

STICHTING  
**MATHEMATISCH CENTRUM**  
2e BOERHAAVESTRAAT 49  
**AMSTERDAM**  
AFDELING MATHEMATISCHE STATISTIEK

S 384 (M 89)  
(Vertrouwelijk rapport)

Gebruiksaanwijzing voor het programma

REPRO - JMA

door

Jac.M. Anthonisse



mei 1967

The Mathematical Centre at Amsterdam, founded the 11th of February, 1946, is a non-profit institution aiming at the promotion of pure mathematics and its applications, and is sponsored by the Netherlands Government through the Netherlands Organization for the Advancement of Pure Research (Z.W.O.) and the Central Organization for Applied Scientific Research in the Netherlands (T.N.O.), by the Municipality of Amsterdam and by several industries.

## Inleiding

Met behulp van het programma REPRO-JMA is het mogelijk een gegeven lineair programmeringsprobleem door het wijzigen van coëfficiënten en het verwijderen en/of toevoegen van variabelen en voorwaarden om te zetten in een nieuw lineair programmeringsprobleem. De coëfficiënten van elk probleem worden uitgetypt en de oplossing van het nieuwe probleem wordt berekend. Hierna kan het oorspronkelijke probleem opnieuw worden gewijzigd etc.

De op te lossen lineaire programmeringsproblemen mogen nul - een en geheeltallige variabelen bevatten.

## Het oorspronkelijke probleem

Het gegeven lineaire programmeringsprobleem luidt:

$$\text{maximaliseer} \quad \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

onder de voorwaarden

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i=1, \dots, m_1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (i=m_1 + 1, \dots, m_2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad (i=m_2 + 1, \dots, m)$$

$$x_j = \text{niet negatief geheel indien } j \in \{y_1, \dots, y_{\text{int}}\}$$

$$x_j = 0 \text{ of } 1 \quad \text{indien } j \in \{z_1, \dots, z_{z_0}\}$$

Invoer 1

Door het programma worden eerst de gegevens van het oorspronkelijke probleem ingelezen:

|                |       |          |     |          |  |       |  |   |
|----------------|-------|----------|-----|----------|--|-------|--|---|
| probleemnummer |       | n        |     | $m_1$    |  | $m_2$ |  | m |
| $i_1$          | $c_1$ | $a_{11}$ | ... | $a_{m1}$ |  |       |  |   |
| $\vdots$       |       |          |     |          |  |       |  |   |
| $i_n$          | $c_n$ | $a_{1n}$ | ... | $a_{mn}$ |  |       |  |   |
|                |       | $b_1$    | ... | $b_m$    |  |       |  |   |

int

$y_1, \dots, y_{int}$       indien       $0 < int < n$

zo

$z_1, \dots, z_{zo}$       indien       $0 < zo < n$

eps

De natuurlijke getallen  $i_1, \dots, i_n$  zijn de indices van de n variabelen, men is dus niet gedwongen de indices  $1, \dots, n$  te gebruiken.

Door het programma wordt verondersteld dat de getallen  $c_j, a_{ij}$  en  $b_i$  geheel zijn, waarvan de  $b_i$  niet-negatief.

int is het aantal variabelen dat een niet-negatieve gehele waarde moet krijgen,  $y_1, \dots, y_{int}$  zijn de indices van deze variabelen.

Analoog voor zo en  $z_1, \dots, z_{zo}$ .

De indices van de nul - een variabelen behoeven niet onder die van de geheeltallige variabelen te worden opgenomen.

Ten behoeve van het wijzigen worden de coëfficiënten van het oorspronkelijke probleem als volgt in een array opgeslagen.

|    |          |          |  |          |       |
|----|----------|----------|--|----------|-------|
| -1 | $i_1$    | $i_2$    |  | $i_n$    | -2    |
| 0  | $c_1$    | $c_2$    |  | $c_n$    |       |
| 1  | $a_{11}$ | $a_{12}$ |  | $a_{1n}$ | $b_1$ |
|    |          |          |  |          |       |
| m  | $a_{m1}$ | $a_{m2}$ |  | $a_{mn}$ | $b_m$ |
|    |          |          |  |          |       |

De te wijzigen elementen worden aangegeven door de index links van elke rij en de getallen in de met -1 geïndiceerde rij.

De coëfficiënt  $a_{ij}$  wordt dus aangegeven door  $i$  en  $i_j$ ,  $b_i$  wordt aangegeven door  $i$  en -2,  $c_j$  wordt aangegeven door 0 en  $i_j$ .

Invoer 2

Na de gegevens van het oorspronkelijke probleem worden de aan te brengen wijzigingen ingelezen. Het oorspronkelijke probleem kan op 7 manieren worden gewijzigd:

- a. wijzig een 'los'element,
- b. wijzig een gehele kolom,
- c. schrap een gehele kolom,
- d. voeg een nieuwe kolom toe,
- e. wijzig een gehele rij,
- f. schrap een gehele rij,
- g. voeg een nieuwe rij toe.

De veranderingen worden in bovenstaande volgorde uitgevoerd. Dit heeft onder meer ten gevolge dat bij het wijzigen of toevoegen van een gehele kolom ook getallen moeten worden ingevoerd in een rij die later zal worden geschrapt.

De getalband dient achtereenvolgens te bevatten:

|                                         |                                                  |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| probleemnummer oorspronkelijke probleem |                                                  |
| probleemnummer nieuwe probleem          |                                                  |
| n <sup>1</sup>                          | } aantal variabelen etc. van het nieuwe probleem |
| m <sub>1</sub> <sup>1</sup>             |                                                  |
| m <sub>2</sub> <sup>1</sup>             |                                                  |
| m <sup>1</sup>                          |                                                  |

- a. Voor elk van de te wijzigen 'losse' elementen worden nu plaats en nieuwe waarde gegeven:

|           |            |               |
|-----------|------------|---------------|
| rijnummer | kolomindex | nieuwe waarde |
|-----------|------------|---------------|

Deze lijst wordt afgesloten met:

|    |      |
|----|------|
| -2 | -2 . |
|----|------|

- b. Elke te wijzigen gehele kolom wordt gegeven door:

oude kolomindex          nieuwe kolom

'nieuwe kolom' bestaat uit  $m+2$  of  $m$  getallen. In het eerste geval zijn dit

$i_j^1$        $c_j^1$        $a_{1j}^1, \dots, a_{mj}^1$       , in het tweede geval  
 $b_1^1, \dots, b_m^1$ .

Deze lijst afsluiten met

-3.

- c. Van elke te schrappen kolom moet de

oude kolomindex

worden gegeven, de laatste gevolgd door

-4.

- d. Op grond van  $n$ ,  $n^1$  en het aantal geschrapte kolommen berekent het programma hoeveel nieuwe kolommen zullen worden gegeven en leest voor elke nieuwe kolom:

$i_j^1$   $c_j^1$   $a_{1j}^1, \dots, a_{mj}^1$ .

De wijzigingen 'per kolom' zijn nu beëindigd. De nieuw ingelezen kolommen staan, in volgorde van inlezen, van links naar rechts tussen de gewijzigde kolommen en de getallen  $b_i$ .

- e. Een te wijzigen gehele rij wordt gegeven door

rijnummer          nieuwe rij

'nieuwe rij' bestaat uit  $n^1$  of  $n^1+1$  getallen. In het eerste geval zijn dit  $c_1^1, \dots, c_{n^1}^1$  of  $i_1^1, \dots, i_{n^1}^1$ , in het tweede geval

$a_{i1}^1, \dots, a_{in^1}^1$        $b_i^1$ .

Het type van de door de rij voorgestelde voorwaarde ( $<$ ,  $>$ ,  $=$ ) blijft ongewijzigd. De lijst wordt afgesloten door

-5.

f. Van elke te schrappen rij moet het  
rijnummer  
worden gegeven, het laatste gevolgd door  
-6.

g. Op grond van  $m_1, m_2, m, m_1^1, m_2^1, m^1$ , het aantal en de nummers van de geschrapte rijen berekent het programma hoeveel nieuwe rijen per type voorwaarde moeten worden ingelezen en leest voor elke nieuwe rij:

$$a_{i1}^1, \dots, a_{in1}^1 \quad b_i^1$$

waarbij eerst de voorwaarden  $\leq$ , dan de voorwaarden  $\geq$ , en tenslotte de voorwaarden  $=$  worden gevraagd.

Nadat alle wijzigingen zijn aangebracht vraagt het programma:

$$\begin{array}{ll} \text{int}^1 & \\ y_1^1, \dots, y_{\text{int}^1}^1 & 0 < \text{int}^1 < n^1 \\ \text{zo} & \\ z_1^1, \dots, z_{\text{zo}^1}^1 & 0 < \text{zo}^1 < n^1 \\ \text{eps}^1. & \end{array}$$

Nadat het nieuwe probleem is opgelost zijn de coëfficiënten daarvan niet meer beschikbaar, wel echter de coëfficiënten van het oorspronkelijke probleem. Meerdere varianten van één probleem moeten alle ten opzichte van het ene probleem worden gegeven. Zodra het programma een negatief 'probleemnummer oorspronkelijke probleem' ontmoet worden alle berekeningen beëindigd.

Is het 'probleemnummer oorspronkelijke probleem' dat bij invoer 2 wordt gelezen ongelijk aan het laatste onder invoer 1 ingelezen probleemnummer, dan wordt het geïnterpreteerd als het probleemnummer van een nieuw oorspronkelijk probleem.

Bovenstaande eigenschappen betekenen dat op één invoerband meerdere oorspronkelijke problemen, elk gevolgd door meerdere keren een invoer 2, mogen voorkomen. Het programma wordt correct beëindigd als dit geheel wordt gevolgd door -1.

#### Uivoer 1

Het programma typt de coëfficiënten van de oorspronkelijke en de nieuwe problemen. Hierbij worden de gegevens ingedeeld in blokken die elk maximaal 15 kolommen bevatten. Deze blokken worden achtereenvolgens uitgetypt en wel zo, dat met weinig scheuren en plakken een normaal tableau van de coëfficiënten kan worden verkregen. Elk blok wordt voorafgegaan door

probleemnummer

n       $m_1$        $m_2$       m      bloknummer.

#### Uitvoer 2

Nadat de coëfficiënten zijn uitgetypt wordt met de oplossing van elk nieuw probleem begonnen. Op de rechterhelft van het papier worden per iteratiestap enkele gegevens genoteerd. De betekenis van deze getallen zal in een rapport over de Land en Doig algorithmen worden beschreven.

De getallen die op de linkerhelft van het papier verschijnen worden door het programma van tekst voorzien.