

BEDRYFSINGENIEURSBENADERING TOT UITLEGBEPLANNINGSPROBLEME

deur D.C. PAGE*

Met hierdie artikel word gepoog om die aandag van die stads- en streekbeplanner te vestig op die benadering wat die bedryfsingenieur volg met die oplos van uitlegbeplanningsprobleme. Ter illustrasie word 'n eenvoudige uitleg van 'n dorp gedoen met behulp van 'n standaard rekenaarpakket ontwikkel vir die oplos van fabrieksuitlegprobleme. Hierna volg 'n kort bespreking van die fabrieksuitlegprobleem in die algemeen. Die benadering, en van die beginsels bespreek, behoort vir die stads- en streekbeplanner interessant, en selfs nuttig bruikbaar te wees.

INLEIDING

Uitlegbeplanning kan in die algemeen beskryf word as die plasing van fasiliteite binne 'n aanleg sodanig dat vloei van transaksies effektief kan plaasvind (hetsy materiaal, of mense, of motors byvoorbeeld). Vir 'n analitiese benadering tot die probleem is dit noodsaaklik om 'n kwantitatiewe maatstaf van effektiwiteit van so 'n uitleg te definieer; en met fabrieksuitleg is dit normaalweg die aangewese om die totale materiaalhanteringskoste te probeer minimeer.

Weens die probleme ondervind met die insameling van die nodige gegewens om totale materiaalhanteringskoste te kan bereken (vloei volumes en kostes), word 'n vereenvoudigde doelwitfunksie egter somtyds gebruik. 'n Nabyheidsaanslag wat 'n aanduiding gee van die mate van wenslikheid van naasliggendheid van elke paar fasiliteite word bloot gemaak. Hierdie nabyheidsaanslagte word dan gesommeer vir die fasiliteite wat binne 'n bepaalde aanleg aangrensend is, om so doende 'n maatstaf van effektiwiteit te vorm. Somtyds word die nabyheidsaanslagte ook voor sommasinge gewee met die afstand tussen fasiliteite. Hierdie benadering word met die volgende voorbeeld gevolg.

PROBLEEMSTELLING VIR BEPLANNING VAN 'N DORP

Die volgende probleem kom uit die boek van Francis en White (3, p. 160). 'n Heeltemal nuwe dorp moet gebou word op 'n terrein van 28 ha. Ontspanningsfasiliteite (die terrein grens aan 'n meer), 'n hopsitaal, ensovoorts moet gevestig word. Die verwantskapskaart van nabyheidsaanslagte tussen fasiliteite in figuur 1 getoon is deur 'n groep stads- en streekbeplanners ontwikkel. Die beplande oppervlaktes wat elk van die fasiliteite sal beslaan word ook op die kaart aangedui. Die verklaring van die kodes van nabyheidsaanslag in die algemeen gebruik, met die syferwaardes in die geval van die voorbeeld daaraan geheg word in tabel 2 getoon. Hierdie syferwaardes word taamlik arbitrêr gekies en hang af van die analis.

Vir die voorbeeld toon die verwantskapskaart dat dit besonder belangrik is dat die winkelsentrum byvoorbeeld na aan die woonstelle, die klosbehuising en die huise moet wees. Die skool mag nie langs die meer wees nie, en die park is normaalweg na aan die brandweerstasie, polisiestasie en nooddienste-kompleks geleë. Die wenslikheid van naasliggendheid van al die fasiliteite relatief tot mekaar is so genoteer.

DIE CRAFT-REKENAARPAKKET GEBRUIK VIR ONTWIKKELING VAN 'N UITLEG

Die CRAFT-rekenaarprogram (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), ontwikkel deur Armour en Guffa, is gebruik om die probleem op te los. Met CRAFT word in die geval gepoog om die doelwitfunksie: die som van die nabyheidsaanslagte tussen alle pare fasiliteite vermenigvuldig met die ooreenstemmende afstande tussen fasiliteite, te minimeer. Verwys na die volgende vergelyking. Let daarop met ortogonale afstande, loodregte afstande soos

$$\text{Minimeer } C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} a_{ij},$$

waar n = aantal departemente

c_{ij} = nabyheidsaanslag tussen departemente i en j

a_{ij} = ortogonale afstand tussen departemente i en j

daar met 'n rooster van paaie deur 'n dorp van een punt na 'n ander beweeg word, gewerk word: en nie met reguitlynafstande nie. Die afstande word bereken tussen die middelpunte van fasiliteite, wat bereken word op 'n soortgelyke wyse as die bepaling van die swaartepunt van 'n liggaam in die meganika. CRAFT vereis ook 'n aanvangsoplossing in die vorm van 'n matriks van karakters, ooreenstemmend met die fasiliteite, soos vir die voorbeeld in figuur 3 getoon. Hierdie aanvangsoplossing is arbitrêr gekies, maar dit kan net sowel 'n logies beredeneerde goeie oplossing wees. Elke karakter verteenwoordig 'n vierkantige ruimte, met in dié geval sye van 57,74m, en 'n oppervlakte van 0,33 ha. Die grootte van fasiliteite word dus deur die aanvangsoplossing gespesifiseer, asook die vorm van die grondplan van die terrein. Fasiliteit L, in die boonste linkerhoek is byvoorbeeld ingevoer om die vorm van die grondplan, wat nie heeltemal reghoekig is nie, te wysig. Dit is vas verklaar (kan nie verskuif nie), en het geen nabyheidsaanslag met enige ander fasiliteit nie. Die meer lê oor die boonste regterkwadrant en is ook vas verklaar. Dit het egter wel nabyheidsaanslagte met die ander fasiliteite.

* Senior lektor, Departement Meganiese en Bedryfsingenieurswese, Universiteit van Stellenbosch.

CRAFT gebruik dan die aanvangsoplossing as 'n wegspringpunt vir 'n iteratiewe prosedure waarvolgens progressief beter uitlegte gegeneer word. Alle moontlike ruilings van twee en/of drie departemente op die huidige uitleg word oorweeg. Die mees belowende ruiling word dan geïmplementeer om sodoende 'n nuwe "huidige" uitleg te vorm, en die proses word herhaal totdat geen vermindering in die doelwitfunksie meer moontlik is nie. Ruilings van ewegroot fasiliteite, naasliggende fasiliteite, en fasiliteite wat aan 'n gemeenskaplike fasiliteit grens word oorweeg. Herlopies van die model met verskillende aanvangsoplossings word ook gedoen aangesien elke ander aanvangsoplossing lei tot 'n ander finale oplossing, weens die padgebondenheid van die tegniek. Gelukkig is daar klaarblyklik altyd 'n groot verskeidenheid van verskillende oplossings wat na aan die optimum lê, en is daar geen unieke uitleg wat baie beter as enige ander oplossing is nie. Die finale oplossing met CRAFT verkry dien dan as wegspringpunt vir die analis om met inagneming van onkwantifiseerbare beperkings en oorwegings 'n praktiese uitleg te ontwikkel.

Let daarop dat sonder hierdie tipe rekenaarbenadering die probleem uiters moeilik oplosbaar is. Met 10 fasiliteite soos in die geval, almal egter ewegroot en met identiese grondplanne, is daar byvoorbeeld 10 faktoriaal = 3628800 moontlike oplossings. In die praktiese geval waar die grondplan van fasiliteite nie vas is nie, is daar in werklikheid 'n oneindige aantal moontlike oplossings. Met praktiese fabrieksuitlegprobleme word daar ook normaalweg baie meer fasiliteite onderskei (CRAFT kan tot veertig hanteer), sodat 'n "goeie" uitleg nie slegs deur suiwer logiese beredenering ontwikkel kan word nie. Ongelukkig bestaan daar geen wiskundige tegniek vir ontwikkeling van 'n bewysbare optimum uitleg nie, sodat die analis verplig is om hierdie tipe heuristiese sub-optimeringstegniek, waar progressief na 'n beter oplossing beweeg word, te gebruik.

DIE UITLEG

Met die aanvangsoplossing in figuur 3 getoon lewer CRAFT die finale oplossing in figuur 4. Uit inspeksie blyk hierdie oplossing nie baie bevredigend nie. Veral die skool is swak geplaas relatief tot die klosbehuising, fasiliteit B, asook tot die brandweer, polisie en nooddienste, fasiliteit K. Die model is met verskillende aanvangsoplossings geloop en die "beste" oplossing (met die minimumwaarde van die doelwitfunksie), word in figuur 5 getoon. Hierdie oplossing blyk bevredigend te wees en is waarskynlik geskik vir verdere verfyning deur die stads- en streekbeplanner.

Die rekenaarkoste verbode aan die oplossing is weglaatbaar. Op die UNIVAC-rekenaar van die Universiteit van Stellenbosch kos een lopies byvoorbeeld gemiddeld slegs 28 sent.

DIE FABRIEKUITLEGPROBLEEM

Ter afronding word die tipes van fabrieksuitleg wat onderskei word kortliks bespreek. Konsepte wat vir stads- en streekbeplanners nuttig mag wees mag voorkom.

Eerstens die elementêre sogenaamde vaste plek uitleg. Hier konvergeer die toerusting en materiaal op die produk wat in een posisie bly, soos by die konstruksie van 'n groot gebou

byvoorbeeld. Daar is nie sprake van uitlegbeplanning as sulks nie, en die klem val op skedulering en beheer.

Tweedens die sogenaamde produkuitleg waar alle produkte wat in 'n bepaalde fabriek vervaardig word ongeveer dieselfde volgorde van bewerkings op dieselfde toerusting ondergaan. Die produk bepaal naamlik die uitleg, aangesien toerusting basies in 'n lyn geplaas word soos deur die volgorde van bewerkings bepaal. Daar word gepraat van 'n hoë dominansie van vloei, en uitlegbeplanning is in die geval eenvoudig.

Wanneer 'n groot verskeidenheid van produkte egter in dieselfde aanleg op dieselfde produkte vervaardig moet word, soos in 'n werkwinkel byvoorbeeld, raak uitlegbeplanning moeilik. In hierdie geval word 'n prosesuitleg gebruik waar dieselfde tipe toerusting (proses) dan in departemente saamgegroepeer word, en so 'n departement beskou word as 'n enkele fasiliteit vir plasing binne die aanleg. Elke produk volg dan 'n ander roete deur die aanleg, en daar word gepraat van 'n lae dominansie van vloei. Hierdie is die tipe probleem in die voorbeeld behandel, en 'n verskeidenheid van tegnieke en benaderings bestaan vir die oplos daarvan. Soos genoem is minimering van die totale materiaalhanteringskoste die aangewese doelwitfunksie om te gebruik. Hiervoor is 'n sogenaamde vervoerkaart van vloeiervindings tussen departemente, soos geïllustreer in figuur 6 vir vyf fasiliteite A, B, C, D en E, eerstens nodig.

Op hierdie kaart word aangedui hoeveel vragte per eenheidstyd vanaf elke fasiliteit na elke ander fasiliteit vloei. 'n Ooreenstemmende matriks van materiaalhanteringskoste per eenheidsvrag per eenheidsafstand tussen elke paar fasiliteite is nou ook nodig, tesame met 'n matriks van afstande tussen pare fasiliteite, om sodoende die totale materiaalhanteringskoste te kan bereken. CRAFT gebruik byvoorbeeld hierdie inset, en vir die voorbeeld is die syferwaardes van die nabyheidsaanslagte op die verwantskapskaart bloot ingevoer as vloeiervolumes, met die materiaalhanteringskoste tussen alle pare fasiliteite gelyk aan een (1).

'n Ander tipe benadering word gebruik met die ander bekende ALDEP en CORELAP rekenaarprogramme. Hierdie programme gebruik slegs 'n verwantskapskaart as inset, en gebruik as doelwitfunksie die som van die nabyheidsaanslagte van alle fasiliteite wat aan mekaar grens binne 'n bepaalde uitleg. Afstand tussen fasiliteite speel in die geval geen rol nie. Verder is dit ook nie nodig om altyd die grondplan van die aanleg te spesifiseer nie, en genereer CORELAP byvoorbeeld 'n grondplan van die aanleg as geheel.

Daar is egter deur verskillende skrywers, soos byvoorbeeld Zoller en Adendorff (5), bevind dat CRAFT konsekwent goeie resultate lewer. Geen ander tegniek gee klaarblyklik met 'n verskeidenheid van uitlegprobleme deurgaans beter antwoorde as CRAFT nie. CRAFT word algemeen aanvaar as 'n uitstekende tegniek wat reeds beproef is met 'n wye verskeidenheid van toepassings.

BESPREKING

Die skrywer is van mening dat kennis van die benadering wat die bedryfsingenieur volg met uitlegbeplanningsprobleme vir die stads- en streekbeplanner van nut mag wees. Die fabrieksuitlegbeplanningsprobleem toon waarskynlik 'n groot ooreenkoms met verskeie tipes stads- en streekbeplanningsprobleme.

Verwantskapskaart vir fasiliteite in 'n nuwe dorp

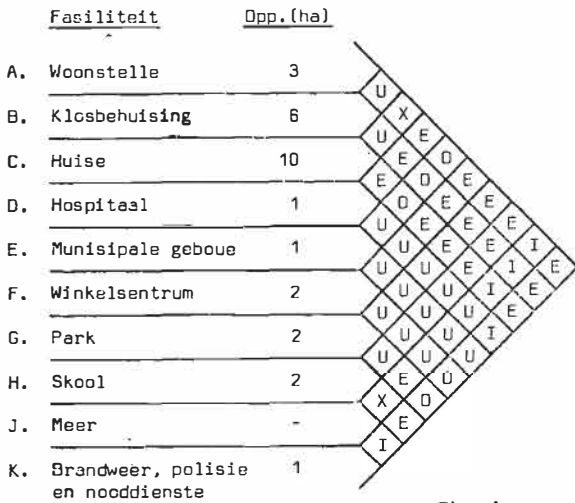


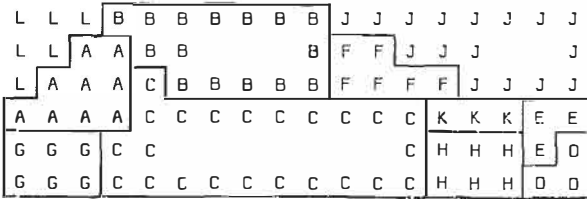
Fig. 1.

Kodes van nabyheidsaanslag

Kode	Beskrywing : Naasliggend -	Punte
A	Absoluut noodsaaklik	$2^5 = 32$
E	Besonder belangrik	$2^4 = 16$
I	Belangrik	$2^3 = 8$
D	Normaalweg naasliggend	$2^2 = 4$
U	Onbelangrik	$2^1 = 2$
X	Onwenslik	0

Fig. 2.

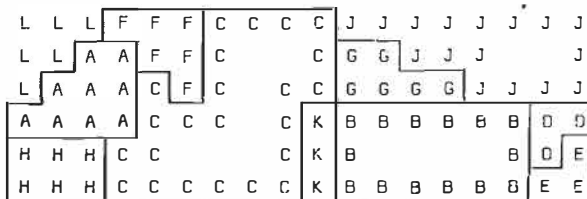
'n Aanvangsoplossing vir die voorbeeld



Som van nabyheidsaanslag x afstande = 3364,69

Fig. 3.

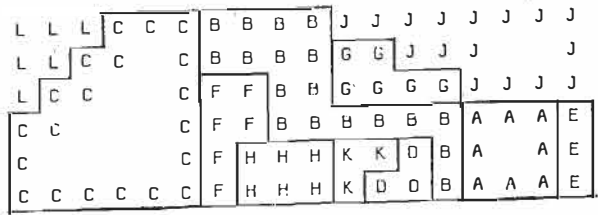
Finale uitleg met figuur 3 as aanvangsoplossing



Som van nabyheidsaanslag x afstande = 2794,93

Fig. 4.

Beste oplossing uit lopies met verskeie aanvangsoplossings



Som van nabyheidsaanslag x afstande = 2177,02

Fig. 5.

Voorbeeld van 'n vervoerkaart van vloeiervolume (aantal vragte per eenheidstyd)

Vanaf \ Na	A	B	C	D	E
A	-	8	100	120	10
B	40	-	65	75	0
C	50	65	-	80	40
D	220	25	0	-	50
E	0	10	100	60	-

Fig. 6.

VERWYSINGS

1. Armour, G.C., CRAFT Manual, SHARE Program Library RL-CRFT-2. 1965.
2. Buffa, E.S., G.C. Armour, T.E. Vollman : "Allocating Facilities with CRAFT", Harvard Business Review, March - April 1964.
3. Francis, R.L., J.A. White : Facility Layout and Location, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1974.
4. Zoller, K., K. Adendorff : "Computerized Jobshop Layout Planning", Bedryfsleiding, Feb. 1972.

KOMMENTAAR DEUR PROF. D. PAGE

Vir die optimale plasing van enkele stedelike funksies soos sakesentrums of woongebiede word daar reeds in toenemende maat gebruik gemaak van simulasiemodelle.

In hierdie modelle word daar in die rekenaar ook gebruik gemaak van selle of geografiese oppervlakte : eenhede waarvan die ligging met behulp van koördinate geïdentifiseer word. Die bekendste hiervan is miskien die Lakshmanan en Hansen model vir die empiriese bepaling van die optimale ligging en groottes van sakesentrums in 'n metropolitaanse opset.

Sover dit my bekend is, is daar nog nie 'n program in algemene gebruik deur stads- en streekbeplanners om die inhoud van die sakesentrum sistematies te rangskik nie.

Die model wat in bostaande artikel beskryf word lyk na 'n goeie metode om sodanige rangskikking te hanteer. Die veranderlikes wat die stadsbeplanner oor die algemeen gebruik - en dit suiwer op grondslag van inspeksie en taamlike willekeurige besluitneming - is die drumpelwaarde van besondere kleinhandelgoedere, d.w.s. die hoeveelheid en frekwensie van verkope eensyds en die wederzijdse aantrekkingskrag tussen verskeie tipes van winkels. Ander veranderlikes is natuurlik groottes van verskeie winkels en aflewingsvereistes. Hierdie parameters is al redelik akkuraat gekwantifiseer maar na die beste van my wete nog nie vir die rekenaar geprogrammeer nie.

As voorbeeld van twee uiterstes wat drumpelwaardes betref is byvoorbeeld 'n klein kruidenierswinkel wat miskien 'n goeie bestaan kan maak uit 'n permanente klandisie van 300 gesinne teenoor 'n juwelierswinkel wat moontlik 'n klandisie van 4 000 gesinne nodig het. Die tabel hieronder word oor die algemeen gebruik om die affiniteit tussen verskeie kleinhandelsake aan te dui. Dit sal interessant wees om te verneem of mnr. Page sy program sou kon aanpas om hierdie parameters te gebruik vir die beplanning van 'n sakesentrum.

AFFINITEIT TUSSEN KLEINHANDELSAKE

Winkel	a	b	c	d	e	f	g	h	i
a		+3	+3	+1	+1	+1	-1	+1	+1
b	+3		+2	+1	+1	+1	-1	+1	+1
c	+3	+3		+1	+1	+1	-1	+1	+1
d	+1	+1	+1		+1	+1	-1	+1	-2
e	+1	+1	+1	+1		+2	-1	+2	-2
f	+1	+1	+1	+1	+3		-1	+1	-2
g	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-1	-2
h	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1		-2
i	+1	-2	+1	-2	-2	-2		2	-2

Sleutel

a Supermark	d Boekwinkel	g Padkafee
b Slagtery	e Klerasiwinkel	h Haarkapper
c Metaalware	f Skoenwinkel	i Motorhandel
+3 trek mekaar sterk aan	-1 stoot mekaar af	
+2 trek mekaar aan	-2 is onversoenbaar	
+1 is versoenbaar met mekaar	met mekaar	

'N STRATEGIE VIR NYWERHEIDSONTWIKKELING IN

deur D. PAGE*

VERTRAAGDE GEBIEDE

Die aansienlike aandag wat daar in die jongste tyd gegee word aan beplanning vir die ontwikkeling van agtergeblewe gebiede, en veral in die nuut ontlukende Swart gebiede in Suid-Afrika en Suidwes-Afrika het klaarblyklik nog nie beslag gekry in 'n duidelike strategie vir ontwikkeling nie.

In die soeke na 'n rationale vir 'n strategie is daar egter twee punte van kardinale belang wat al duidelik geformuleer is maar blykbaar nog nie genoegsaam deurgedring het tot die beplanningspraktyk nie. Hulle is naamlik (a) die vereiste van 'n fisiese raamwerk vir ontwikkeling, d.w.s. 'n indeling in ontwikkelingstreke met fokale punte en 'n hierargiese stelsel van dorpe en (b) die konsep van beheerde wanbalans soos aanvanklik geformuleer deur Hirschmann (1958) en later aangevul deur Friedmann (1966) en ander.

1. DIE FISIESE RAAM VIR ONTWIKKELING

In al die ontlukende nuwe swart state in Suid-Afrika is dit 'n dringende vereiste dat die landbou meer produktief gemaak moet word en dit kan slegs verkry word deur die vervorming van die huidige bestaanseconomie na 'n gekommer-sialiseerde landbou met goeie bemarkingkanale en infrastruktuur en toenemende bekwaamheid in die produksiepraktyke.

Weens oorbsetting is dit nou reeds nie meer moontlik om die benutting van die bodem deur landbou te optimiseer nie. Met die snelle bevolkingsgroei sal die fisiese ruimte ook

nog al meer beperk word en is dit dus noodsaaklik om oor te skakel na die sekondêre en tersiêre bedrywe in dorpe en stede teneinde ruimte te skep vir konsolidasie van die landbou. Deur die diversifikasie na gedifferensieerde stedelike produksietakke word ook die lewenspeil verhoog deur meer gevorderde benutting van die hulpbronne.

'n Hoër lewenspeil word voorts ook geassosieer met beter voorsiening van gesondheidsdienste, onderwysdienste, handelsgeriewe, administrasie en die infrastruktuur wat meesal stedelik georiënteerd is.

Die fisiese ontwikkelingsplan moet ook mik na die geïntegreerde ontginning van al die hulpbronne (i) vir produksie van gebruiksgoedere vir die bevolking en (ii) vir die vervaardiging van uitvoergoedere uit sy surplus en eksotiese grondstowwe.

Die integrasie en spesialisasie is slegs moontlik indien die land in sosio-ekonomiese ontwikkelingstreke ingedeel word met fokale punte in elk vir produksie en integrasie van die hulpbronne binne ekonomiese vervoerafstand. Dit dien ook tot bekwaame gedentraliseerde dienslewering (Page 1966).

Die fisiese raamwerk wat nodig is vir die bereiking van die genoemde doelwitte sluit dus in, benewens die afbakening van streke, ook 'n sisteem van dorpe. Die beste ordening van institusionele dienste geskied deur middel van 'n rasionele stelsel van dienspunte hierargies gerangskik van die nasionale hoofstad af, deur streekdorpe as groeipunte, en distriksdorpe

* Professor in Stads- en Streekbeplanning
Universiteit van Stellenbosch