



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

MULTI-KRITERIA BESLUITONDERSTEUNINGSMODELLE: 'N HULPMIDDEL VIR STRATEGIESE BEPLANNING DEUR ENTREPRENEURS IN 'N VERANDERENDE LANDBOU-OMGEWING

K Coetzee

J&R Finansiële Huis, Bloemfontein

J Heckroodt en JJ Janse van Rensburg

Direktoraat Landbou-ekonomie, Afdeling Vrystaatstreek, Glenn

M F Viljoen

Departementshoof, Departement Landbou-ekonomie, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein

Abstract

The usefulness of a planning technique depends to a large extent on its ability to take account of the multiple aims of the farmer and his family. Although linear programming (LP) is a very useful planning technique its ability to account for multiple aims is fairly limited. This paper compares the result obtained from LP with that from goal and multiple objective programming for a case study in the Petrusburg magisterial district.

Uittreksel

In 'n veranderde landbou-omgewing kan die LP-paradigma nie meer aanvaarbare oplossings vir die ondernemer verskaf nie. 'n Gevallestudie, gebaseer op 'n verteenwoordigende boerdery in die Petrusburglanddrosdistrik is gebruik om die gebruikswaarde van multikriteria-besluitondersteuningstegnieke te illustreer. Beide doelwit- en multidoelstellingsprogrammering het alternatiewe oplossings verskaf wat waardevolle inligting aan 'n besluitnemer kan verskaf.

1. Inleiding

In 'n veranderende landbou-omgewing word groot eise aan die landbouwer gestel. Die ondernemer se vermoë om te oorleef sal tot 'n groot mate deur sy aanpassingsvermoë bepaal word (Willemse, 1992:85). Beplanning van 'n boerdery, geskoei slegs op maksimum wins in een of ander vorm as enigste kriterium, kan nie aanvaarbare oplossings vir die boer in 'n komplekse samelewing met hoogs uiteenlopende doelstellings verskaf nie. Selfs as slegs die boer se oogmerke in ag geneem word, is die beste plan meesal 'n kompromie tussen verskillende doelstellings (Dent & Jones, 1993:235).

Sedert die vyftigerjare is lineêre programmering gebruik vir die beplanning van boerderye (Heady, 1954; King, 1953). Die aanvaarding van lineêre programmeringsoplossings het met wisselende sukses geskied (Viljoen & Van der Westhuizen, 1992). Redes hiervoor kan in, onder andere, die beperkende aannames waarop die LP-paradigma gebaseer is, gevind word. Verskeie veranderde weergawes van die standaard LP-metodiek is ontwikkel om die beperkende aannames te omseil soos byvoorbeeld meerperiode- en integer programmering en die verskillende risiko-programmeringsmodelle soos MOTAD, teiken MOTAD en kwadratiese risikoprogrammering (Hazell & Norton, 1986). Een van die groot tekortkominge van lineêre programmering is dat 'n enkele doelfunksie optimeer moet word. Soos Zeleny egter aantoon reduseer 'n probleem waar 'n enkele doelfunksie optimeer word na 'n tegnologiese probleem wat met 'n soekproses sonder enige insette van die besluitnemer opgelos kan word (1982 : Hoofstuk 1).

'n Detail ondersoek na die struktuur van boerderye en die ekonomiese en finansiële posisie van boere in die Petrusburglanddrosdistrik is in 1991 uitgevoer (Departement Landbou-ontwikkeling, 1992). Verskeie kernprobleme in die distrik is uitgewys.

Hierdie probleme kan slegs met behulp van struktuurveranderinge opgelos word en dit word tans ondersoek in 'n geregistreerde navorsingsfasie van die Direktoraat Landbou-ekonomie. Aangesien hier ook van meervoudige doelwitte sprake is, word die probleem as 'n gevallestudie gebruik om die geskiktheid van multikriteria besluitnemingsmodelle vir gebruik in 'n boerderybeplanningsomgewing, te evalueer.

2. Multi-kriteria besluitondersteuningsmodelle

Om die probleme van enkel-kriteria doelfunksies in programmeringsmodelle te ondervang, is 'n hele reeks van metodes sedert die vyftiger en sestigerjare ontwikkel en die werk van Charnes & Cooper (1961) word alreë as die begin van 'n MKBN (multi-kriteria besluitondersteunings) paradigma beskou (Romero & Rehman, 1989:11). Sedertdien het MKBN-tegnieke wye toepassing in die landbou gehad soos ondermeer die uitgebreide bronnelyste verskaf deur Thampapillae (1987:812-813) en Romero & Rehman (1984:74-88) blyk. Sedertdien is MKBN-tegnieke op verskeie wyd uiteenlopende probleme toegepas (El Shishiny, 1988; Shakya & Leuchner, 1990; Teele & Yitayew, 1990; Yan & Haan, 1991; Cornett & Williams, 1991; Sutardi, Bector & Goulter, 1991). Die belangrikheid van die tegnieke word dan ook onderskrif deur die feit dat 'n spesiale uitgawe van Agricultural Systems daaraan gewy word (Dent & Jones, 1993:235).

Slegs 'n enkele Suid-Afrikaanse verwysing kan opgespoor word (Ortmann, 1989:41-42). Om MKBN-tegnieke te bespreek, is dit nodig dat sekere terminologie, eie aan die MKBN-omgewing, vooraf gedefinieer word. 'n Doelstelling (Eng. objective) word gedefinieer as 'n verbetering in 'n eienskap van die probleem soos byvoorbeeld dat bruto marge verhoog of indiensname verlaag moet word. Wanneer 'n doelstelling met 'n teikenwaarde kombineer word, word 'n doelwit (Eng. Goal) verkry. Die mate waartoe daar aan die doelwit tekort geskiet is of die doelwit oorskry is, word met behulp van afwykingsveranderlikes (Eng. deviational variables) bepaal. Onderliggend aan die MKBN-paradigma is die begrip van Pareto-optimaliteit wat ontleen is aan die teorie van welvaartseconomie.

Pareto-optimale oplossings word in MKBN terme definieer as oplossings waarvoor daar geen ander oplossings is wat dieselfde of beter prestasie met betrekking tot alle kriteria en 'n beter prestasie met betrekking tot 'n enkele criterium kan verkry nie. Hierdie definisie is 'n enger beskrywing van Pareto-optimaliteit as wat normaalweg aanvaar word (Ritson, 1971:232). Die doel van MKBN-tegnieke is om Pareto-optimale oplossings te identifiseer. Enkele MKBN-tegnieke word bespreek.

Multi-kriteria besluitnemingstegnieke word deur Romero & Rehman (1989:26) verdeel in doelwitprogrammerings en multidoelfunksie programmering waarvan kompromie-programmering 'n natuurlike uitvloeisel is (1989:83). Thampapillae verdeel die tegnieke op grond van die metodiek waarmee die doelfunksie gespesifiseer word in metodes met 'n globale doelfunksie, metodes wat doelstellings as doelwitte spesifiseer en interaktiewe metodes (1978:807). In die referaat word die klassifikasie van Romero & Rehman (1989:26) gebruik. Slegs doelwit-, multidoelfunksie- en kompromie-programmering word verder bespreek. Die beperking van die bespreking tot die tegnieke is bloot om prakties en impliseer nie dat die drie tegnieke die enigste MKBN-tegnieke is nie. Veral drie ander MKBN-tegnieke moet van kennis geneem word, naamlik die gebruik van "fuzzy" doelfunksies (Mendoza, Bare & Zhou, 1993:257-274), risiko-kompromieprogrammering (Romero, Rehman & Domingo, 1988:271-276) en naby optimale linieêre programmering (Mendoza, Campbell & Rolfe, 1987:12-14; Jeffery, Gibson & Faminow, 1992:1-19).

2.1 Doelwitprogrammering (Goal programming)

Doelwitprogrammering (kortweg GP) is oorspronklik deur Charnes & Cooper (1961) ontwikkel. Die beginsel is dat teikens vir die doelstellings gestel word en 'n aanvaarbare oplossing verkry word deur die afwyking van die teikenwaardes te minimiseer (Romero & Rehman, 1984). Twee oplossingsmetodes word algemeen gebruik naamlik geweege doelwitprogrammering (WGP) en leksikografiese doelwitprogrammering (LGP) (Bouzafer & Mendoza, 1987:91). Met WGP word alle doelwitte gelyktydig oorweeg deur 'n saamgestelde doelfunksie bestaande uit die geweege afwykings van die doelwitte saam te stel en te optimiseer (Ortmann, 1989:41). Met LGP word aanvaar dat die besluitnemer doelwitte in 'n prioriteitsvolgorde kan plaas sodat hoër orde doelwitte bevredig kan word, voordat aandag aan laer orde doelwitte gegee word (Romero & Rehman, 1993:242).

2.2 Meervoudige doelstellings programmering (MOP)

MOP hanteer verskeie doelfunksies gelyktydig en omdat dit nie moontlik is om 'n oplossing met verskillende doelfunksies te verkry nie, word die oplossings verdeel in 'n effektiewe (of Pareto-optimale) en oneffektiewe stel

(Mendoza, Campbell & Rolfe, 1986:247). Basies kan die effektiewe oplossings met drie tegnieke naamlik die beperkings-, die gewigs- en multidoelstellingssimpleksmetode (Romero & Rehman, 1989:69) opgelos word. Met behulp van MOP word 'n effektiewe stel oplossings verkry. 'n Natuurlike uitbreiding van MOP is in kompromie-programmerings (CP) geleë.

2.3 Kompromie-programmering

MOP verskaf die reeks van Pareto-optimale oplossings. Met behulp van kompromie-programmering word die beste oplossing uit die reeks Pareto-optimale oplossings verkry (Romero & Rehman, 1989:85). Die CP metodiek is gebaseer op die bepaling van 'n ideaalpunt wat die snypunt, in 'n n-dimensionele ruimte van die verskillende doelfunksies verteenwoordig (Zeleny, 1973:262-301). Hierdie punt val gewoonlik buite die uitvoerbare gebied. Die oplossing naaste aan die ideaalpunt word as die optimale oplossing beskou. Die afstand vanaf elke oplossing na die ideaalpunt word in absolute terme bepaal (Romero & Rehman, 1989:89-90). Die probleem reduceer dan na 'n LP-probleem waar die absolute afstand vanaf die ideaalpunt minimiseer word (Romero & Rehman, 1989:93-95). Met behulp van CP word die kompromiestel oplossings identifiseer deur die onderste en boonste grense vir die oplossings te spesifiseer.

3. Samestelling van verteenwoordigende boerdery-eenheid

3.1 Die formulering van verteenwoordigende boerdery-eenhede

'n Verteenwoordigende boerdery-eenheid of tipiese plaas kan as die mees algemene tipe plaassituasie wat in 'n relatief homogene geografiese gebied voorkom of wat op 'n sekere groep boere in 'n gebied van toepassing is, beskou word (Swart, 1989:77) Indien verteenwoordigende boerderye reg gespesifiseer word, kan dit lei tot 'n beter benutting van navorsingshulpbronne en navorsing kan vir 'n groter reeks boerderye van toepassing wees (Hatch *et al.*, 1982:31).

Die term verteenwoordigend verklaar 'n "beeld" of uitdrukking van iets, terwyl tipies as "kenmerkend" verklaar kan word (Oosthuizen & Meiring, 1992:45). 'n Verteenwoordigende of tipiese plaas kan dus beskou word as 'n weerspieëling van 'n aantal plase wat wel in die gebied voorkom. Volgens Barnard & Nix (1981:281) word alle beplanningstelsels op modelle gegrond wat 'n uitbeelding van die werklikheid is, omdat dit 'n gedeelte van die besonderhede bevat wat in die praktyk bestaan. Die wyse waarop 'n verteenwoordigende boerdery gedefinieer word, is afhanklik van die doel waarvoor so 'n eenheid gespesifiseer word (Oosthuizen & Meiring, 1992:45).

Teoreties kan enige fisiese of finansiële eienskappe as basis vir die definieëring van verteenwoordigende boerderye gebruik word (Jeffrey, 1988:65, soos aangehaal deur Oosthuizen & Meiring, 1992). Die insluiting van alle relevante eienskappe sal egter soveel verteenwoordigende boerderye daarstel dat almal nie gemodelleer kan word nie. Die praktiese implikasie hiervan is om die aantal veranderlikes tot dié wat relevant is vir die doel van die verteenwoordigende boerderye te beperk.

3.2 Beskrywing van verteenwoordigende boerdery-eenheid

Vier verteenwoordigende boerdery-eenhede is in die drie boerderygebiede van die Petrusburglanddrosdistrik saamgestel.

Tabel 1: Fisiese eienskappe van die verteenwoordigende boerdery-eenheid in die Immigrant/Tafelkop boerderygebied in die Petrusburglanddrosdistrik soos op 1 Maart 1991

Item	Oppervlakte (ha)
Besitreg:	
Eie grond	1 470
Grond gehuur	150
Totale oppervlakte	1 620
Samestelling:	
Droëlande	512
Aangeplante weiding (droëland)	100
Weiveld	1 001
Werf en uitval	7
Totale oppervlakte	1 620
% Bewerk	38
% Aangeplante weiding	6
% Weiveld	62

Die verteenwoordigende boerdery-eenheid in die Immigrant/Tafelkop boerderygebied word as basis vir 'n gevallestudie gebruik om die geskiktheid van multi-kriteria besluitondersteuningsmodelle vir gebruik in 'n boerderybeplanningsomgewing, te illustreer.

Die fisiese eienskappe van dié verteenwoordigende boerdery-eenheid word in Tabel 1 aangetoon. Huurgrond verteenwoordig 9 persent van die totale oppervlakte. Bewerkbare oppervlakte maak 38 persent van die totale oppervlakte van 1620 hektaar van die verteenwoordigende boerdery-eenheid uit, terwyl weiveld 62 persent is. Die twee belangrikste boerderyvertakkings wat in die boerderygebied voorkom, is droëland koringverbouing en vleiskape.

4. Toepassing van multi-kriteria besluitondersteuningstegnieke

4.1 Optimale LP-plan

As basis vir 'n vergelyking tussen die verskillende multi-kriteria besluitnemingsprogrammeringstegnieke is die probleem as 'n LP-probleem spesifiseer en opgelos. Die doelfunksie is in terme van netto besteebare-inkomste gespesifiseer. Dit impliseer dat 'n negatiewe doelfunksiewaarde op 'n onuitvoerbaar plan dui. 'n Minimum netto besteebare inkomste van R0 word dus as beperking gestel. Die optimale LP-oplossing word in Tabel 2 verskaf.

Uit Tabel 2 is die tipiese hoë risiko plan, wat normaalweg met maksimum inkomste as enigste doelwit verkry word, baie duidelik. Ook relatiewe swak gronde word vir koringverbouing gebruik. R145 944 word geleen om die plan uit te voer. Hierdie optimale plan verskaf 'n netto besteebare inkomste van R5 954.

4.2 Doelwitprogrammering (GP)

Vir die GP-formulering word drie verskillende doelwitte gestel, naamlik:

- ▶ Verkry 'n netto besteebare inkomste van R20 000. (L1)
- ▶ Gebruik slegs R100 000 geleende fondse. (L2)
- ▶ Beperk koring op koring tot 200 ha. (L3)

Hierdie doelwitte verskil van dit wat in 'n standaard LP as beperkings hanteer word. So, byvoorbeeld beteken L1 dat 'n netto besteebare inkomste van so na aan R20 000 as moontlik bereik moet word - in teëstelling met LP waar 'n oplossing wat nie R20 000 bereik nie as onuitvoerbaar beskou sal word.

Die reeds gestelde beperking van 'n nie-negatiewe netto besteebare inkomste word behou. Indien gewegde doelwit-programmering gebruik word, is dit nodig om gewigte aan die verskillende doelwitte toe te ken. Aanvanklik word 'n gelyke waarde aan al drie doelwitte toegeken (L1 = L2 = L3 = 1). Die metode van gewegde doelwitprogrammering soos deur Piech & Rehman beskryf (1993 : 307 - 311), is toegepas met behulp van 'n standaard lineêre-programmeringsalgoritme (LP88). Die optimale oplossing met L1 = L2 = L3 word in Tabel 3 verskaf.

Die oplossing in Tabel 3 verskaf 'n R5 954 laer netto besteebare inkomste. Die ondernemer se gebruik van vreemde fondse daal egter met R39 964 tot R105 980. Die plant van koring op die laer potensiaal gronde word ook gestaak. Dit is duidelik dat hierdie 'n minder riskante oplossing as die vorige een is.

Deur die gewigte van L1, L2 en L3 nou individueel te wissel kan 'n beeld van die stabiliteit van die oplossing verkry word. Indien L3 varieer word tussen 0 en ∞ verander die optimale oplossing nie wat aantoon dat die doelwit oorbodig (redundant) is.

Veranderinge in L1 en L2 lei tot die keuse van alternatiewe planne. Indien die gewig van L2 varieer word die plan in Tabel 3 steeds gekies. Die rede hiervoor is dat die minimum netto besteebare inkomste beperking 'n onderste grens op geleende fondse plaas wat nie oorskry kan word nie.

Tabel 2: Optimale lp-oplossing

1. Aktiwiteite	Oppervlakte (ha)			
	Grondtipe			
Gewasse	Totaal	Plex W160	Plex W120	Plex W100
Koring/Koring	286	65	164	57
Koring/Braak	129	37	92	
Hawer Weiding	55			55
Columbus	42			42
TOTAAL	512	102	256	154
Lewende hawe	(GVE)	3. Netto besteebare inkomste		R 5953,56
Vleisskape	115			
2. Fondse gebruik	(R)			
Produksiekrediet	79 640			
Oortrokke rekening	66 304			
Totaal	145 944			

Tabel 3: Doelwitprogrammeringsoplossing met gelyke gewigte vir al drie doelwitte

1. Aktiwiteite	Oppervlakte (ha)			
	Grondtipe			
Gewasse	Totaal	Plex W160	Plex W120	Plex W100
Koring/Koring	149	65	84	0
Koring/Braak	129	37	92	
Hawer Weiding	55			55
Columbus	42			42
TOTAAL	375	102	176	97
Lewende hawe	(GVE)	3. Netto besteebare inkomste		R 0
Vleisskape	115			
2. Fondse gebruik	(R)			
Produksiekrediet	39 676			
Oortrokke rekening	66 304			
Totaal	105 980			

Die optimale plan is sensitief vir veranderinge in L1. Indien L1 groot word, dan word terugbeweeg na die optimale LP-oplossing. Die verandering in plan met 'n verandering in die gewig van L1 word in Tabel 4 illustreer. Die besluitnemer kan dus nou van 'n reeks waardes waarbinne sy aktiwiteite beplan kan word, voorsien word.

4.3 Meervoudige doelstellingsprogrammering

In die vorige gedeelte is reeds uitgewys dat doelwit 3 oorbodig is. In die MOP-formulering van die probleem word daar dus slegs aan die eerste twee doelwitte aandag gegee.

Tabel 4: Verandering in optimale plan met 'n verandering in gewig van doelwit 1 (II)

L1-Waarde	Plan
1	Doelwitprogrammeringsoplossing (Tabel 3)
1,5	Doelwitprogrammeringsoplossing (Tabel 3)
2,0	L P Plan (Tabel 2)
>2	L P Plan (Tabel 2)

Tabel 5: Multidoelstellingsoplossings soos verkry met verskillende gewigte vir netto besteebare inkomste en lenings

Oplos- sing no	Gewigte		Aktiwiteite					Netto Be- steerbare Inkomste	Fondse Gebruik
	L1*	L2*	Koring/ Koring	Koring/ Braak	Hawer Weiding	Columbus	Vleisskape		
			Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	R	R
1	0	1	94	0	154	0	115	-13260	66304
2	1	1	13	129	55	42	115	-8462	66304
3	1	0,33	65	129	55	42	115	0	105980
4	3	1	286	129	55	42	115	+5953	145944

L1 Gewig van netto besteebare inkomste doelstelling

L2 Gewig van minimum leningsdoelstelling

Met slegs twee doelwitte is besluit om die geweege multi-doelstellingsprogrammeringsmodel te gebruik (Rehman & Romero, 1984:40-41). Die verkree oplossings word in Tabel 5 verskaf. Vir illustrasie doeleindes is die beperking op 'n positiewe netto besteebare inkomste gekanselleer sodat die "trade-off" tussen netto besteebare inkomste en gebruik van vreemde kapitaal duideliker blyk.

Oplossing 1 (Tabel 5) word domineer deur oplossing 2, aangesien 'n beter netto besteebare inkomste verkry kan word sonder om meer geleende fondse te gebruik. Indien die oorspronklike beperking van 'n nie-negatiewe netto besteebare inkomste gehandhaaf word, dan word die probleem reduceer na 'n keuse tussen 2 oplossings, wat in die geval ook die optimale LP-oplossing en die alternatiewe GP-oplossing is. Die besluitnemer sal dus tussen oplossings 3 en 4 moet kies.

4.4 Kompromie-programmering

Die ideaalpunt vir die probleem word verkry vir 'n netto besteebare inkomste van R5 954 en die gebruik van R105 980 wat buite die uitvoerbare gebied val. Ekstreme punte naaste aan die ideaalpunt kan met behulp van kompromieprogrammering bepaal word. Deur die L1 en L_{∞} maatstaf te bepaal, word 'n reeks waardes, waarbinne 'n besluitnemer kan optree, verkry (Piech & Rehman, 1993:314). In hierdie geval met slegs 2 Pareto-optimale oplossings verskaf CP geen nuwe inligting nie en is die gebruik van CP dus oorbodig.

5. Samevatting en gevolgtrekking

In 'n veranderde samelewing waarin van die kommersiële boer verwag gaan word om grootliks op sy eie te oorleef, sal die optimale allokasie van hulpbronne krities wees. Die gebruik van 'n eendimensionele doelfunksie lei tot oplossings met groot nadele. So, byvoorbeeld, is die optimale LP-plan in die voorbeeld met klein veranderinge basies dieselfde boerderystruktuur wat algemeen in die Petrusburglanddrosdistrik gebruik is en wat tot ernstige probleme in die begin negentigerjare gelei het.

Die alternatiewe plan daarenteen verskaf 'n meer stabiele oplossing met verminderde afhanklikheid van geleende fondse en koringverbouing op marginale gronde.

Dit was moontlik om sinvolle doelwitprogrammerings- en 'n meervoudige doelstelling-oplossings te verkry met die gebruik van 'n standaard LP-algoritme. Die gebruik van MKBN-tegnieke in boerderybeplanning is dus 'n lewensvatbare alternatief vir die standaard LP-metodiek. Veral in gevalle waar skaars hulpbronne tussen verskillende gebruikers verdeel moet word, kan die tegnieke nuttig aangewend word (Cornett & Williams, 1991:373-376; El Shishiny, 1988:245-261).

Verwysings

BARNARD, C S & NIX, J S. (1986). Farm planning and control. Cambridge University Press, Cambridge.

BOUZAHAR, A & MENDOZA, J A. (1987). Goal programming: Potential and limitations for agricultural economics. Canadian Journal of Agricultural Economics, Vol 35:89-107.

CHARNES, A & COOPER, W. (1961). Management models and industrial applications of linear programming, Vol 1, John Wiley & Sons, New York.

CORNETT, D & WILLIAMS, W A. (1991). Goal programming for multiple land use planning at Mineral King, California. Journal of Soil & Water Conservation, Vol 46:373-376.

DENT, J B & JONES, J W. (1993). Editorial. Agricultural Systems, 41 : 235 - 237.

DEPARTEMENT LANDBOU-ONTWIKKELING. (1992). Projekspanondersoek na die struktuur van boerderye asook die ekonomiese en finansiële posisie van boere in die Petrusburgdistrik. Vertroulike verslag: Direktooraat Landbou-ekonomie in samewerking met Glen Landbou-ontwikkelingsinstituut, Februarie.

- EL-SHISHINY, H. (1988). A Goal programming model for planning the development of newly reclaimed lands. *Agricultural Systems*, Vol 26:245-261.
- HATCH, T C, GUSTAFSON, C, BAUM, & HARRINGTON, D. (1982). A typical farm series: Development and application to a Mississippi delta farm. *Southern Journal of Agricultural Economics*, Vol 14:31-36.
- HAZELL, P B R & NORTON, R D. (1986). *Mathematical programming for economic analysis in Agriculture*. MacMillan Publishing Company, New York.
- HEADY, E O. (1954). Simplified presentation and logical aspects of the linear programming technique. *Journal of Farm Economics*, Vol 36:1035-1050.
- JEFFREY, S R, GIBSON, R & FAMINOW, M D. (1992). Nearly optimal linear programming as a guide to Agricultural planning. *Agricultural Economics*, Vol 8:1-19.
- KING, R A. (1953). Some aspects of activity analysis in agricultural economics. *Journal of Farm Economics*, Vol 35:823-833.
- MENDOZA, G A; BARE, B B & ZHOU, Z. (1993). A Fuzzy multiple objective linear programming approach to forest planning under uncertainty. *Agricultural Systems*, Vol 41:257-274.
- MENDOZA, G A, CAMPBELL, G E & ROLFE, G L. (1986). Multiple objective programming: An approach to planning and evaluation of agroforestry systems - Part 1: Model description and development. *Agricultural Systems*, Vol 22:243-253.
- OOSTHUIZEN, L K & MEIRING J A. (1992). Verhoging van ekonomiese doeltreffendheid van water- en energiegebruik vir besproeiing op geheelplaasvlak in Sentraal R S A. *Vorderingsverslag aan die Waternavorsingskommissie*.
- ORTMANN, G F. (1989). Analytical tools in production economics. *Agrekon*, Vol 28:36-44.
- PIECH, B & REHMAN, T. (1993). Application of multiple criteria decision making methods to farm planning: A case study. *Agricultural Systems*, Vol 41:305-319.
- RITSON, C. (1971). *Agricultural Economics, principles and policy*. London: Crosby Lockwood Staples.
- ROMERO, C & REHMAN, T. (1984). Goal programming and multiple criteria decisions-making in farm planning: An Expository analysis. *Journal of Agricultural Economics*, Vol 35:177-189.
- ROMERO C & REHMAN, T. (1989). *Multiple criteria analysis for agricultural decisions*. Elsevier Science Publishers, New York.
- ROMERO, C & REHMAN, T. (1993). The Application of the MCDM paradigm to the management of agricultural systems: Some basic considerations. *Agricultural Systems*, Vol 41:239-256.
- ROMERO, C, REHMAN, T & DOMINGO, J. (1988). Compromise-risk programming for agricultural resource allocation problems: An illustration. *Journal of Agricultural Economics*, Vol 39:271-276.
- SHAKYA, K M & LEUCHNER, W A. (1990). A multiple objective land use planning model for Nepalese hill farms. *Agricultural Systems*, Vol 34:133-149.
- SUTARDI, BECTOR C R & GOULTER, J. (1991). Model for optimal investment for irrigation projects in Bengkulu Province, Indonesia. *Water International*, Vol 16:64-74.
- SWART, T. (1989). Die effektiwiteit van rentesubsidies op oorlaatskuld en nuwe produksie krediet aan boere in die Noordwes-Vrystaat, M.Sc. Agric-verhandeling, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
- TECLE, A & YITAYEW, M. (1990). Preference ranking of alternative irrigation technologies via a multicriterion decision making procedure. *Transactions A.S.A.E.*, Vol 35:1509-1516.
- THAMPAPILLAE, D J. (1978). Methods of multiple objective planning: A review. *World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts*, Vol 20:803-813.
- VILJOEN, M F & VAN DER WESTHUIZEN, C. (1992). The implementation of optimal farm plans obtained from the application of an integrated farm planning approach. *Agrekon*, Vol 31:90-93.
- WILLEMSE, J. (1992). Enkele verwagte ekonomiese tendense. *Lesing Glen Boeredag "Boer vir Wins"*. 7 Oktober 1992, 83 - 95.
- YAN, J & HAAN, C T. (1991). Multi-objective parameter estimation for hydrological models weighting of errors. *Transactions A.S.A.E.*, Vol 34:135-140.
- ZELENY, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. McGraw-Hill, New York.
- ZELENY, M. (1973). *Compromise programming*. In Cochrane, J L & Zeleny, M. (eds) *Multiple criteria decision making*, University of South Carolina Press, Columbia:262-301.

Summary

The farmer's ability to survive will, to a large extent be determined by his/her ability to adapt to changes in the environment. In a changed and still changing environment the LP-paradigm based on optimising a single objective will not be able to offer sustainable farm plans.

Using a representative farm from the Petrusburg magisterial district as a case study, the optimal LP plan was compared to alternative plans generated by using goal programming and multiple objective programming. Three objectives were used namely maximum nett farmer income, minimum lending and minimum area planted to monoculture wheat. Both goal programming and multiple objective programming furnished plans were less risky than the optimal LP-plan, which did not vary significantly from current practise in the district. It was illustrated that multi criteria decision making methods can be applied to agricultural planning problems by using standard LP-software.