

Drs J. Spronk

Investeringsselectie en Financiële Planning met Meerdere Doelstellingen

Discussiant: Prof. Dr P.A. Verheijen

1. Inleiding

In deze bijdrage beschouwen wij capital budgeting en financiële planning als beslissingsproblemen waarin meerdere doelen een rol spelen. Voorts laten wij een aantal beslissingsmethoden, welke bij de oplossing van dergelijke problemen behulpzaam zouden kunnen zijn, de revue passeren. Daarbij zullen wij pleiten voor het gebruik van een nieuwe methode: IMG_P = Interactive Multiple Goal Programming.

In navolging van Lorie en Savage [8] en Weingartner [17], definiëren wij capital budgeting als het probleem, waarin gegeven een aantal onderling onafhankelijke investeringsprojecten, voor elk waarvan de netto kontante waarde alsmede de benodigde uitgaven in elk van de perioden binnen de wederom gegeven planningshorizon bekend verondersteld worden, die verzameling van projecten te vinden, welke de hoogste netto kontante waarde oplevert, waarbij voldaan moet zijn aan gegeven restricties op de uitgaven in elk van de perioden.

Dit probleem is door Weingartner (ibid) als volgt in een mathematische formulering gegoten:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \sum_{j=1}^n b_j \cdot x_j \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n c_{tj} \cdot x_j \leq C_t \quad \text{voor } t = 1, \dots, T; \\ & 0 \leq x_j \leq 1 \quad \text{voor } j = 1, \dots, n; \end{aligned} \tag{1}$$

waarbij x_j een beslissingsvariabele is die aangeeft op welke schaal project j uitgevoerd wordt ($x_j = 0$ impliceert dat het project niet, $x_j = 1$ impliceert dat het project volledig uitgevoerd wordt). In de bovenstaande formulering kan x_j ook waarden tussen 0 en 1 aannemen - hetgeen slechts in bepaalde gevallen realistisch is. Vaak ziet men dan ook aan deze formulering de eis toegevoegd dat x_j alleen de waarden 0 of 1 mag aannemen. De netto kontante

waarde van projekt j wordt gegeven door b_j , terwijl de door dit projekt in periode t geïnduceerde uitgaven weergegeven worden door c_{tj} . Het uitgavenplafond in periode t wordt door C_t gesymboliseerd.

Financiële planning wordt hier opgevat als een uitgebreid capital budgeting probleem, waarbij men de investeringsbeslissing simultaan met de financieringsmogelijkheden en de dividendpolitiek wil beschouwen, waarbij in het algemeen additionele restricties gegeven zijn.

2. Waarom meerdere doelen ?

Zelfs wanneer men stelt dat het enige doel van de onderneming bestaat uit het maximeren van de 'wealth' van haar aandeelhouders, kan men staande houden dat de term 'capital budgeting met meerdere doelen' een pleonasme is. Immers, men heeft hier te maken met de keuze tussen 'inkomen nu' en 'inkomen straks' en met de keuze tussen verwacht inkomen en het daaraan gepaard gaande risico, vraagstukken welke reeds op zich als beslissingsproblemen met meerdere doelen beschouwd kunnen worden. In dit licht kan men de netto kontante waarde methode als één der eerste voorbeelden op het gebied van de multi-criteria analyse beschouwen. Daarbij zijn de disconteringsfactoren de a priori gewichten, die losgelaten worden op de doelvariabelen, zijnde de cashflows per periode verbonden aan het te evalueren investeringsplan. Deze toch wel primitieve multicriteria methode ontleent haar bestaansrecht in dit geval aan de juistheid van de kapitaalmarktmodellen die achter het disconteren gedacht kunnen worden. Dat aan deze juistheid in meerdere of mindere mate getwijfeld kan worden, is bekend. Zelfs in een wereld vol zekerheid kunnen nog situaties optreden, die niet geheel door de betreffende modellen gedekt zijn (zie bijv. Adelson [1] en Hirshleifer [6]). Voor het geval van onzekerheid is er nog steeds geen algemeen aanvaard en praktisch goed bruikbaar kapitaalmarktmodel dat meerdere perioden bestrijkt. In de praktijk vormt het bestaan van economische afhankelijkheden - zowel tussen nieuwe projekten onderling als tussen nieuwe projekten en de bestaande operaties van de onderneming - een belemmering voor het verantwoord toepassen van de diverse kontante waarde methoden. Ondanks deze bezwaren mag men niet vergeten dat de door de onderneming gegenereerde c.q. te genereren cashflows door de kapitaalmarkt gewaardeerd worden. De hiervoor aangeduide kontante waarde methoden vormen vooralsnog de enige evaluatieprocedures die hiermede op theoretisch redelijk verantwoorde wijze rekening houden. Wellicht zou een alternatief gevonden kunnen worden door de cashflows per

periode als aparte, onderling strijdende doelvariabelen te beschouwen, opdat de besluitvormer deze - rekening houdend met zijn visie op de kapitaalmarkt - met behulp van een interactieve procedure tegen elkaar kan afwegen (vgl. Spronk [16]).

Een belangrijker reden om capital budgeting en financiële planning als vraagstukken met meerdere doelen te beschouwen, bestaat uit de constatering dat investeringen niet uitsluitend om hun (mogelijk) geldelijk gewin ondernomen worden. Dat is waar in de publieke sector, maar ook in de private sfeer. Steeds vaker kan men constateren dat de onderneming te maken heeft met een dynamisch complex van doelvariabelen, waarvan nu eens de ene en dan weer de andere de meeste nadruk krijgt.

Een eerste mogelijkheid om dergelijk problemen 'op te lossen', is alleen de maximalisatie van de 'wealth' van eigenaren na te streven en de andere doelvariabelen te negeren. Het zal duidelijk zijn dat een dergelijk rücksichtslos beleid op geen enkele wijze optimale waarden voor deze andere doelvariabelen kan garanderen. Het is daarnaast zelfs niet ondenkbaar dat deze doelvariabelen zulke slechte waarden krijgen toegemeten, dat de kwaliteit van de aan het investeringsplan verbonden inkomensstromen (en daarmee de 'wealth' van de eigenaren) aangetast wordt.

Een andere, vaak voorgestelde, methode is om voor de doelvariabelen, die in de vorige methode genegeerd werden, criteria te formuleren welke losgelaten worden op de verzameling van alternatieve investeringsplannen voordat de 'wealth' van de eigenaren gemaximeerd wordt. Dit impliceert dat het voldoen aan deze criteria absolute prioriteit krijgt boven het maximeren van de 'wealth'. Daarnaast is het formuleren van deze criteria natuurlijk niet zonder moeilijkheden.

Beter is, met alle doelvariabelen simultaan en in hun onderlinge samenhang rekening te houden. Recent ontwikkelde methoden op het gebied van de multicriteria analyse stellen de besluitvormer in de gelegenheid om de trade-offs tussen de doelvariabelen op een dergelijke, meer systematische wijze te exploreren. Dit zal in de volgende paragrafen toegelicht worden.

3. Bestaande benaderingen

Er zijn inmiddels reeds vele methoden ontwikkeld welke de besluitvormer behulpzaam kunnen zijn bij het oplossen van zijn beslissingsproblemen met meerdere doelen. Wij zullen hier een kort overzichtje geven van dit soort methoden, voorzover zij in de literatuur geïllustreerd zijn

aan de hand van problemen op het gebied van capital budgeting en financiële planning. Meer algemeen getinte overzichten kan men o.a. vinden in van Loon [7], Nijkamp et al. [10] en Nijkamp en Spronk [11].

Een aantal auteurs (zie bijv. Robichek, Ogilvie en Roach [14]) die erkenden dat het capital budgeting vraagstuk als een probleem met meerdere doelen beschouwd moet worden, benaderden dit door alle doelen op één na als restricties te formuleren en hierbinnen de uitgeselecteerde doelvariabele te maximeren. De bezwaren tegen een dergelijke benadering werden reeds in de vorige paragraaf genoemd.

Een veel flexibeler benadering kan worden verkregen door middel van doelprogrammering, waarin de besluitvormer geacht wordt voor elk van de onderscheiden doelvariabelen aspiratieniveau's geformuleerd te hebben. Omdat deze i.h.a. niet tegelijkertijd bereikt kunnen worden, worden afwijkingsvariabelen geïntroduceerd welke per aspiratieniveau de afstand tussen de gerealiseerde en de geaspireerde waarde meten. In de doelstellingsfunctie worden deze afwijkingsvariabelen dan met de door de besluitvormer toegekende gewichten opgenomen. Hierbij bestaat o.a. de mogelijkheid om een bepaalde doelstelling absolute prioriteit boven een andere te geven. Eén van de voordelen van deze methoden is dat zij tot op zekere hoogte aansluiten bij de besluitvormingspraktijk (vgl. Ashton en Atkins [2]). Wellicht verklaart dit het feit dat er in de literatuur zo vele voorbeelden gegeven worden van het gebruik van doelprogrammering in capital budgeting en financiële planning (zie voor een literatuuropgave Nijkamp en Spronk [11]). Hier te lande werd al vroeg een voorbeeld van het gebruik van doelprogrammering gegeven door Bronsema en Tempelaar [3].

Een belangrijk nadeel van doelprogrammering is het feit dat de besluitvormer een niet onaanzienlijke hoeveelheid a priori informatie moet verschaffen (o.a. aspiratieniveau's, de indeling van de doelen in prioriteitsklassen en daarbinnen de aan de doelen toegekende relatieve gewichten). Er zijn een aantal pogingen gedaan om dit informatieprobleem te omzeilen. Zo stelt Sealey [15], in de bespreking van een financieel planningsmodel van een bank, voor om zich te beperken tot efficiënte (Pareto-optimale) oplossingen. Dit zijn oplossingen waarin geen van de waarden der doelvariabelen verbeterd kan worden zonder op zijn minst één van de andere doelvariabelen in waarde te verslechteren. Hierbij wordt aangenomen dat de besluitvormer per doelvariabele méér altijd boven minder (c.q. minder altijd boven méér) prefereert. Hierdoor worden een aantal mogelijkheden welke doelprogrammering biedt (zoals het kunnen vertalen van 'satisficing') wel over boord gezet. Sealey stelt voor om alle efficiënte oplossingen

aan de besluitvormer te presenteren. Wanneer men bedenkt dat een praktisch linear programmeringsprobleem al snel een zeer groot aantal efficiënte (hoek-)oplossingen heeft, moet dit voorstel verworpen worden.

Een oplossing van het genoemde informatieprobleem zou gezocht kunnen worden in het gebruik van interactieve procedures, welke gebaseerd zijn op een onderlinge en herhaalde interactie tussen besluitvormer en optimaliseringsmodel. Aan de hand van het model wordt een eerste compromisoplossing gegenereerd, welke vervolgens door de besluitvormer geëvalueerd wordt. Met behulp van het commentaar van de laatste wordt een volgende oplossing berekend, welke weer geëvalueerd wordt en zo voorts, totdat de besluitvormer de verkregen oplossing bevredigend acht. Voorbeelden van toepassingen van het gebruik van interactieve multicriteria methoden bij capital budgeting financiële planning worden onder meer gegeven door Candler en Boehlje [4] en Chateau [5].

Een belangrijk nadeel van de meeste bestaande interactieve procedures is het soort vragen dat door de besluitvormer beantwoord moet worden: veelal zijn deze in termen gesteld die zonder wiskundige achtergrond moeilijk te begrijpen zijn. Verder bepalen de bestaande interactieve methoden zich nagenoeg alle tot de hierboven genoemde efficiënte oplossingen.

Wij hebben met een nieuwe methode getracht de voordelen van interactieve methoden te combineren met de voordelen geboden door de doelprogrammeringsbenadering. Alvorens nader op deze methode in te gaan, zullen wij een aantal technische problemen bespreken die men bij de oplossing van problemen op het gebied van capital budgeting en financiële planning met meerdere doelen kan tegenkomen.

4. Technische problemen

De tegenwoordige onderneming is een complexe organisatie, met meerdere hierarchische beslissingsniveau's en meerdere besluitvormers. Mede hierdoor worden capital budgeting en financiële planning problemen met meerdere doelen. We zullen enkele technische problemen aanstippen welke een gevolg zijn van de aanwezigheid van meerdere doelen. De problemen die ontstaan door het aanwezig zijn van meerdere besluitvormers en van meerdere beslissingsniveau's worden in deze bijdrage buiten beschouwing gelaten.

- (a) Onhandelbare aantallen doelvariabelen - Een wellicht enigszins magisch, edoch niet te verwaarlozen ervaringsgegeven is, dat het besluitvormers in de praktijk vrijwel onmogelijk is om meer dan plus minus zeven doelvariabelen tegelijkertijd te hanteren (zie Miller

[9]). In planningsproblemen waarin per periode meerdere doelen worden geformuleerd kan dit magische getal gemakkelijk overschreden worden. Echt goede oplossingen zijn voor dit probleem nog niet gevonden. Men kan natuurlijk (naar analogie, van de netto kontante waarde methode) proberen aggregaten van groepen gelijksoortige doelvariabelen te construeren (bijv. een gemiddelde, of een minimale c.q. maximale waarde (-stijging) over de planningshorizon). Een andere manier is het verdelen van de doelvariabelen in hiërarchische geordende groepen om vervolgens het probleem eerst op te lossen met het oog op de eerste groep, waarna - voorzover daar nog ruimte voor is - aandacht aan de tweede en volgende groepen besteed kan worden (zie Ashton en Atkins [2]). Wij werken momenteel aan een procedure waarin ook met meerdere niveau's gewerkt wordt, maar waarin speelruimte ('slack') tussen de verschillende niveau's uitgewisseld kan worden.

- (b) Meer niet altijd geprefereerd boven minder - In capital budgeting en financiële planning kunnen verschillende doelvariabelen geformuleerd worden, die noch gemaximeerd, noch geminimeerd moeten worden - hetgeen door vrijwel alle interactieve procedures als uitgangspunt genomen wordt. Te denken valt aan allerlei ratio's en aan voorraadgrootheden.
- (c) Niet-lineaire doelvariabelen - De reeds genoemde ratio's, maar ook een doelvariabele als 'de kans op overschrijding' van een bepaalde grootte, zijn geen lineaire functies van de instrumentenvariabelen. Vaak worden deze doelvariabelen in lineaire (doel-)programmeringsmodellen opgenomen door middel van aspiratieniveau's. Meestal wordt het niet-lineaire karakter van de afwijkingsvariabelen daarbij (ten onrechte) genegeerd. De meeste interactieve methoden gaan uit van doelvariabelen welke lineair zijn in de instrumentvariabelen. Ook daar is de aanwezigheid van dit soort doelvariabelen dus problematisch.
- (d) 'Zachte' restricties - De meest redelijke interpretatie die men aan vermogensrantsoenering kan geven, is die (zie Weingartner [18]), waarin de mate van rantsoenering door het management bepaald wordt. Dit betekent dat men te maken heeft met restricties waarvan in mindere of meerdere mate afgeweken kan worden. Dit kon tot dusverre niet goed in interactieve methoden maar wel in doelprogrammering tot uitdrukking gebracht worden.

- (e) Ondeelbare projecten - De aanwezigheid van ondeelbare projecten leidt in de formulering van (lineaire) programmeringsmodellen tot $(0,1)$ -variabelen. Voor het geval van één doelvariabele is dit probleem goed oplosbaar. Bij meerdere doelvariabelen, met name wanneer men streeft naar efficiënte oplossingen, kan het aanwezig zijn van $(0,1)$ -variabelen tot ernstige technische complicaties leiden (zie Zions [19], [20]).

5. Interactive Multiple Goal Programming (IMGP)

In een poging om althans een deel van de in de vorige paragraaf beschreven problemen te omzeilen, hebben wij een interactieve variant van doelprogramming ontwikkeld: Interactive Multiple Goal Programming (IMGP). Deze nieuwe methode eist niet meer a priori informatie dan andere interactieve procedures. Als dergelijke informatie echter aanwezig is kan deze binnen de methode nuttig gebruikt worden. Net als bij doelprogramming worden aspiratieniveaus geformuleerd, kan men zowel 'satisficing' als 'optimizing' nastreven en kan het ene doel absolute prioriteit boven het andere krijgen. Verschillen met doelprogramming zijn, dat geen gewichten behoeven te worden gespecificeerd en dat eenmaal gespecificeerde aspiratieniveaus later kunnen worden herzien.

Heel in het kort werkt IMGP als volgt (meer uitgebreide beschrijvingen worden gegeven door Nijkamp en Spronk [11], [12]). De besluitvormer wordt geconfronteerd met een eerste oplossing, welke gekarakteriseerd wordt door bepaalde, zeer pessimistische waarden van de door hem geformuleerde doelvariabelen. Daarbij krijgt hij de verzekering dat hij in ieder geval geen oplossing behoeft te accepteren welke slechter is dan de getoonde. Tegelijkertijd worden hem een aantal indicatoren beschreven, welke aangeven in welke richtingen de oplossing verbeterd kan worden. Op grond van deze informatie moet hij aangeven welke doelvariabele in waarde verbeterd moet worden en in welke omvang. Deze nieuwe waarde wordt nu als restrictie beschouwd, gegeven welke de waarde van de genoemde herberekend worden. Als de opgetreden verschuivingen niet acceptabel zijn naar de mening van de besluitvormer, kan hij de voorgestelde doelwaarde herzien. In het andere geval kan hij de nieuwe oplossing accepteren en de waarde van één of meer der andere doelvariabelen gaan verbeteren, en zo voorts.

IMGP kan alle problemen aan welke in een niet-interactief doelprogrammeringsmodel gegoten kunnen worden. Daarnaast kunnen ratio's en chance constraints hier wel zonder veel problemen geïncorporeerd worden (vergelijk de vorige paragraaf). Het soort vragen, dat tijdens het interactieve proces aan de besluitvormer wordt voorgelegd,

lijkt - zeker in vergelijking met andere interactieve procedures - niet al te moeilijk. Bovendien is het soort berekeningen, dat voor de procedure vereist is met behulp van standaard computerpakketten, ingebed in eenvoudige computerprogramma's, rechtstreeks uit te voeren.

Ook het gebruik van interactieve procedures is natuurlijk niet zonder bezwaren. Allereerst heeft men te maken met het ingewikkelde voorspel, waarin de besluitvormer zijn doelvariabelen moet specificeren. Vervolgens moeten deze doelvariabelen voorzover mogelijk in termen van de instrumentvariabelen vertaald worden. Het interactieve proces zelf brengt een leerproces op gang. Op zichzelf kan dit nuttig zijn. Het houdt echter tegelijkertijd de mogelijkheid van (naar we mogen aannemen niet kwaad bedoelde) manipulatie in. Dit gevaar moet zo goed mogelijk bestreden worden. Middelen hiertoe zijn gelegen in (a) een zo gedegen mogelijke instructie van de besluitvormer t.a.v. de werking van de procedure en (b) het herhalen van het gehele interactieve spel, totdat de besluitvormer vindt dat hij het probleem in zijn vingers heeft.

Ondanks deze bezwaren pleiten wij voor het gebruik van multicriteria methoden in het algemeen en van interactieve procedures zoals hierboven beschreven in het bijzonder, bij capital budgeting en financiële planning. Het minste dat men op die manier kan bereiken, is dat, op meer expliciete en systematische wijze nagedacht wordt over het dynamische doelcomplex waarmee de hedendaagse onderneming te maken heeft.

AANGEHAALDE LITERATUUR

1. Adelson, R.M., 'Discounted Cash Flow: Can We Discount it?', *Journal of Business Finance*, Vol. 2/2, 1970, p. 50-66.
2. Ashton, D.J. en D.R. Atkins, 'Multicriteria Programming for Financial Planning', paper presented at the XXIII International Meeting of TIMS, Athens, 1977.
3. Bronsema, H.J.J. en F.M. Tempelaar, 'Doelprogrammering en de Financiële Structuur van de Onderneming', M.A.B., 1973.
4. Candler, W. en M. Boehlje, 'Use of Linear Programming in Capital Budgeting with Multiple Goals', *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 53/2, 1971, p. 325-330.
5. Chateau, J.P.D., 'The Capital Budgeting Problem under Conflicting Financial Policies', *Journal of Business Finance and Accounting*, Vol. 2/1, Spring 1975, p. 83-103.
6. Hirshleifer, J., 'On the Theory of Optimal Investment Decision', *Journal of Political Economy*, 1958, p. 329-352.

7. Loon, P.J.J.M. van, 'Beslissingsmethoden bij meer Doelstellingen', Maandschrift Economie, mei 1975, p. 383-417.
8. Lorie, J.H. en L.J. Savage, 'Three Problems in Rationing Capital', Journal of Business, Oct. 1955, p. 229-239.
9. Miller, G., 'The Magical Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information', Psychological Review, Vol. 63, p. 81-97, 1956.
10. Nijkamp, P., P. Rietveld, J. Spronk, W. van Veenendaal en H. Voogd, 'Multidimensional Spatial Data and Decision Analysis', Wiley, New York (1979).
11. Nijkamp, P. en J. Spronk, 'Analysis of Production and Location Decisions by Means of Multi-Criteria Analysis', Engineering and Process Economics, Spring 1979.
12. Nijkamp, P. en J. Spronk, 'Interactive Multiple Goal Programming, An Evaluation and Some Results', Report 7906/A, Centrum voor Bedrijfseconomisch Onderzoek, Erasmus Universiteit, Rotterdam.
13. Nijkamp, P. en J. Spronk, 'Goal Programming for Decision-Making', Ricerca Operativa, Fall 1979.
14. Robichek, A., D. Ogilvie en J. Roach, 'Capital Budgeting: A Pragmatic Approach', Financial Executive, 1969, p. 26-38.
15. Sealey, C.W., 'Financial Planning with Multiple Objectives', Financial Management, winter 1978, p. 17-23.
16. Spronk, J., 'Interactive Multiple Goal Programming as an Aid for Capital Budgeting and Financial Planning with Multiple Goals', in R. Crum en F. Derkinderen, Financial Management of Corporate Resource Allocations, Martinus Nijhoff, Boston (forthcoming).
17. Weingartner, H.M., 'Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting Problems', Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1963.
18. Weingartner, H.M., 'Capital Rationing: n Authors in Search of a Plot', Journal of Finance, Vol. XXXII/5, p. 1403-1431.
19. Zionts, S., 'Integer Linear Programming with Multiple Objectives', Annals of Discrete Mathematics, Vol. 1, 1977, p. 551-562.
20. Zionts, S., 'A Survey of Multiple Criteria Integer Programming Methods', Working Paper 322, State University of New York at Buffalo, 1978.