=1}^{5000} (x_i - a) \qquad C = \sum_{i=1}^{5000} (x_i - a)^3$$

$$B = \sum_{i=1}^{5000} (x_i - a)^2 \qquad D = \sum_{i=1}^{5000} (x_i - a)^4$$

összegeket, ahol a egy előre becsült középérték. Az a -t 380-nak vettük. Az összegképzésnél figyelembe vettük a gép által kiirt 500-nál nagyobb számokat is.

Az A, B C és D összegek segitségével a keresett számtani közép és a momentumok ismert képletekkel könnyen nyerhetők.

A számitást az M-3 gép körülbelül másfél óra alatt végezte el, de ennek az időnek majdnem fele az adatok bevitelére és az ezzel kapcsolatos kezelési időre forditódott. Az adatoknak a számitáshoz viszonyitott lassu bevitele és főleg az adatok lyukasztására forditott előkészitési idő aránytalanul nagyobb a tényleges számitási időnél, és éppen ezért az ehhez hasonló jellegü adatkiértékelő feladatok megoldása nem biztositja az M-3 gép leggazdaságosabb kihasználását.

Sándor Ferenc:

EGÉSZ HORONYSZÁMU KÉTRÉTEGES TEKERCSELÉSEK TEKERCSELÉSI TÉNYEZŐINEK MEGHATÁROZÁSA

/Klement Gottwald Villamossági Gyár/

A tekercselési tényező számértéke azt fejezi ki, hogy a tekercselés milyen hatásfokkal alkalmazható meghatározott rendszámu sinusos elosztásu mágneses mező gerjesztésére, vagy indukált feszültség előállitására. Az egész horonyszamu kétréteges tekercselések tekercselési tényezőinek meghatározására négy paramétertől függő képlet szolgál. Az M-3 elektronikus számitógép ezt a képletet állitotta elő táblázatos formában a négy paraméter különböző értékrendszerei mellett nagyjából a kézi számitási idő ötvenedrésze alatt.

Tekercselési tényezők számitása

A tekercselési tényező az elektromos motorok tekercselésének legfontosabb jellemző adata. Számértéke azt fejezi ki, hogy a tekercselés milyen hatásfokkal alkalmazható meghatározott rendszámu sinusos elosztásu mágneses mező gerjesztésére, vagy indukált feszültség előállitására. Előjele - általános esetben két komponensének előjelei - a fázisviszonyokról ad felvilágositást.

A legtöbb esetben meglehetősen egyszerüsitett formában használják a tekercselési tényezőt, a ritkán előforduló kivételes esetekre való tekintettel azonban, az alábbiakban a legáltalánosabb esetből kell kiindulnunk.

A tekercselési tényező vonatkozhat a tekercselés kisebb vagy nagyobb részére, igy pl. egy fázisra, egy áramágra, egy tekercscsoportra stb. A villamos gépek végtelen sok harmonikus összetevőből álló mágneses mezejének megfelelő minden tekercselés a különböző rendszámu tekercselési tényezők végtelen sorával jellemezhető. Ez a sor azonban rendszerint periodikusan ismétlődő szakaszokból áll.

Feltételezzük, hogy a hornyokban folyó áramok a horony középvonalában koncentráltan folynak, de sem az áramok nagyságára, sem a hornyok elosztására nem teszünk semmiféle megszoritást. Egy-egy horony tehát a horonyban levő vezetők számával, a vezetőkben folyó áram irányával és a horony középvonalának helyzetével jellemezhető. A horonyban több tekercsoldal is lehet. Ezek a tekercselésnek akár ugyanazon, akár más részéhez /fázisához, áramágához stb./ tartozhatnak és menetszámuk is tetszőleges lehet. A tekercselés a kerület mentén akár teljesen szabálytalanul elosztott, akár szakaszonként ismétlődő lehet. Előbbi esetben a teljes kerületet utóbbi esetben az ismétlődő szakasz hosszát tekintjük 2π -nek.

Legyen adott a tekercselés vizsgált részéhez tartozó hornyok helyzete (x_k) és az egyes hornyokban elhelyezett vezetők előjeles száma (S_k) . Az előjel az áramiránytól függ. Ezekből az n rendszámu harmonikus összetevőre vonatkozó ξ_k tekercselési tényező a következő képletekkel számitható:

$$\xi_{c_k} = -\frac{\sum S_k \sin n\, x_k}{\sum |S_k|}; \qquad \xi_{s_n} = \frac{\sum S_k (1 - \cos n\, x_k)}{\sum |S_k|};$$

$$\xi_n = \sqrt{\xi_{c_n}^2 + \xi_{s_n}^2}$$

Az M-3 elektronikus számitógépnek feladata volt a Klement Gottwald Villamossági Gyár részére kiszámitani a ξ_n tekercselési tényező 3522 féle különböző értékét négy értékes decimális számjegyre.

A 3522 ξ érték kiszámitása az eredmény helyességének ellenőrzése céljából megismételt számitással az M-3 elektronikus számitógépen kb. 25 órát vett igénybe. Ugyanennek a feladatnak a végrehajtása asztali számológép segitségével egy gyakorlott számolónak kb. 5-6 hónapi munkájába került volna.

Szimmetrikus többfázisu tekercselések

A horonyosztást és a horonykénti vezetőszámot állandónak, a tekercselés m számu fázisát hasonlónak és a kerület mentén egymáshoz képest egyenlő szögekkel eltoltnak tekintjük. A tekercselést a pólusonkénti és fázisonkénti horonyszámmal (q) jellemezzük és eszerint nevezzük egész vagy tört horonyszámunak.

Egész horonyszámu kétréteges tekercselések

A tekercselések egy fázishoz tartozó hornyai egy rétegben $\frac{\pi}{m}$ iven fekszenek, a két réteg egymáshoz képest az r horonyszámmal jellemzett lépésröviditésnek megfelelő $r\frac{\pi}{mq}$ ivvel van eltolva. A szimmetriák következtében a számitás lényegesen egyszerüsödik, a tekercselés egy fázisának n rendszámu tekercselési tényezője:

$$\xi_n = \xi e_n \cos n r \frac{\pi}{2 m q}$$

$$\xi e_n = \frac{\sin n \frac{\pi}{2m}}{q \sin n \frac{\pi}{2mq}}$$

<u>**Feladat:**</u> Kiszámitható a ξ_n tekercselési tényező négy értékes decimális számjegyre, $m = 2$ és $m = 3$ **fázis esetére.**

$n = 1, 3, 5, \ldots, 2mq + 1$ rendszámokra,

$q = 2, 3, 4, \ldots, 10$ polusonkénti **és fázisonkénti horonyszámokra,**

$r = 0, 1, 2, \ldots, (m-1)q$ **horonnyal röviditett lépésekre.**

A gépi számitás programja

Az $m, q, r, n,$ **paramétereknek összesen 3522 különböző kombinációjuk van, ennyi értéket kell kiszámitani a**

$$\xi_n = \frac{\cos \frac{nr}{mq} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sin \frac{n}{m} \cdot \frac{\pi}{2}}{q \sin \frac{n}{mq} \cdot \frac{\pi}{2}}$$

képlet alapján.

Kimutatható, hogy a lehetséges paraméterértékekre

$\sin \frac{n}{m} \cdot \frac{\pi}{2} < q \sin \frac{n}{mq} \cdot \frac{\pi}{2}$, ezért ξ **abszolut értékben nem nő 1 fölé és a programban tulcsordulás ellen nem kell védekezni. A szögfüggvények** $(\sin, \cos)$ **előállitására használt szubrutin az** x **argumentumból** $(0 \leq x < 1)$ **állitja elő a** $\sin \frac{\pi}{2} x$ **,illetve** $\cos \frac{\pi}{2} x$ **függvényt, attól függően az egyiket vagy masikat, hogy a szubrutin két bemenete közül melyiket használjuk. Igy a szubrutin által felhasznált argumentumok nem a** ξ **képletében szereplő 3 szögfüggvény teljes argumentumai, hanem csak** $\frac{\pi}{2}$ **szorzóinak a paraméterekből képzett hányadosoknak a tört részei.**

A paraméterek és a belőlük képezett hányadosok 2^{-6} **szorzó faktorral szerepelnek, ami szintén biztositék a tulcsordulás ellen. A három szögfüggvényt egy - a programba beépitett - nyilt szubrutin képezi, amely behivja a fent emlitett** $\sin - \cos$ **zárt szubrutint. A nyilt szubrutin megvizsgálja, hogy a képletben szereplő szögfüggvények argumentuma melyik térnegyedbe esik /a paraméterekből képzett hányados egész része kongruens 0-val, 1-el, 2-vel vagy 3-al mod 4/. Ennek megfelelően tárolja az előjelet és meghatározza, hogy**

a zárt szubrutin $\sin$ -t vagy $\cos$ -t számoljon-e. A nyilt szubrutin végül az argumentum $\cos$ -ának abszolut értékét adja, az előjel tárolásával. Ezért a képletben szereplő két $\sin$ függvény argumentumát egy térnegyeddel el kell tólni. /A paraméterekből képezett hányadoshoz 3-at kell hozzáadni./

A program fontos része a paraméterek képzése, amely lexikográfikus módon, az m, q, r, n paraméter sorrend szerint történik. Minden uj r paraméterérték elérésekor szolgálati jelet nyomtat a gép, amely az m, q, r paraméterértéket tartalmazza a következő módon:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
+	-	-						0	0	0	decimális számjegy

m q r

Az első két számjegy helyén levő - jel mutatja, hogy szolgálati jelről van szó. Ezután nyomtatja ki a gép az adott $m, q, r,$ és sorrendben valamennyi hozzá tartozó n paraméternek megfelelő ξ értéket.

A számitási hibák kiküszöbölése céljából az u.n. kétszeres program elvét választottuk. Két azonos felépitésü blokk, A_1 és A_2 egymástól függetlenül végzi a paraméter kombinációk képzését és a megfelelő ξ kiszámitását. Egy harmadik blokk, B egyik esetben összehasonlitja a két paraméter kombinációt, másik esetben a két ξ értéket, továbbá a két szolgálati jelet is, amenynyiben keletkezett volna. A számitás csak a megfelelő értékek megegyezése után halad tovább. A második összehasonlitás után a gép kinyomtatja a kiszámitott ξ értéket, és ha van, ezt megelőzőleg a szolgálati jelet is, éspedig a kiirás ellenőrzése céljából minden értéket kétszer.

Ha valamelyik összehasonlitás során a megfelelő értékek nem egyeznének meg, a gép még egyszer megismétli az illető számitási szakaszt /az uj paraméterek képzését vagy a ξ érték és az esetleges szolgálati jel előállitását/. Ismételt meg nem egyezés esetén a gép megáll, jelezve, hogy melyik szakaszban van a hiba.