



Stichting Mathematisch Centrum

Wetenschappelijk programma 1988 Meerjarenplan 1989-1993

Deel 1



Centrum voor Wiskunde en Informatica



Stichting Mathematisch Centrum

Wetenschappelijk programma 1988

Meerjarenplan 1989-1993

Deel 1



Centrum voor Wiskunde en Informatica

Copyright © 1988, Stichting Mathematisch Centrum,
Kruislaan 413, 1098 SJ Amsterdam,
Postbus 4079, 1009 AB Amsterdam.

Inhoud

AFDELING ZUIVERE WISKUNDE	1
<i>Lijst van projecten</i>	5
<i>ZW 11 Algebra, discrete wiskunde en computeralgebra</i>	7
<i>ZW 12 Analyse</i>	11
ZW 12.2 Analyse op halfenkelvoudige Lie-groepen en symmetrische ruimten en het verband met speciale functies	
ZW 12.3 Klassieke analyse en getaltheorie	
<i>ZW 13 Algebraïsche mathematische fysica</i>	15
ZW 13.5 Relaties tussen eindige-vrijheidsgraden, oneindige-vrijheidsgraden, en rooster en klassieke volledig integreerbare systemen	17
ZW 13.6 Relativistische en quantum integreerbare systemen	18
<i>ZW 14 Dynamische systemen</i>	19
<i>ZW 15 Cryptografie</i>	23
AFDELING TOEGEPASTE WISKUNDE	27
<i>Lijst van projecten</i>	29
<i>TW 1 Dynamische systemen met stochastische storingen</i>	31

<i>TW 2 Asymptotiek</i>	35
<i>TW 3 Niet-lineaire analyse en biomathematica</i>	39
<i>TW 4 Verwerking en reconstructie van beelden</i>	45
AFDELING MATHEMATISCHE STATISTIEK	51
<i>Lijst van projecten</i>	53
<i>MS 1 Semiparametrische statistiek</i>	55
MS 1.1 Semiparametrische schattingstheorie	56
MS 1.3 Stochastische censurering	58
MS 1.4 Bootstrapmethoden	60
MS 1.6 Statistiek voor steekproefuitersten	62
<i>MS 2 Stochastische processen</i>	65
MS 2.1 Stationaire processen en hun toepassingen in de fysica	66
MS 2.2 Statistische analyse van stochastische processen	68
MS 2.3 Statistische analyse van verkeersstromen	70
<i>MS 3 Toegepaste statistiek</i>	73
MS 3.4 Statistische consultatie en samenwerking	74
MS 3.7 'Computational Statistics'	76
MS 3.8 Het Wicksell probleem	78
<i>MS 4 Analyse en (re)constructie van beelden</i>	79
MS 4.1 Statistische analyse van beeldgegevens	80
AFDELING MATHEMATISCHE BESLIJKUNDE EN SYSTEEMTHEORIE	83
<i>Lijst van projecten</i>	85
<i>MB 1 Combinatorische optimalisering</i>	87
MB 1.1 Ontwerp en analyse van algoritmen	89
MB 1.2 Meetkundige methoden	90
MB 1.3 Parallele algoritmen	92
MB 1.4 Interactieve distributieplanning	93
MB 1.5 Interactieve productieplanning	95
<i>MB 2 Analyse en besturing van informatiestromen in netwerken</i>	97
MB 2.1 De analyse van mathematische wachtrijmodellen	100
MB 2.2 Prestatie-analyse van communicatiesystemen	101
MB 2.3 Prestatie-analyse van computersystemen	102
MB 2.4 Prestatie-analyse van verkeersregelingen	104
MB 2.5 Betrouwbaarheid en beschikbaarheid van netwerken	105

<i>MB 3</i>	<i>Systeem- en regeltheorie</i>	107
MB 3.1	Deterministische systeemtheorie	110
MB 3.2	Stochastische systeemtheorie	112
MB 3.3	Systemen met gegeneraliseerde toestandsruimte	114
MB 3.4	Realisatie- en regelproblemen voor systemen op eindige ruimtes	115
MB 3.5	Extern gefinancierde projecten	117
AFDELING NUMERIEKE WISKUNDE		119
<i>Lijst van projecten</i>		121
<i>NW 1</i>	<i>Evolutieproblemen</i>	123
NW 1.1	Stabiliteit en convergentie	
NW 1.2	Navier-Stokes-vergelijkingen	
NW 1.3	Differentiaal-algebraïsche vergelijkingen	
NW 1.4	Adaptieve roostertechnieken	
NW 1.5	Lagrangemethoden	
NW 1.6	3D ondiep-water-vergelijkingen	
NW 1.7	Smoothing techniques	
NW 1.8	Leereenheden numerieke wiskunde	
<i>NW 2</i>	<i>Stationaire problemen</i>	127
NW 2.1	Defectcorrectie en theoretische achtergronden	
NW 2.2	Singulier gestoorde randwaardeproblemen	
NW 2.3	Adaptieve methoden	
NW 2.4	Toepassing op stromingsproblemen	
NW 2.5	Efficiënte technieken voor de stationaire Eulervergelijkingen	
NW 2.6	Betrouwbare en efficiënte numerieke methoden voor het oplossen van de halfgeleidervergelijkingen	
<i>NW 3</i>	<i>Getaltheorie met behulp van de computer</i>	131
<i>NW 4</i>	<i>Numerieke programmatuur</i>	133
NW 4.1	Ontwikkeling van numerieke programmatuur in de programmeertaal Ada	
NW 4.2	Ontwikkeling van numerieke programmatuur voor vectorcomputers en parallelle computers	
AFDELING PROGRAMMATUUR		139
<i>Lijst van projecten</i>		141
<i>AP 1</i>	<i>Concurrency</i>	143
<i>AP 2</i>	<i>Formele specificatiemethoden</i>	147

<i>AP 3 Uitbreidbare programmeeromgevingen</i>	151
<i>AP 5 Expertsystemen</i>	155
<i>AP 6 Logische aspecten van kunstmatige intelligentie</i>	159
AFDELING ALGORITMIEK EN ARCHITECTUUR	163
<i>Lijst van projecten</i>	165
<i>AA 1 Algoritmen en complexiteit</i>	167
<i>AA 2 Transparantie van architecturen</i>	171
<i>AA 3 Computersystemen en ergonomie</i>	175
AA 3.1 Het ABC-project	176
AA 3.2 Mens-Computer Interfaces	178
<i>AA 4 Gespreide adaptieve informatiesystemen (DAISY)</i>	181
<i>AA 5 Constructieve algoritmie</i>	185
AFDELING INTERACTIEVE SYSTEMEN	189
<i>Lijst van projecten</i>	191
<i>IS 1 Computergrafiek</i>	193
<i>IS 2 Gebruikersinterfaces</i>	197
<i>IS 3 Dialoogprogrammering</i>	201
<i>IS 4 Intelligente CAD-systemen</i>	205
<i>IS 5 Gebruikersbesturingssystemen</i>	209

Afdeling

Zuivere Wiskunde

ACHTERGRONDOVERWEGINGEN

Het totaal van projecten in andere CWI-afdelingen zou gebaat zijn bij onderzoek op de volgende gebieden: combinatoriek, getaltheorie, algebra, meetkunde (algebraïsche, differentiaal- en andere), logica, de meer zuivere analyse, functionaalanalyse en operatorentheorie, representatietheorie, topologie, globale analyse en mathematische fysica. Historisch gegroeide interessen en - vooral - beperkingen in middelen en mankracht maken dat uit dit alles een zeer kleine selectie wordt gemaakt. Gegeven de huidige belangstellingen en projecten zijn tekorten aan expertise in (niet-lineaire) functionaalanalyse en globale analyse (en de daarbij behorende algebra) bijzonder nijpend. Daarnaast is het ontwikkelen van expertise op het gebied van computeralgebra/symbolische formulemanipulatie van groot belang voor allerlei projecten op het CWI, ook buiten de afdeling ZW.

De laatste jaren is in de wiskunde een sterke wisselwerking tussen vele deelspecialismen op gang gekomen; vaak tussen specialismen die behoorlijk uit elkaar gegroeid leken. Zoals zo vaak gebleken is in de geschiedenis van de wetenschap leidt dit tot verrassende en diepgaande resultaten. Twee mooie voorbeelden zijn de interactie tussen getaltheorie en algebraïsche meetkunde (arithmetische meetkunde), en de interacties tussen ijktheorieën en integreerbare systemen uit de natuurkunde enerzijds en differentiaaltopologie en algebraïsche meetkunde anderzijds. Beide gebieden scoorden een Fields-medaille in 1986. Het eerste van de twee genoemde gebieden krijgt op het CWI geheel geen aandacht, maar binnen SMC gelukkig wel; het tweede genoemde interactiegebied sluit aan bij ZW13.

Opvallend is verder de groeiende waardering voor (en gebruik van) zuiverwiskundig onderzoek bij natuurkundigen - ook buiten het bovengenoemde interactiegebied - , chemici, ingenieurs en andere wetenschappers. Thans

zuiver-wiskundige probleemgebieden zijn vaak ontstaan uit een concrete vraagstelling, bijvoorbeeld uit één van de zojuist genoemde wetenschapsgebieden. Bij een gezonde ontwikkeling geeft zo'n vraagstelling de impulsen die leiden tot de geboorte van een nieuw kleiner of groter deelgebied compleet met eigen interne dynamiek en esthetiek en daarmee interne criteria voor belang en relevantie. Niet zelden gaat hierbij in eerste instantie het contact met de oorspronkelijke vraagstelling (tijdelijk) verloren. Dit geeft de ruimte en algemeenheid nodig voor de ontwikkeling van concepten, technieken en ideeën die dan vaak later in het oorspronkelijke - of, minstens even vaak, ook in een ander - toepassingsgebied van groot belang blijken. In het bijzonder leidt verder onderzoek in de structuur van een wiskundig model vaak via ogenschijnlijke omwegen tot verrassende oplossingen op basis van inzichten die waarschijnlijk niet bereikt zouden zijn als de oorspronkelijke toepassing steeds centraal was gebleven.

Op dit moment kan gezegd worden dat er vele tekenen zijn dat veel (zuiver-wiskundig) gereedschap klaar ligt om toegepast te worden, bijvoorbeeld in de industrie, en dat dat in versnellend tempo aan het gebeuren is. In dit kader moet ook de oprichting van ECMI (European Consortium for Mathematics in Industry), waar het CWI als 'founding member' bij betrokken is, gezien worden.

KEUZE VAN ONDERWERPEN

De keuze van onderwerpen binnen de afdeling is sterk gericht op onderzoeksgebieden die interessante dwarsverbindingen hebben met andere gebieden van de wiskunde of daarbuiten. Er wordt bewust naar gestreefd dit ook in de toekomst te doen. In vele van de gekozen aandachtsvelden speelt het idee van symmetrie, meer specifiek het uitbuiten en beschrijven ervan in zoveel mogelijke situaties, een belangrijke rol. Dit is speciaal het geval bij speciale functies (analyse op Lie-groepen, ZW12), eindige meetkunde (combinatoriek) en groepentheorie (ZW11.1), bij algebraïsch mathematische fysica (ZW13) en ook bij ZW14 zoals uit onderstaande meer gedetailleerde beschrijvingen van de diverse onderzoeksprojecten en -plannen enigszins moge blijken.

TOEPASSINGEN

Daarnaast is het afdelingsbeleid gericht op het versterken van de positie van het CWI als expertise-reservoir ten behoeve van de onderzoekswereld, de overheid en de industrie. Ook moet gezegd worden dat, in de aard der zaak, als regel het onderzoek binnen de afdeling ZW een stap verder weg zal staan van onmiddellijke toepassingen, zodat de afdeling minder direct betrokken is bij consultatie en toepassingsgerichte projecten. Dit maakt ook het aantrekken van middelen buiten het reguliere subsidie voor de afdeling een stuk moeilijker. De functie van de afdeling kan en mag echter nadrukkelijk niet bestaan uit het hoofdzakelijk dienen als vraagbaak voor problemen die elders opduiken. Zoals boven in de achtergrondoverwegingen reeds kort betoogd, heeft de zuivere wiskunde zijn eigen, hoogst noodzakelijke dynamiek.

TOEKOMSTTENDENSEN EN BELEID

Met behulp van computeralgebra (symbolische formulemanipulatie) zijn vele problemen aan te pakken die anders buiten ons rekenvermogen zouden liggen. Zoals dat wel eens uitgedrukt wordt: 'voor het eerst in de geschiedenis van de wiskunde kunnen we nu echt dingen uitrekenen'. (Dit slaat natuurlijk mede op vele mogelijkheden die berusten op numeriek werk in plaats van symbolisch werk.) Het is de bedoeling dat het project 'Algebra en discrete wiskunde' gaat groeien in deze richting. Meer hierover bij de meer gedetailleerde beschrijvingen.

Verder vertonen de projecten ZW12, ZW13, ZW14 de neiging naar elkaar toe te groeien. Het is de bedoeling dat deze projecten zich zullen ontwikkelen tot een meer geïntegreerd geheel dat de naam 'globale analyse' zou mogen dragen.





TITEL: Algebra, discrete wiskunde en computeralgebra

TITLE: Algebra, discrete mathematics and computer algebra

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

In project ZW 11 worden Chevalley-groepen en bijbehorende meetkunden onderzocht en, meer algemeen, Buekenhout-Tits-meetkunden.

Ook worden enige algebraïsche/discreet-wiskundige aspecten van Lie-groepen onderzocht, bijvoorbeeld de classificatie van eindige ondergroepen van exceptionele Lie-groepen. Daarnaast vindt er onderzoek plaats in de coderingstheorie, de designtheorie en de grafentheorie (i.h.b. afstandsreguliere grafen).

Er wordt een begin gemaakt (oriënterende fase) met onderzoek op het gebied van computeralgebra.

TECHNICAL ABSTRACT

The research in project ZW 11 is concerned with Chevalley groups and the associated geometries and, more generally, with geometries of Buekenhout-Tits type.

It is also concerned with some algebraic/discrete mathematical aspects of Lie groups, e.g. the classification of finite subgroups of exceptional Lie groups. In addition, there is research in coding theory, the theory of designs and the theory of graphs (especially distance-regular graphs).

An explorative begin is being made in the field of computer algebra.

SAMENSTELLING GROEP

drs. J.T.M. van Bon
prof.dr. A.E. Brouwer (adviseur)
dr. A.M. Cohen (projectleider)
drs. R. Sommeling
wetenschappelijk assistent 1

SAMENWERKING

dr. J. Brinkhuis (EU Rotterdam), prof.dr. F. Buekenhout (UL Brussel, België), prof.dr. R.L. Griess (U. of Michigan, Ann Arbor), prof.dr. J.H. van Lint (TU Eindhoven), dr. A. Neumaier (Freiburg, BRD), prof.dr. D.B. Wales (Cal. Tech. Pasadena), dr.ir. H.A. Wilbrink (TU Eindhoven),

AANVANG: 1984

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P110, P120, P150
1980 Math. Subj. Class. : 05-XX, 06-XX, 20-XX, 51EXX, 52-XX

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Het is juist de interactie tussen de meetkunde, gezien als incidentiesysteem, groepentheorie, combinatoriek en algebraïsche meetkunde, waar zich hier de interessante probleemstellingen voordoen. Dit komt bijvoorbeeld naar voren bij de bestudering van afstands-reguliere grafen, codes en designs. Ook kunnen groepen goed bestudeerd worden door eindige meetkundige representaties. En door middel van groepentheoretische ideeën kan men uit de lokale structuur van allerlei meetkonden globale informatie halen. Hierbij komen symmetrieën van die meetkonden naar voren, waarvan het bestaan niet van tevoren was aangenomen. Een onderzoeksthema hierbij is de vraag in hoeverre globale eigenschappen door de lokale structuur van een meetkunde zijn vastgelegd.

Voor de komende periode zijn er de volgende plannen:

- Voortzetting van het onderzoek op het interactieveld van eindige groepen, eindige meetkonden en grafen. Specifieke onderdelen voor het komende jaar zijn de classificatie van afstands-transitieve grafen en de bepaling van de hypervlakken van polaire ruimten.
- Afronding van onderzoek naar eindige ondergroepen van groepen van Lie-type.
- De theorie van covarianten van SL_2 , met name de constructieve theorie van Gordan.

Verder zal een systematisch begin worden gemaakt (oriënterende fase) met onderzoek op het gebied van symbolisch rekenen/computeralgebra. Dit betreft in eerste instantie experimenteren aan de hand van concrete problemen die al voorhanden zijn in de afdeling en die allen buiten het bereik liggen van pen-en-papier-berekeningen (als die binnen de periode van dit meerjarenplan uitgevoerd zouden moeten worden). Gegeven dat dit de eerste keer is dat computeralgebra/symbolisch rekenen in het WP/MP echt aan de orde komt, is een iets uitvoeriger beschrijving wellicht zinvol. Binnen het CWI is (sinds het relatief recent ter beschikking is gekomen) het symbolische rekenpakket MACSYMA al een rol van enige betekenis gaan spelen. Berekeningen van enkele medewerkers (o.a. aan veeltermen of machtreksen) die normaal met de hand zouden zijn gedaan of via speciale programma's in ALGOL of zo, zijn nu - sneller en met minder kans op fouten - via dit pakket gedaan. Ook is ten behoeve van derden een aantal formules nagerekend uit een preprint (waarvoor de auteur voor ernstige rekenfouten behoed werd). Binnen de afdeling liggen een aantal concrete problemen klaar die niet aanpakbaar lijken zonder de beschikking over symbolisch machinerekenen. Kort aangegeven zijn dit:

- *Covariantentheorie* (A.M. Cohen). Bepaling van de Poincaré-reeks van covarianten voor SL_2 . In eerste instantie van $7 \leq d \leq 12$ waarbij $d+1$ de dimensie van de relevante representatie is. Voor het geval van invarianten zijn analoge (maar eenvoudiger) berekeningen uitgevoerd door Brouwer, Cohen voor $d \leq 17$. Dit is een oud en nu weer actief thema.
- *Eindige ondergroepen van groepen van Lie-type* (A.M. Cohen). Afronding, cf. ook boven. Om dit te kunnen doen, zijn voor enkele groepen de bestaande computerprogramma's ontoereikend. Dit impliceert het oplossen van

- polynomiale vergelijkingen in meerdere variabelen over een eindig lichaam.
- *Universele niet-commutatieve formele groepen* (M. Hazewinkel). Er is een natuurlijke generalisatie voor het niet-commutatieve geval van de formule die voor het commutatieve geval een universele groep levert (Hazewinkel). Om inzicht te krijgen of deze formule een redelijke kans heeft een universele niet-commutatieve groep te definiëren zijn uitgebreide berekeningen in machtreeksen van 4 variabelen nodig (eenvoudigste interessante geval).
 - *Twin-helicopter probleem* (M. Hazewinkel). Dit komt uit de praktijk (NASA (Ames), constructie). Het loopt uit op stabilisatie van een Hamiltoniaans systeem middels een symmetrie-bewarende feedback loop. Er zijn theoretische gronden (M. Hazewinkel, C.F. Martin) dat hier een heel nieuw verschijnsel kan optreden. Namelijk dat er een getal t is zodat elke feedback loop van norm $\geq t$ instabiel is. De eerste keer dat dit kan optreden is bij dimensie 6. Dit loopt uit op onderzoeken hoe de wortels van een zesde graads polynoom met die niet-lineair optredende parameters zich rond bewegen in afhankelijkheid van deze parameters.
 - *Niet-lineair filteren* (M. Hazewinkel). Op basis van Wei-Norman-theorie en Lie-algebras zijn er potentiële niet-lineaire filteralgoritmen die mogelijk veel beter zijn dan de bestaande. Ze zijn gebaseerd op niet-convergente asymptotische ontwikkelingen, maar er zijn aanwijzingen en experimenten dat zelfs zeer lage orde deelsommen zeer goede resultaten leveren. Om hierin inzicht te krijgen, is meer nodig dan zoiets als MACSYMA alleen. Namelijk zoiets als het op MACSYMA gebaseerde expertsysteem ontwikkeld door INRIA en de Universiteit van Maryland. Dit bevat een programmagenerator voor de (FORTRAN)-codes die het filter approximeren. Het eenvoudigste niet-triviale geval is een 14-dimensionaal stelsel van (niet-lineaire) differentiaalvergelijkingen (met gelukkig een prettige structuur).
 - *Expliciete berekening van partiële differentiaaloperatoren die commuteren met of een shift induceren van het radiale stuk van de Laplaciaan verbonden met een wortelsysteem* (T.H. Koornwinder). Bestaan van zulke operatoren en expliciete gegevens erover zullen belangrijke consequenties hebben voor de theorie van speciale functies geassocieerd met gegeven wortelsystemen.
 - *Onderzoek van karakteristieke veeltermen gedefinieerd in singuliere punten van gewone differentiaalvergelijkingen. Verband met λ -ringen en Dieudonné-determinanten* (R. Sommeling). Dit vereist (nog niet bestaande) computeralgebra programma's voor de berekening van deze karakteristieke veeltermen.

MACSYMA is al een ouder symbolisch manipulatiesysteem. Nieuwere systemen zoals MAPLE zijn 'customizable' in de zin dat de gebruiker zelf relatief eenvoudig extensies kan schrijven voor de eigen specifieke problemen. Dit schept de mogelijkheid voor het CWI om, zo gewenst, ten behoeve van derden op maat gemaakte kant en klare toepassingen te vervaardigen. Ook intern, bijvoorbeeld voor cryptografische doeleinden.

AANVANG: 1972

10

ZW 11

WERKPLAN 1988

Zie boven

WERKPLAN NA 1988

Zie boven.

TITEL: Analyse

TITLE: Analysis

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Project ZW12 bestaat uit de volgende deelprojecten:

ZW 12.2 Analyse op halfkenelvoudige Lie-groepen en symmetrische ruimten en het verband met speciale functies;

ZW 12.3 Klassieke analyse en getaltheorie.

Doel is harmonische analyse op (pseudo-)Riemannse symmetrische ruimten, de bestudering van speciale functies en hun groepentheoretische interpretatie, van (nulpunt-)problemen bij speciale analytische functies en van diverse problemen van getaltheoretische aard.

TECHNICAL ABSTRACT

Research project ZW12 consists of the following subprojects:

ZW 12.2 Analysis on semisimple Lie groups and symmetric spaces and the connection with special functions;

ZW 12.3 Classical analysis and number theory.

The purpose is harmonic analysis on (pseudo-)Riemannian symmetric spaces, the study of special functions and their group theoretic interpretation, the study of (zero patterns of) special analytic functions and various problems of a number theoretic nature.

SAMENSTELLING GROEP

dr. T.H. Koornwinder (projectleider)

dr. J. van de Lune, Ph.D.

drs. G.C.M. Ruitenburg

SAMENWERKING

prof.dr. G. van Dijk (RU Leiden)

AANVANG: 1972

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P120, P130, P140

1980 Math. Subj. Class. : 22E30, 22E46, 43A80, 43A85, 43A90,
33A75, 33A65, 33A30, 10-XX, 30-XX

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Centraal in dit project staat de (harmonische) analyse op Lie-groepen en speciale functies en generalisaties hiervan zoals speciale functies geassocieerd met wortelsystemen. Ook hier speelt symmetrie een grote rol, zoals G.W. Mackey reeds opmerkte in een groot overzichtsartikel: 'Harmonische analyse is eigenlijk het systematisch uitbuiten van symmetrie-verschijnselen'.

Het onderzoek richt zich op een aantal facetten. Ten eerste op de analyse op halfenkelvoudige pseudo-Riemannse symmetrische ruimten, in het bijzonder de Plancherel-ontbinding als generalisatie van Harish-Chandra's monumentale werk. In de tweede plaats op speciale functies en klassieke analyse. Het betreft hier de klassieke relatie tussen Lie-groepen en de speciale functies uit de mathematische fysica, die recent weer sterk in de internationale belangstelling is gekomen door werk van Askey. En ten derde speciale functies geassocieerd aan wortelsystemen. Voor de komende periode bestaan de volgende plannen.

Allereerst voortzetting van het onderzoek naar speciale functies geassocieerd met wortelsystemen, dat door drie oorzaken nieuwe vaart en belang heeft gekregen:

- recent werk van G. Heckman (Leiden), waarbij technieken van Deligne voor stelsels differentiaalvergelijkingen met reguliere singulariteiten worden toegepast;
- gebruik van computeralgebra om relevante differentiaaloperatoren expliciet uit te rekenen;
- verband met de fysisch interessante vraag van volledige integreerbaarheid voor Schrödingeroperatoren geassocieerd met wortelsystemen en interactie met het werk van Ruijsenaars, hier op ZW.

Askey's tableau van hypergeometrische orthogonale polynomen (een soort periodiek systeem der elementen in de wereld van speciale functies) kan worden uitgebreid tot een tableau van hypergeometrische integraaltransformaties. Wij onderzoeken tot hoever deze uitbreiding mogelijk is en construeren een hiermee parallel tableau voor speciale functies geassocieerd met groepsrepresentaties.

Analyse op semisimpele pseudo-Riemannse symmetrische ruimtes biedt nog steeds vele uitdagende problemen. Beschikbaarheid van een deskundige kandidaat zal bepalen of onderzoek op het CWI hieraan (samen met Leiden en Utrecht) weer zal worden hervat.

Tenslotte zal oriënterend onderzoek worden gedaan aan speciale functies geassocieerd met oneindig-dimensionale Lie-algebra's en Lie-groepen. Dit laatste onderdeel heeft onmiddellijke aanrakingspunten met de projecten uit ZW13 en de daarmee gerelateerde onderzoeken die door D.-J. Smit (FOM/SMC, Utrecht) en H.-J. Imbens worden uitgevoerd. Cf. hieronder in ZW13 voor enkele woorden meer hierover).

Naast het traditionele bestuderen en oplossen van ad hoc problemen ten behoeve van anderen (binnen en buiten het CWI), altijd al een belangrijk facet van dit project, zal volgens plan aandacht besteed worden aan:

- het schrijven van een boek over getaltheorie (i.s.m. prof.dr. P. Mullender).

- numeriek onderzoek van de nulpunten van Riemann's $\zeta(s)$: i.h.b. de aard en de mate van afhankelijkheid van deze punten van de priemgetallen (in overleg met H.J.J. te Riele en A.M. Odlyzko).
- berekeningen verbandhoudende met het vermoeden van Goldbach (i.s.m. H.J.J. te Riele).

WERKPLAN 1988

Zie boven.

WERKPLAN NA 1988

Zie boven.



TITEL: Algebraïsche mathematische fysica

TITLE: Algebraic mathematical physics

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Bestudering van de algebraïsche (en algebraïsch meetkundige), combinatorische en representatie-theoretische aspecten van volledig integreerbare Hamiltoniaanse systemen (zowel quantum als klassiek), de exact oplosbare modellen uit de rooster-statistische mechanica en de hier onmiddellijk mee verband houdende stukken van ijktheorieën en representatie-theorie. Project ZW13 bestaat uit de volgende deelprojecten:

ZW 13.5 Relaties tussen eindige-vrijheidsgraden, oneindige-vrijheidsgraden, en rooster, en klassieke, volledig integreerbare modellen;

ZW 13.6 Relativistische en quantum integreerbare systemen.

TECHNICAL ABSTRACT

The investigation of algebraic (and algebraic-geometrical), combinatorial and representation theoretical aspects of completely integrable Hamiltonian systems (both quantum and classical), the exactly solvable models from lattice statistical mechanics and parts of gauge theory and representation theory which are related to this. Project ZW13 consists of the following subprojects:

ZW 13.5 Relations between finite degree of freedom, infinite degree of freedom and lattice, and classical, integrable models;

ZW 13.6 Relativistic and quantum integrable systems.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. M. Hazewinkel (projectleider)

dr. S.N.M Ruysenaars (C&C Huyghens stipendiaat)

drs. J.K. Scholma

SAMENWERKING

prof.dr. H. Capel (Theoretische Fysica, Universiteit van Amsterdam)

prof. dr. R. Martini (Universiteit Twente)

drs. S.M. Verduyn Lunel (Philips Telecommunicatie, Hilversum)

drs. D.J. Smit (RU Utrecht, via FOM/SMC Samenwerkingsverband Mathematische Fysica)

drs. H.-J. Imbens (Math. Inst. RU Utrecht onder leiding van M. Hazewinkel)

prof.dr. B. de Wit (Theoretische Fysica, RU Utrecht)

AANVANG: 1982

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P120, P130, P140, P150, P190

1980 Math. Subj. Class. : 14K25, 22E65, 82A67, (81E10), 58F07

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Tot voor kort was slechts een viertal modellen in de mathematische fysica (zowel de klassieke fysica als de quantumfysica) exact oplosbaar. Nu, ongeveer 20 jaar nadat de eerste integreerbare systemen ontdekt werden, zijn het er ruim dertig, waaronder sommige van de belangrijkste partiële differentiaalvergelijkingen van de mathematische fysica. Symmetrie-aspecten spelen ook bij integreerbare systemen een belangrijke rol.

In zekere zin zijn integreerbare systemen systemen van (partiële) differentiaalvergelijkingen met een (ongewoon) grote symmetriegroep. Ook kunnen vele integreerbare systemen verkregen worden uit (eindig- en oneindig-dimensionale) Lie-groepen (middels een splitsing van de Lie-algebra en de Lie-Kirillov-Kostant symplectische structuur op co-geadjungeerde banen). Of elk integreerbaar systeem zo verkregen kan worden, is nog open. Ook is verre van duidelijk welke relatie er bestaat tussen de oorspronkelijke Lie-groep en de symmetriegroep van het daaruit verkregen integreerbare systeem. Vele integreerbare systemen zijn oplosbaar middels τ -functies (gegeneraliseerde theta-functies). In zekere zin zijn dit zeker speciale functies behorend bij een oneindig-dimensionale Lie-groep. Maar veel meer aan theorie dan deze opmerking is er (nog) niet. Cf. ook ZW12.1 hierboven. Speciaal de bijbehorende (harmonische) analyse op de geassocieerde oneindig-dimensionale Grasmann-variëteit ontbreekt nog geheel. Deze Grasmann-variëteiten relateren weer aan (bosonische) 'strings', waaraan door D.-J. Smit (promotie-onderzoek onder leiding van B. de Wit en M. Hazewinkel) in Utrecht gewerkt wordt in dit verband. Het gaat hier nu om een groot onderzoeksgebied, waaraan internationaal door een nogal groot aantal verschillende groepen, ieder met hun eigen (meestal succesvolle) methode wordt gewerkt.

Tevens worden de methoden van andere groepen goeddeels verwaarloosd en zelfs genegeerd. De diverse relaties tussen de diverse benaderingswijzen zijn nog steeds verre van duidelijk. Het in detail onderzoeken wat al deze relaties zouden kunnen zijn, zou een mooi groot samenhangend onderzoek zijn waarbij ongewoon veel verschillende stukken wiskunde aan de orde komen. Gezien echter de onthutsend en verontrustend beperkte wiskunde-onderzoekscapaciteit op het CWI moeten hieruit slechts enkele beperkte aspecten gekozen worden.

TITEL DEELPROJECT

ZW 13.5 Relaties tussen eindige-vrijheidsgraden, oneindige-vrijheidsgraden, en rooster-, en klassieke, volledig integreerbare modellen.

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Er zijn allerlei soorten integreerbare systemen: stelsels gewone differentiaalvergelijkingen; stelsels differentievergelijkingen; stelsels partiële differentiaalvergelijkingen en differentie-differentiaalvergelijkingen; relativistische versies en quantummechanische; roostermodellen in de zin van de statistische mechanica. Veel typen (KdV, Toda, ...) komen in de meeste soorten (incarnaties) voor. Dit geeft aanleiding tot de onderzoeksproblemen:

- Bestaan er systematische relaties tussen de verschillende incarnaties. Is er bijvoorbeeld een systematische methode om uit een integreerbare PDV een integreerbaar roostersysteem te fabriceren (en omgekeerd). Voor SL_2 is dat gelukt aan Korepin en Izergin en generalisaties hiervan naar SL_3 en hoger (waarvoor, dat is ondertussen duidelijk, nieuwe structuren nodig zijn) is één van de aandachtsvelden voor de komende periode.
- Vind de ontbrekende incarnaties van de meer bekende integreerbare systeemsoorten (b.v. van de Calogero-Moser-systemen). Dit is het tweede (op dit moment veel belovende) aandachtsveld.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. M. Hazewinkel

dr. S.N.M. Ruysenaars

drs. J.K. Scholma

AANVANG: 1985

WERKPLAN 1988

Zie boven.

TITEL DEELPROJECT

ZW 13.6 Relativistische en quantum integreerbare systemen

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Onderzoeksthema voor de komende jaren is de studie van integreerbare systemen, zowel op het quantumniveau als op het klassieke niveau. Meer in het bijzonder is het de bedoeling een recent ontdekte klasse van integreerbare relativistische N-deeltjessystemen te onderzoeken, voornamelijk met het oog op het verkrijgen van nieuwe inzichten over reeds langer bekende eindig- en oneindig-dimensionale integreerbare systemen, zoals de Calogero-Moser- en Toda-systemen, de sine-Gordon-theorie, het 8-vertex-model en Potts-modellen.

In de naaste toekomst ligt de nadruk op de expliciete diagonalisatie van de commuterende klassieke Hamiltonianen en quantum-Hamiltonianen. De klassieke problematiek behoort tot het terrein van de symplectische meetkunde en de spectraalanalyse. Verder zijn er raakpunten met de theorie van Lie-algebra's en symmetrische ruimten.

Dit laatste is in versterkte mate het geval voor de problemen op het quantumniveau: de diagonalisatie waarnaar gezocht wordt is op te vatten als een generalisatie van de sferische Fourier-transformatie, bekend uit de theorie van de symmetrische ruimten. De commuterende operatoren zijn hier echter geen differentiaaloperatoren, maar analytische differentie-operatoren. De functionaalanalyse van dit type operatoren is nagenoeg non-existent en het plan is dan ook hierin verandering teweeg te brengen. De vraagstelling op het quantumniveau is verder erg verwant met de theorie van speciale functies en analytische functies van één of meer variabelen.

Tenslotte leiden de al genoemde relaties met oneindig-dimensionale systemen tot kwesties op het terrein van Kac-Moody- en Virasoro-algebra's, en zijn er aanwijzingen, dat ook relaties met de theorie van supersymmetrie en 'strings' bestaan. Het is de bedoeling om door nadere bestudering van deze gebieden een beter begrip voor deze relaties te ontwikkelen.

Gerelateerd onderzoek (ZW13)

- Kac-Moody-algebra's en integreerbare systemen (H.-J. Imbens, promotie-onderzoek in Utrecht o.l.v. M. Hazewinkel).
- Vertex-operatoren en bosonische 'strings' (D.-J. Smit, promotie-onderzoek in Utrecht op een SMC/FOM-plaats onder leiding van M. Hazewinkel en B. de Wit).

SAMENSTELLING GROEP

dr. S.N.M. Ruysenaars

AANVANG: 1985

WERKPLAN 1988

Zie boven.

TITEL: Dynamische systemen

TITLE: Dynamical systems

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Onderzoek aan dynamische systemen, met de nadruk op topologische en maattheoretische aspecten. Later eventueel ook de bestudering van chaotische en stochastische aspecten (b.v. stochastische (partiële) differentiaalvergelijkingen en hun toepassingen). Het project heeft vooralsnog geen deelprojecten.

TECHNICAL ABSTRACT

Research on dynamical systems, with emphasis on topological and measure-theoretic aspects. Later on possibly also chaotic and stochastic aspects (e.g. stochastic (partial) differential equations and their applications) will be studied. For the time being, the project has no subprojects.

SAMENSTELLING GROEP

dr. J. de Vries

AANVANG: 1976

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P120, P130, P140, P150, P170

1980 Math. Subj. Class. : 54H20, 58FXX, 60HXX

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

In de theorie van de dynamische systemen bestudeert men groepen of half-groepen van afbeeldingen van een gegeven ruimte in zichzelf. Deze ruimte kan gezien worden als de toestandsruimte van een fysisch (chemisch, biologisch,...) systeem en de afbeeldingen als mogelijke overgangen van de ene toestand in een andere toestand. Deze overgangen worden vaak beschreven door differentiaal- of differentievergelijkingen (zie b.v. [1]). Bij de bestudering van zulke systemen is men geïnteresseerd in het recurrentiegedrag en asymptotisch gedrag van punten; dit type onderzoek is ontstaan uit de kwalitatieve studie van differentiaalvergelijkingen. Afhankelijk van de oorspronkelijke concrete probleemstelling veronderstelt men extra structuur aanwezig in de ruimte waarop de (half)groep werkt.

In de topologische dynamica bestudeert men groepen van homeomorfismen op topologische ruimten (topologische transformatiegroepen; zie [2]), in de ergodentheorie maatbewarende transformaties in maatruimten (zie [3]), in de differentieerbare dynamica diffeomorfismen op variëteiten (zie [4]).

Van belang is het globale beeld van de banen van de punten onder de (half)groep van de beschouwde afbeeldingen en (al dan niet plotselinge) veranderingen van dit beeld onder invloed van wijziging van een externe parameter (bifurcaties; zie b.v. [5]). Van vrij recente datum is het onderzoek naar 'vreemde attractoren' en chaotisch gedrag van dynamische systemen, waarbij deterministische systemen stochastische aspecten vertonen; zie [6] en [10]. Voor de relevantie van deze onderwerpen voor o.a. de klassieke mechanica verwijzen we naar [7], [8] en voor b.v. de biomathematica, naar [9]. In het algemeen kan gesteld worden dat deze onderwerpen van belang zijn bij alle verschijnselen waarin niet-lineaire aspecten van differentiaalvergelijkingen de hoofdrol spelen. Ook voor bepaalde coderingsproblemen uit de theorie van informatieverwerking spelen methoden uit de topologische dynamica en de ergodentheorie een rol; zie [11].

Uit de veelheid van onderwerpen is een keus gemaakt, welke mede bepaald is door het onderzoek dat in het verleden op de afdeling binnen dit project is gedaan: bestudering van en onderzoek binnen de gebieden die bekend staan als *Abstracte Topologische Dynamica* en de *Ergodentheorie*.

In de (abstracte) topologische dynamica worden topologische problemen bestudeerd die hun oertype hebben in de kwalitatieve theorie van differentiaalvergelijkingen. Een geschikte context voor deze problemen is de theorie van actie's van de additieve groep \mathbb{R} als homeomorfismengroep op een topologische ruimte of, algemener, topologische transformatiegroepen. Vgl. [2] en [12].

Een belangrijk onopgelost probleem is de classificatie van compacte minimale verzamelingen voor een gegeven topologische groep T . De laatste tijd is daarover veel literatuur verschenen en het is de bedoeling, ter afsluiting van het onderzoek op dit deelgebied, hierover een boek te schrijven. Het onderzoek in dit kader heeft veel aanknopingspunten met de ergodentheorie (vgl. [3] en [13]). Op dit gebied zijn er contacten met de TH Delft (prof.dr. J.M. Aarts, prof.dr. M.S. Keane). Buiten Nederland zijn er contacten met een aantal

vooraanstaande onderzoekers op het gebied van de Topologische Dynamica (o.a. J. Auslander, Univ. van Maryland; S. Glasner, Univ. van Tel Aviv).

Relevante literatuur

- 1 V.V. NEMYTSKIČ, V.V. STEPANOV (1960). *Qualitative Theory of Differential Equations*, Princeton University Press, Princeton, N.J.
- 2 W.H. GOTTSCHALK, G.A. HEDLUND (1955). *Topological Dynamics*, Amer. Math. Soc. Coll. Publ. 36, Providence, RI.
- 3 P. WALTERS (1982). *An Introduction to Ergodic Theory*, Springer-Verlag, New York.
- 4 J. PALIS Jr., W. DE MALO (1982). *Geometric Theory of Dynamical Systems, an Introduction*, Springer-Verlag, New York.
- 5 S.N. CHOW, J.K. HALE (1982). *Methods of Bifurcation Theory*, Springer-Verlag, New York.
- 6 G. IOOSS, R.H.G. HELLEMAN, R. STORA (eds.) (1983). *Chaotic Behaviour of Deterministic Systems* (Les Houches, Session XXXVI, 1981), North-Holland Publ. Company, Amsterdam.
- 7 R. ABRAHAM, J.E. MARSDEN (1978). *Foundation of Mechanics* (2nd ed.), Benjamin, Reading.
- 8 J. GUCKENHEIMER, P. HOLMES (1983). *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcation of Vector Fields*, Springer-Verlag, New York.
- 9 H.E. NUSSE (1984). Complicated dynamical behaviour in discrete population models, *Nieuw Arch. Wisk. IV* (2), 43-81.
- 10 V.M. ALEKSEEV, M.V. YAKOBSON (1981). Symbolic dynamics and hyperbolic dynamic systems. *Phys. Reports* 75, no. 5, 287-325.
- 11 R.L. ADLER, D. COPPERSMITH, M. HASSNER (1983). Algorithms for sliding block codes. *IEEE Trans. Inform. Theory* IT-29, 5-22.
- 12 I.U. BRONSTEIN (1979). *Extensions of Minimal Transformation Groups*, Sijthoff & Noordhoff, Alphen a.d. Rijn.
- 13 H. FURSTENBERG (1981). *Recurrence in Ergodic Theory and Combinatorial Number Theory*, Princeton Univ. Press, Princeton.

WERKPLAN 1988

Het voltooiën van een boek, *Elements of Topological Dynamics*. Daarnaast incidentele publikatie van nieuwe resultaten die niet in dit boek te plaatsen zijn.

WERKPLAN NA 1988

Geleidelijke uitbreiding van het onderzoeksgebied in de richting van stochastische en globaal analytische aspecten.



TITEL: Cryptografie

TITEL: Cryptology

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Het onderzoek richt zich in de eerste plaats op het verzinnen, ontwikkelen en beschrijven van 'veilige' communicatieprotocollen en het mathematisch funderen van de juistheid daarvan. Daarnaast is er aandacht voor implementatie en het testen van voorstellen van anderen van zulke protocollen.

TECHNICAL ABSTRACT

Most of the research in this group aims at the creation, development, and description of 'secure' communication protocols and the provide the mathematical proofs that they are indeed secure. In addition attention is paid to actual implementation questions and the evaluation of proposals for such protocols of others.

SAMENSTELLING GROEP

dr. D. Chaum (NFI, projectleider)

dr. J.H. Evertse (NFI)

drs. J.N.E. Bos

dr. H. den Boer (NFI)

A.G. Steenbeek (programmeur, STO)

wetenschappelijk medewerker 2

AANVANG: 1980

CLASSIFICATIECODE

1980 Math. Subj. Class. : 94BXX

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Naar verwachting zal het gebruik van gedistribueerde computersystemen in de komende jaren sterk toenemen, bijvoorbeeld in elektronische betalingssystemen en in netwerken waarin vertrouwelijke gegevens worden verstuurd. In gedistribueerde computersystemen zijn computers veelal door onveilige kanalen verbonden. Om te voorkomen dat informatie die over zulke kanalen wordt verstuurd door buitenstaanders kan worden vervalst of 'afgeluisterd', is het noodzakelijk bij het ontwikkelen van veilige gedistribueerde computersystemen gebruik te maken van cryptografische technieken.

De cryptografie is een vakgebied waarin oorspronkelijke wiskundige technieken worden ontwikkeld en onderzocht om vertrouwelijke gegevens door middel van vercijfering te beveiligen (secrecy). Tegenwoordig omvat de cryptografie ook de studie van methoden waarmee voorkomen kan worden dat informatie die over een onveilig kanaal wordt verstuurd door een buitenstaander wordt vervalst (authentication). Deze methoden bestaan meestal uit een manier om gegevens te voorzien van een 'digitale handtekening' en een serie voorschriften (protocol) volgens welke de boodschappen moeten worden verstuurd. Zowel in secrecy- als authentication-methoden wordt vaak gebruik gemaakt van public-key cryptosystemen. In deze systemen worden boodschappen vercijferd met een publieke, aan iedereen bekende sleutel terwijl de boodschappen worden ontcijferd met een geheime sleutel die alleen aan de ontcijferaar bekend is. Het meest bekende public-key cryptosysteem is het RSA-systeem, ontwikkeld door Rivest, Shamir en Adleman. De veiligheid van dit systeem berust op de ondoenlijkheid twee priemgetallen van ongeveer honderd cijfers te berekenen als alleen hun produkt gegeven is.

In de komende jaren zal de werkgroep cryptografie van het CWI zich vooral richten op verder onderzoek en verdere ontwikkeling van een nieuw, door D. Chaum ontwikkeld protocol waarmee gegevens van individuen kunnen worden uitgewisseld tussen organisaties. In dit protocol staat de uitwisseling van de gegevens van een individu volledig onder controle van het individu zelf. Het protocol biedt de organisaties een hoge graad van veiligheid tegen misbruik door individuen terwijl het tegelijkertijd de persoonlijke levenssfeer van individuen optimaal beschermt tegenover de organisaties. Het protocol maakt gebruik van het RSA-systeem.

Door een belangrijke financiële bijdrage uit NFI-fondsen is het mogelijk de komende paar jaar een post-doc medewerker aan te stellen. Het ligt in de bedoeling regelmatig andere buitenlandse deskundigen uit te nodigen.

WERKPLAN 1988

Dit project omvat de ontwikkeling en implementatie van cryptografische protocollen, onderzoek naar bestaande systemen zoals DES (Data Encryption Standard) en het ontwikkelen van de wiskundige onderbouwing. De volgende meer specifieke aspecten zullen in de komende periode aan de orde komen.

- Het maken van nieuwe protocollen voor gedistribueerde systemenbeveiliging, gebaseerd op de al bestaande ideeën rond 'untraceability' and 'limited pseudonymity'. Dit vereist verder vernieuwend onderzoek omtrent

protocollen, cryptografische algoritmen en complexiteits-theoretische analyse.
Dit is hoofdactiviteit van de groep.

- Voortzetting van de onderzoeken (evaluatie) van het DES-systeem.

Verder wordt gewerkt aan plannen die de functie van het CWI als clearing house voor cryptografische expertise zullen gaan versterken. Regelmatig contact met de informatica-afdelingen is belangrijk voor het werk van de cryptografiegroep.

WERKPLAN NA 1988

Vootzetting van het onderzoek.



Afdeling

Toegepaste Wiskunde

Het onderzoek in deze afdeling richt zich op de toepassingen van de wiskunde op het gebied van de natuurwetenschappen, dat wil zeggen, de natuurkunde en de biologie. De doelstelling is om in dit gebied langs wiskundige weg meer inzicht te krijgen in processen die in de natuur voorkomen. Het gaat hierbij om processen van modelvorming, analyse en interpretatie. Recente theoretische ontwikkelingen op het gebied van bifurcatietheorie en van chaotische verschijnselen hebben, in combinatie met de sterk vergrote mogelijkheden tot computerexperimenten, geleid tot een hernieuwde opbloei van de mechanica, in het bijzonder die van vloeistoffen. Het CWI heeft verkennende studies verricht met betrekking tot de opbouw van een 'dynamisch-systeem laboratorium', d.w.z. een verzameling speciale programma's, te groot om zelf te ontwikkelen (de meeste programma's komen uit de VS en - in mindere mate - de Bondsrepubliek), die onder meer te gebruiken is voor problemen in de biologie, de chemie en de geneeskunde. Zulke 'laboratoria' bestaan al op enkele andere plaatsen, maar nog niet in deze vorm in Nederland. Het CWI beschikt over uitstekende apparatuur voor een dergelijk laboratorium. Doel is de ondersteuning van theoretisch werk aan de kwalitatieve analyse van ingewikkelde dynamische systemen door middel van computerexperimenten. De verwachting is dat van het experimentele wiskundig onderzoek nieuwe impulsen tot de theorie kunnen uitgaan. Dit moet leiden tot meer inzicht en vermoedens bij de wiskundige uitwerking. Opbouw van het dynamisch-systeem laboratorium zal een aantal concrete probleemstellingen genereren, bijvoorbeeld in de numerieke bifurcatietheorie, patroonherkenning, computergrafiek en kunstmatige intelligentie, die uitstekend passen binnen andere onderzoeksthema's op het CWI. Het zal echter slechts met extra mankracht mogelijk zijn om tot een bruikbaar resultaat te komen.

Het zwaartepunt van het afdelingsonderzoek ligt bij de ontwikkeling van

nieuwe analytische methoden, waarbij in toenemende mate hulpmiddelen uit de statistiek en de informatica een rol spelen. De aandacht richt zich vooral op nieuwere toepassingsgebieden zoals de biologie, de geneeskunde en de meteorologie, waar de klassieke methoden niet bruikbaar zijn. In het onderzoek spelen ook numerieke experimenten een belangrijke rol. Het werk van de afdeling beweegt zich op andere terreinen van de mathematische fysica dan die in het Samenwerkingsverband FOM/SMC Mathematische Fysica aan de orde komen. Wel is er samenwerking met andere landelijke projecten, in het bijzonder de Werkgemeenschap Analyse.

De afdeling kent vier projecten:

- TW1 Dynamische systemen met stochastische storingen;
- TW2 Asymptotiek;
- TW3 Niet-lineaire analyse en biomathematica;
- TW4/MS4 Analyse en (re)constructie van beelden.



TITEL: Dynamische systemen met stochastische storingen

TITLE: Dynamical systems with stochastic perturbations

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

In project TW 1 wordt onderzoek verricht naar:

- het effect van stochastische storingen op dynamische systemen;
- stochastische processen in de biologie;
- stochastische wandelingen op random netwerken.

Kenmerkend voor het eerste onderwerp is de bestudering van de verwachte verblijftijd van het systeem in de omgeving van een stabiel evenwicht. Voor het tweede onderwerp wordt onderzocht in hoeverre diffusiebenaderingen volgen uit het overgangswaarschijnlijkheidsmodel. Bij het derde onderwerp staat de invloed van het random karakter van het netwerk op de lange-tijds eigenschappen van de stochastische wandeling centraal.

TECHNICAL ABSTRACT

In project TW 1 one investigates:

- the effect of stochastic perturbations on dynamical systems;
- stochastic processes in biology;
- random walks on random networks.

Characteristic of the first topic is the study of the expected sojourn time of the system in the neighbourhood of a stable equilibrium. In the second topic it is analyzed how the diffusion approximation is derived from the transition probability model. In the third topic the main interest is the influence of the randomness of the network on large time properties.

SAMENSTELLING GROEP

dr. J.B.T.M. Roerdink (projectleider)

ir. H.N.M. Roozen

SAMENWERKING

dr.ir. J. Grasman (RU Utrecht)

dr. J.A. Aten (Radiobiologie, UvA)

prof.dr. K.E. Shuler (Dept. of Chemistry, UCSD, La Jolla, USA)

AANVANG: 1982

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie	: P130, B110, P190, P170
NABS-code	: N016
1980 Math. Subj. Class.	: 60H10, 60J70, 92A15, 35P10
1982 CR Classification Scheme	: G.1.7, G.1.8

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Analyse van deterministische eindig-dimensionale dissipatieve systemen bestaat voor een belangrijk deel uit het verwerven van kennis omtrent het gedrag van oplossingen na een lange tijd. Hiertoe zoekt men naar stabiele evenwichten, limietcycli en andere limietverzamelingen, zoals de vreemde aantrekkers. Afgezien van een gebied van maat nul in de toestandruimte zal in het algemeen voor een willekeurige beginwaarde het systeem zich in de richting van één van de bovengenoemde stabiele oplossingen bewegen. Veelal is het systeem een model van de werkelijkheid waarbij allerlei invloeden buiten beschouwing gelaten worden. Deze invloeden laten zich deterministisch niet goed analyseren (anders waren ze wel in het model opgenomen). Om toch een indruk te krijgen waartoe deze effecten kunnen leiden, wordt een model uitgebreid met stochastische storingen. Dit leidt tot essentiële veranderingen in het gedrag van de oplossing. In het geval van meerdere aantrekkers in de fase-ruimte zal het systeem, zelfs voor willekeurig kleine stochastische storingen, verschillende stabiele toestanden bezoeken.

Een studie wordt verricht naar het gedrag van eenvoudige mechanische structuren die onderhevig zijn aan belastingen met een kleine stochastische component. Het is van praktisch belang te weten wat de levensduur van dergelijke structuren is. In de praktijk wordt vaak uitgegaan van een a priori statistische verdeling voor de levensduur. In dit onderzoek zal worden getracht uitdrukkingen voor de verwachting of de verdeling van de levensduur te vinden in termen van de parameters van het onderliggende mechanische model. Zie bijvoorbeeld [2].

De theorie van stochastische wandelingen op reguliere roosters is goed ontwikkeld. Dat is niet het geval wanneer het reguliere rooster vervangen wordt door een random netwerk, hoewel het onderzoek naar dit onderwerp de laatste jaren in volle gang is, zie bijvoorbeeld [3], [4]. Vooral het expliciet berekenen van effectieve transportparameters, zoals diffusieconstanten, is in het algemeen uiterst moeilijk.

Literatuur

- 1 N.G. VAN KAMPEN (1982). *Stochastic Processes in Physics and Chemistry*, North Holland, Amsterdam.
- 2 A. KATZ, Z. SCHUSS (1985). Reliability of elastic structures driven by random loads. *SIAM J. Appl. Math.* 45, No. 3.
- 3 A. BERTUZZI, A. GANDOLFI (1983). Recent views on the cell cycle structure. *Bull. Math. Biol.* 45, 605-616.
- 4 R. DURRET (ed.) (1985). Particle systems, random media and large derivations. *Contemporary Mathematics 41*, AMS, Providence.

WERKPLAN 1988

- In sommige gevallen wordt de levensduur van een mechanische structuur bepaald door de tijd die nodig is om uit een gedefinieerd operationeel gebied te treden. In dit geval zijn exittijden van belang. In andere gevallen blijft de structuur binnen zijn operationele gebied en treedt slijtage op. Met name dit laatste type structuur wordt bestudeerd. Hierbij speelt de verblijftijd als functie van de plaats in het operationele gebied een rol (Roozen).
- In samenwerking met prof. K.E. Shuler (UCSD, La Jolla, USA) zal onderzoek worden verricht naar het afleiden van analytische boven- en ondergrenzen voor de transportcoëfficiënten van random walks op random netwerken. Ter vergelijking zullen numerieke berekeningen worden uitgevoerd (Roerdink).

WERKPLAN NA 1988

Het werk aan spectrale modellen wordt in 1988 afgesloten. Het onderzoek naar het effect van stochastische storingen op dynamische systemen wordt nader toegepast op modellen uit de stochastische populatiedynamica.

Het onderzoek betreffende de stochastische wandelingen oriënteert zich nader in de richting van de wiskundige aspecten van de random matrices zoals die in de theorie optreden.



TITEL: Asymptotiek

TITLE: Asymptotics

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Er wordt voornamelijk onderzoek verricht aan asymptotische ontwikkelingen van integralen. Voorts wordt gewerkt aan problemen op het gebied van de analyse en asymptotiek (met numerieke aspecten) uit de fysica, biologie en statistiek.

TECHNICAL ABSTRACT

This project includes research on asymptotic expansions of integrals, and solving problems on analysis and asymptotics (with numerical aspects) from physics, biology, and statistics.

SAMENSTELLING GROEP

dr. N.M. Temme (projectleider)
wetenschappelijk medewerker 1 (p.m.)

SAMENWERKING

drs. C.G. van der Laan (RU Groningen)
prof. R. Wong (Winnipeg)
prof. K. Soni (Knoxville)
prof. L. Gatteschi (Torino)

AANVANG: 1975

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie	: P130, P140, P170
NABS-code	: N10
1980 Math. Subj. Class.	: 41A60, 65D20, 33-XX
1982 CR Classification Scheme	: G.1.2

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Asymptotische methoden zijn voor veel fysische of biologische problemen belangrijke hulpmiddelen om kwalitatieve informatie te verkrijgen over oplossingen van vergelijkingen en om benaderingen voor oplossingen te construeren. Op deze wijze kan men inzicht verkrijgen over afhankelijkheid van parameters in deze problemen, welk inzicht niet altijd uit numerieke methoden verkregen kan worden.

In de afgelopen jaren is op de afdeling een grote ervaring opgebouwd bij het behandelen van asymptotische problemen, vooral op de aangegeven deelgebieden. Met deze ervaring is het mogelijk gebleken inzicht te verwerven in problemen op het gebied van de fysica of biologie, vooral bij de bestudering van grote en kleine parameters in die problemen. Door de opgebouwde ervaring is de afdeling een vraagbaak geworden voor problemen op het gebied van de complexe analyse, integralen en differentiaalvergelijkingen, waarbij collega's van binnen het CWI, maar ook externe wiskundigen en fysici, met vrucht een klankbord vinden voor hun problemen. In verband met deze contacten en adviezen is in dit project mankracht gereserveerd. Herhaaldelijk worden door buitenstaanders interessante problemen gesteld die een duidelijk researchaspect hebben en die een essentieel onderdeel kunnen vormen van het onderzoek binnen dit project, maar waarvan de planning niet van te voren is aan te geven.

Naast dit probleemgerichte onderzoek wordt ook systematisch onderzoek gedaan om de standaardmethoden en technieken up to date te houden en om deze met nieuwe ontwikkelingen en met fundamentele methoden te ondersteunen en te verrijken. Bij asymptotiek van integralen gaat het vooral om uniforme ontwikkelingen, waarbij aandacht besteed wordt aan rigoreuze resttermschattingen. Dit laatste aspect is door Olver en Wong recentelijk op gang gebracht, waarbij Olver voornamelijk met differentiaalvergelijkingen werkt. De theorie voor integralen is hierbij vergeleken slecht ontwikkeld en vraagt om nieuwe ideeën en gefundeerde methoden. Inspiratiebron voor asymptotiek van integralen zijn vaak functies uit de mathematische fysica en de mathematische statistiek. De aanpak is voldoende algemeen, maar er wordt voornamelijk gewerkt aan problemen die voor toepassingen relevant zijn. Hierbij bestaat ook aandacht voor numerieke aspecten; de resultaten worden getoetst op hun numerieke bruikbaarheid. De opgebouwde kennis en ervaring is van groot nut bij het verstrekken van adviezen en bij het oplossen van door derden gestelde problemen op het gebied van de (complexe) analyse en de berekening van functies. In referentie [5] wordt een overzicht van de probleemstelling in dit vakgebied gegeven.

Literatuur

- 1 F.W.J. OLVER (1974). *Asymptotics and Special Functions*, Academic Press, New York.
- 2 F.W.J. OLVER (1975). Unsolved problems in the asymptotic estimation of special functions. R. ASKEY (ed.). *Theory and Application of Special Functions*, Academic Press, New York, 99-142.

- 3 W. GAUTSCHI (1975). Computational methods of special functions. R. ASKEY (ed.). *Theory and Application of Special Functions*, Academic Press, New York, 1-98.
- 4 R. WONG (1980). Error bounds for asymptotic expansions of integrals. *SIAM Review* 22, 401-435.
- 5 N.M. TEMME (1986). Uniform Asymptotic Expansions of Integrals. J.W. DE BAKKER, M. HAZEWINKEL, J.K. LENSTRA (eds.). *Mathematics and Computer Science, CWI Monograph 1*, North-Holland, Amsterdam, 335-351.
- 6 C.G. VAN DER LAAN, N.M. TEMME (1984). *Calculation of Special Functions*, CWI Tract 10.

WERKPLAN 1988

- 1 Het eerder gestarte onderzoek betreffende uniforme asymptotische ontwikkelingen voor Laplace-integralen wordt voortgezet. Als modelproblemen worden sommige speciale functies gekozen, waarbij het voordeel is dat vaak via andere methoden (b.v. differentiaalvergelijkingen) reeds analoge resultaten bekend zijn. Een voorbeeld is de ontwikkeling van Laguerre-polynomen. Er zal een theorie ontwikkeld worden om de resttermen te kunnen begrenzen. Voor integralen is deze theorie nog onvoldoende ontwikkeld, in tegenstelling tot die voor differentiaalvergelijkingen. Het werkplan maakt deel uit van een systematische inventarisatie van problemen op het gebied van uniforme asymptotiek van integralen, zoals beschreven in overzichtsartikel [5]. Een monografie over dit onderwerp is in voorbereiding.
- 2 Algoritmen voor de berekening van speciale functies worden herzien voor het geval dat uniforme asymptotische ontwikkelingen gebruikt kunnen worden. Er is een speciale techniek ontwikkeld die de gecompliceerde structuur van deze ontwikkelingen weet te omzeilen en zeer efficiënte numerieke programma's oplevert.
- 3 Met K. Soni wordt een tweede artikel voorbereid waarin klassen van polynomen een rol spelen in inmiddels klassieke problemen op het gebied van uniforme asymptotiek van integralen. Bijvoorbeeld de ontwikkeling van integralen in Airy-functies, waarbij twee zadelpunten dicht bij elkaar liggen. Deze nieuwe aanpak geeft nieuwe representaties voor resttermen, waarmee rigoreuze resttermschattingen kunnen worden verkregen.
- 4 Met L. Gatteschi wordt gewerkt aan schattingen van nulpunten van orthogonale polynomen die met behulp van recent verkregen nieuwe asymptotische ontwikkelingen van deze polynomen worden geconstrueerd.

WERKPLAN NA 1988

- Er zal een tweede deel *Calculation of Special Functions* volgend op [6] met C.G. van der Laan worden samengesteld.
- De monografie over asymptotiek zal een uitgebreide inventarisatie en bestudering van asymptotische problemen noodzakelijk maken, waar nog tot in 1989 aan gewerkt zal worden.



TITEL: Niet-lineaire analyse en biomathematica

TITLE: Nonlinear analysis and biomathematics

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Analyse van veelal niet-lineaire differentiaal- en integraalvergelijkingen die een wiskundige beschrijving geven van biologische processen. Ook het opstellen van wiskundige modellen maakt deel uit van de werkzaamheden.

TECHNICAL ABSTRACT

Analysis of differential equations (both ordinary, partial and functional) and integral equations which correspond to a mathematical description of biological processes. Whenever appropriate due attention is paid to the modelling aspects.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. O. Diekmann (projectleider)

ir. J.A.P. Heesterbeek (assistent)

dr.ir. H.J.A.M. Heijmans

prof.dr. H.A. Lauwerier

prof.dr. J.A.J. Metz (adviseur)

wetenschappelijk medewerker 2

wetenschappelijk medewerker 4

SAMENWERKING

drs. F. van den Bosch (RU Leiden)

prof.dr. Ph. Clément (TU Delft)

dr. M. Gyllenberg (Helsinki University of Technology)

prof.dr. S.A.L.M. Kooijman (VU Amsterdam)

prof. R.M. Nisbet (University of Strathclyde, Glasgow)

drs. A.M. de Roos (RU Leiden)

dr. M.W. Sabelis (RU Leiden)

dr. H.R. Thieme (Universität Heidelberg)

prof. J.J. Tyson (Virginia Polytechnic Institute and State University)

drs. S.M. Verduyn Lunel (RU Leiden)

prof.dr. H.-O. Walther (Ludwig-Maximilians Universität, München)

AANVANG: 1975

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P130, B110

NABS-code : N10

1980 Math. Subj. Class. : 92-XX, 34-XX, 35-XX, 45-XX, 58FXX

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De komende tijd zal in dit project de dynamica van populaties met een interne (fysiologische) structuur centraal staan. Het gaat hierbij om boekhoudvergelijkingen die een verband leggen tussen de levensloop van individuen en de ontwikkeling van de populatie als geheel. Het meenemen van een onderscheid op individu-niveau in het model verschaft de mogelijkheid om, uitgaande van biologische kennis, een gedetailleerde beschrijving te geven van de interactie tussen de populatie en haar omgeving (met inbegrip van andere populaties). Veelal zijn concrete toepassingen, zoals de biologische bestrijding van plagen of de evaluatie van experimenten met toxische stoffen, uitgangspunt en inspiratiebron. De samenwerking met biologen speelt een belangrijke rol bij de keuze van onderwerpen.

Wiskundig gezien draait het om eerste orde partiële differentiaalvergelijkingen met niet-lokale termen en/of randvoorwaarden die functionalen zijn van de oplossing. Hierdoor krijgen de vergelijkingen een geheel eigen karakter en een pasklare wiskundige theorie bestaat op dit moment niet. In dit project wordt naar een dergelijke theorie toegewerkt door concrete, biologisch relevante, gevallen op systematische wijze te analyseren. Leidraad hierbij is de kwalitatieve theorie van oneindig-dimensionale dynamische systemen.

In dit project wordt gestreefd naar een synthese van biologische experimenten, modelvorming, kwalitatieve analyse en kwantitatieve numerieke experimenten en simulaties. Een overzicht van de tot nu toe behaalde resultaten en de huidige stand van zaken is te vinden in *The Dynamics of Physiologically Structured Populations*, J.A.J. Metz & O.Diekmann (eds.), *Lecture Notes in Biomathematics* 68, Springer 1986.

Het wiskundig zwaartepunt van het project is momenteel het onderzoek van duale halfgroepen van operatoren. Op langere termijn wordt gestreefd naar meer aandacht voor de niet-lineaire analyse en naar de opbouw van een dynamisch-systeem laboratorium.

WERKPLAN 1988

- 1 *Storingstheorie voor duale halfgroepen.* Het geval van tijdsafhankelijke lineaire storingen is inmiddels vrijwel volledig uitgewerkt, zodat de aandacht nu vooral op niet-lineaire storingen gericht zal worden. Biologisch gezien gaat het daarbij om interactie via de 'omgeving' (b.v. via consumptie van hetzelfde, beperkt voorradige voedsel). Het geval waarbij het aantal individu-toestandsvariabelen groter dan één is, vereist speciale aandacht. De samenwerking met prof.dr. Ph. Clément (TU Delft), dr. M. Gyllenberg (Helsinki University of Technology) en dr. H.R. Thieme (Universität Heidelberg) wordt onverminderd voortgezet.
- 2 *Functionaal-differentiaalvergelijkingen.* S.M. Verduyn Lunel en O. Diekmann hebben plannen voor het schrijven van een boek(je) over functionaal-differentiaalvergelijkingen, wellicht in samenwerking met H.-O. Walther (München). Om te voorkomen dat de plannen op de lange baan geschoven worden, zullen zij in de eerste helft van 1988 een college over dit onderwerp geven aan het Mathematisch Instituut van de RU

- Leiden. Er zal uitgebreid gebruik gemaakt worden van storingstheorie voor duale halfgroepen en van complexe functietheorie, met name van argumenten in termen van het exponentiële type van een analytische functie van de orde één (zoals de Paley-Wiener-stelling). Verduyn Lunel werkt aan een proefschrift over dit laatste onderwerp. Als Walther inderdaad bij het plan betrokken blijft, zal zijn bijdrage vooral liggen op het gebied van uitgewerkte voorbeelden van niet-lineaire vergelijkingen.
- 3 *Stelsels diffusievergelijkingen.* Gedurende de eerste drie maanden van 1988 zal prof. Y. Nishiura (Kyoto Sangyo University) het CWI bezoeken. Het is de bedoeling hem te vragen een serie voordrachten te geven over zijn recente werk aan stelsels niet-lineaire reactie-diffusie vergelijkingen. Door organisatorische samenwerking met de RU Leiden en de TU Delft en mogelijk nog andere universiteiten zal een landelijk karakter nagestreefd worden.
 - 4 *Nodige en voldoende voorwaarden voor 'linear chain trickery' in gestructureerde populatiemodellen.* Onder bepaalde voorwaarden op geboorte-, sterfte- en individu-groeisnelheden is het mogelijk de oneindig-dimensionale dynamische systemen die door de bijbehorende partiële differentiaalvergelijkingen gegenereerd worden volledig te beschrijven met stelsels gewone differentiaalvergelijkingen. J.A.J. Metz en O. Diekmann vorderen langzaam maar zeker met het afleiden van hiervoor nodige en voldoende voorwaarden.
 - 5 Modellen die de produktie van cellen beschrijven (denk b.v. aan de aanmaak van bloedcellen in het beenmerg) resulteren veelal in (partiële) differentiaalvergelijkingen met één of meer delays die bovendien toestandsafhankelijk kunnen zijn, hetgeen, vanuit wiskundig oogpunt, een interessant fenomeen is. In samenwerking met dr. A. Grabosch, die gedurende de periode november 1987- april 1988 als gastmedewerker aan het CWI verbonden is, zal nagegaan worden of de theorie van niet-lineaire halfgroepen gebruikt kan worden om tot een systematische aanpak van zulke problemen te komen.
 - 6 *Prooi-predator-patch-problemen.* Het gezamenlijk werk van dr. M.W. Sabelis (RU Leiden) en O. Diekmann aan modellen voor de interactie van spint- en roofmijten in een veelheid van ideale kolonies begint na een lange aanloopperiode eindelijk goed op gang te komen. Met name is vooruitgang geboekt met het afleiden van 'platgeslagen' varianten via tijdschaalargumenten. Er zal de komende tijd vooral gewerkt worden aan de stabiliteitsanalyse van dergelijke vereenvoudigde versies. Wellicht zal in de toekomst ook met prof. M. Minura (Hiroshima University) en prof. Y. Nishiura (Kyoto Sangyo University) aan ruimtelijke verspreiding gewerkt worden. Een motivatie voor het onderzoek vormt de wens meer inzicht te krijgen in het effect van allerlei biologische factoren op het al dan niet succesvol zijn van de biologische bestrijding van plagen in landbouwgewassen en/of fruitboomgaarden.
 - 7 *Kannibalisme als een strategie om moeilijke tijden te doorstaan en Epidemieën in gestructureerde populaties.* Aan deze twee onderwerpen zal

- vooral op het Instituut voor Theoretische Biologie (ITB) in Leiden gewerkt worden, respectievelijk door F. van den Bosch en A.M. de Roos en door H. Iwasa (Institute of Population Studies, Tokyo). Laatstgenoemde komt met ingang van 1 augustus 1988 twee jaar op het ITB werken en zal waarschijnlijk deels zijn werkplek op het CWI hebben.
- 8 *Niet-lineaire storingen.* Vorig jaar zijn J.A.P. Heesterbeek en H.J.A.M. Heijmans gestart met het aanpassen van een singuliere storingsstelling van Tikhonov voor zekere oneindig-dimensionale systemen. Als onderdeel hiervan zal in het komende jaar de aandacht worden gericht op reguliere storingen en Trotter-Kato-stellingen. Het doel blijft vereenvoudigende limietovergangen in niet-lineaire gestructureerde populatiemodellen te rechtvaardigen.
 - 9 *Epidemieën in seizoenen.* Een vorig jaar gestart onderzoek naar de dynamica van epidemiemodellen waar een continu stelsel gekoppeld is aan een discreet stelsel zal worden voortgezet.
 - 10 *Epidemische plantenziekten.* Een idee van dr. H.R. Thieme (Universität Heidelberg) voor het opstellen van criteria om het succes van bestrijdingsmaatregelen van plantenziekten te schatten zal worden uitgewerkt. Het is de bedoeling soortgelijke criteria af te leiden voor groepen individuen in een groot gebied.
 - 11 Het ligt in de bedoeling de samenwerking tussen het CWI, het ITB en de werkgroep Toegepaste Theoretische Biologie van de VU meer formeel gestalte te geven, met name in verband met de opleiding van Aio's en Oio's. Op onderwijsgebied wordt samen gewerkt aan een Nederlandstalig boek over modelbouw en kwantitatieve methoden. Van meer belang voor het CWI is de coördinatie van het onderzoeksbeleid. Een notitie hierover wordt bijgevoegd. Met name wordt in deze notitie in meer detail beargumenteerd, dat het wenselijk is in dit project in de nabije toekomst tenminste twee Oio's aan te stellen. Ruwweg zou één van beiden moeten werken aan halfgroeptheorie voor gestructureerde populatiemodellen en de ander aan de analyse van concrete niet-lineaire speciale gevallen, zoals prooi-predator-patch-problemen.
 - 12 De opbouw van een dynamisch-systeem laboratorium stagneert door gebrek aan mankracht. Te vermelden valt alleen de samenwerking met dr. S.A. van Gils en dr. J.A. Sanders (VU Amsterdam) op het gebied van het automatisch in normaalvorm brengen van vectorvelden en het opblazen van singulariteiten met behulp van het symbolische-formulemanipulatiepakket MACSYMA.
 - 13 De stabiliteitsanalyse van evenwichtoplossingen is vaak te herleiden tot vragen over de ligging van de wortels van transcendente vergelijkingen in het complexe vlak. Uit het oogpunt van lange termijn politiek is het raadzaam combinaties van analytische en numerieke methoden te ontwikkelen waarmee dergelijke vragen op een systematische manier beantwoord kunnen worden.

WERKPLAN NA 1988

Het bovenstaande zal niet in één jaar gerealiseerd kunnen worden en daarom zal een deel van het werk pas na 1988 uitgevoerd kunnen worden. Het is de bedoeling om bepaalde aspecten van de niet-lineaire analyse in de toekomst in het project meer aandacht te geven. Hierbij wordt met name gedacht aan de volgende twee onderwerpen:

- Analyse in de trant van J.K. Hale, L.T. Magalhaes, W.M. Oliva, *An Introduction to Infinite Dimensional Dynamical Systems - Geometric Theory* (Springer, 1984) voor (partiële) functionaaldifferentiaalvergelijkingen.
- Bifurcatietheorie in de trant van M. Golubitsky, D.G. Schaeffer, *Singularities and Groups in Bifurcation Theory* (Vol. I, Springer, 1985). Het gaat daarbij om onderzoek van zogeheten 'Organizing Centers' met behulp van analytische methoden. Symbolische manipulaties (ter berekening van normaalvormen) en numerieke experimenten zijn belangrijke hulpmiddelen zodat dit onderzoek ook aansluit bij de plannen voor de opbouw aan een dynamisch-systeem laboratorium.



TITEL: Verwerking en reconstructie van beelden

TITLE: Processing and reconstruction of images

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

- Onderzoek op het gebied van wiskundige en numerieke analyse, statistiek en informatica ter fundering van methoden voor beeldverwerking en -reconstructie.
- Ontwikkeling van algoritmen en software.
- Contacten met medici, biologen, fysici en ontwikkelingslaboratoria.

TECHNICAL ABSTRACT

- Research by means of mathematical and numerical analysis, mathematical statistics and computer science in support of methods for the processing and reconstruction of images.
- Development of algorithms and software.
- Contact with medical investigators, biologists, physicists and laboratories.

SAMENSTELLING GROEP

dr.ir. H.J.A.M. Heijmans

dr. J.B.T.M. Roerdink (projectleider)

drs. M. Zwaan

prof.dr. H.A. Lauwerier (p.m.)

dr. N.M. Temme (p.m.)

dr. P.P.B. Eggermont (gastmedewerker)

dr. J.W. van der Woude (Shell fellow)

SAMENWERKING

Dit project staat in direct verband met MS4 van de afdeling Mathematische Statistiek.

dr.ir. B.M. ter Haar Romeny (Acad. Ziekenhuis, Utrecht)

dr. J.J.M. Cuppen (Philips Medical Systems, Best)

dr. F.J. Jacobs (Koninklijke/Shell Exploratie en Productie Lab. Rijswijk)

prof.dr. J.J. Koenderink (Medische Fysica, RU Utrecht)

dr.ir. J.H. van Schuppen (CWI, afd. MB)

prof. S. Pizer (Univ. of North Carolina, Chapel Hill, USA)

prof.dr. W. Vervaat (KU Nijmegen)

AANVANG: 1985

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P150, P170

1980 Math. Subj. Class. : 69K22, 44A15, 69K40, 69L30

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Op vele terreinen krijgt men steeds meer te maken met informatie in de vorm van beelden, zoals televisiebeelden, opnamen m.b.v. röntgen- of gammastraling, satellietfoto's, radar- en sonarkaarten, enz. De (re)constructie, bewerking, transmissie en analyse van zulke beelden, die zonder de computer ondenkbaar zouden zijn, vormen thans een veelbelovend veld van studie op het grensvlak van wiskunde, informatica en techniek.

Er bestaat een grote verscheidenheid aan toepassingen waarbij de reconstructie en verwerking van beelden een rol spelen. Deze verscheidenheid weerspiegelt zich in het brede spectrum van wiskundige disciplines, die bij de beschrijving en wiskundige onderbouwing van beeldverwerking en -reconstructie betrokken zijn. Om er enkele te noemen: analyse, algebra, topologie, numerieke wiskunde, statistiek, systeemtheorie. Daarnaast speelt de informatica uiteraard een essentiële rol. Dit alles betekent dat het onderzoek op het gebied van de beeldreconstructie en -verwerking sterk multi-disciplinair van karakter is. Het feit dat zowel de zojuist genoemde wiskundige disciplines als de informatica alle op het CWI vertegenwoordigd zijn, moet als een groot voordeel worden aangemerkt bij het opzetten van een vruchtbaar onderzoek op dit terrein. Op dit moment zijn er reeds regelmatig contacten met de afdelingen MS, MB en IS.

Binnen het deelgebied van de *beeldreconstructie* wordt een belangrijke plaats ingenomen door de *computertomografie* (CT). Hieronder verstaat men de reconstructie van het inwendige van een object d.m.v. computerberekeningen uitgevoerd op meetgegevens, die verkregen zijn door straling vanuit verschillende richtingen door het object te sturen. De stralingsbron kan zich zowel buiten (transmissie-CT) als binnen (emissie-CT) het object bevinden. Als straling wordt vaak röntgenstraling gebruikt zoals in de röntgendiagnostiek, maar ook gammastraling, ultrasone golven, elektronenbundels, positronstraling enz. Een recente methode die sterk in de belangstelling staat, is gebaseerd op *kernspinresonantie* (NMR: nuclear magnetic resonance).

Deze vorm van beeldreconstructie (CT) is in diverse wetenschapsgebieden op een onafhankelijke manier naar voren gekomen. In de medische wetenschap heeft ze echter tot de meest spectaculaire ontwikkelingen geleid, getuige ook het toekennen van de Nobelprijs geneeskunde in 1979 aan A.M. Cormack en G.N. Hounsfield voor hun werk op het gebied van de computertomografie. Als industriële toepassingen van tomografie noemen we nog het testen van produkten en structuren ('nondestructive evaluation') en de reconstructie van de interne eigenschappen van de aarde uit seismische data, zoals van belang is bij de olie-exploratie.

Het geïdealiseerde wiskundige probleem dat ten grondslag ligt aan al deze toepassingen is de reconstructie van een functie, gedefinieerd in het platte vlak, uit zijn lijnintegralen. Of algemener, de reconstructie van een functie van n veranderlijken uit zijn integralen over $(n - 1)$ -dimensionale hypervlakken. Hoewel de oplossing van dit probleem, de Radon-inversie-formule, reeds in 1917 werd gegeven door Radon, wordt men in de praktijk geconfronteerd met de instabiliteit van diverse numerieke procedures, vooral bij incomplete data. De

onderliggende reden hiervoor is het slecht gesteld zijn (in de zin van Hadamard) van het reconstructieprobleem. De methoden waarmee dit probleem wordt aangepakt zijn onder te verdelen in: (i) *algebraïsche reconstructietechnieken* (ART) uit de numerieke lineaire algebra en (ii) *transformatietechnieken* (harmonische analyse, integraalvergelijkingen, speciale functies).

Doordat de hoeveelheid meetgegevens in praktische reconstructie zeer groot is, nemen statistische technieken een groeiende plaats in. Ook is er recentelijk veel ontwikkeling geweest omtrent de stereologie: Hoe kan men uit doorsneden van een object op statistische gronden uitspraken doen over het object zelf (zie CWI Monograph I, artikel van Baddeley). Tenslotte treedt bij beeldreconstructie ook altijd ruis op. Hiervoor kan men corrigeren m.b.v. statistische beeldverwerkingstechnieken zoals filteren.

Onder *beeldverwerking* verstaan we in dit kader het manipuleren met gegevens die in de vorm van beelden zijn verkregen of daarvan zijn afgeleid. Een (zwart-wit) beeld, b.v. een röntgen- of radaropname, kan wiskundig worden gerepresenteerd door een continue functie $f(r)$, waarbij de grijswaarde (luminantie) afhangt van de positie (r). Een beeld dient, alvorens het per computer verwerkt kan worden, te worden gedigitaliseerd. D.w.z. de waarde van $f(r)$ wordt bepaald in een aantal discrete punten (bemonstering), waarna deze waarden worden gekwantiseerd tot een eindig aantal discrete niveau's. Hierna kunnen allerlei bewerkingen worden uitgevoerd, zoals beeldtransformaties, beeldcodering, beeldrestauratie (filteringstechnieken), beeldsegmentatie en beeldanalyse (meten, klassificeren, patroonherkenning).

Een betrekkelijke nieuwe methode binnen de beeldverwerking is de *mathematische morfologie*, waarin de te bestuderen objecten worden beschouwd als verzamelingen van punten. Logische relaties tussen naburige punten worden gebruikt om z.g. morfologische transformaties te definiëren die veelal een duidelijke geometrische interpretatie hebben. Mathematische morfologie is duidelijk kwantitatief van karakter en heeft o.a. tot doel een goed gefundeerde methode te leveren, die het mogelijk maakt globale geometrische metingen aan een object te verrichten door successievelijke toepassing van verschillende morfologische transformaties. Hierbij spelen aspecten van de algebra (b.v. Booleaanse algebra), topologie en waarschijnlijkheidsrekening een rol.

Er is een hechte relatie tussen de mathematische morfologie en de *cellulaire logica* (cellular logic image processing: CLIP). Op dit principe zijn generaties van steeds meer verfijnde beeldverwerkingapparaten gebaseerd (Texture Analyser, CLIP1-CLIP4, DAP: distributed array processor, MPP: massively parallel processor.) De cellulaire logica kan geplaatst worden binnen het bredere kader van de cellulaire automaten. De pijlers van de mathematische morfologie worden gevormd door het werk van Serra (1982) en Matheron (1975), beiden werkzaam op het 'Centre de Morphologie Mathématique' te Fontainebleau, Frankrijk.

Een andere interessante categorie van beeldverwerkingstechnieken wordt aangeduid met de term 'multi-resolutie methoden'. Het idee is hier om gelijktijdig verschillende resolutieniveau's in een beeld te beschouwen (Rosenfeld, 1984). In het geval van continubeelden is er een aanzet tot theorievorming

m.b.v. begrippen uit de differentiaalmeetkunde en topologie.

Bij de segmentatie en restauratie van door ruis vervormde beelden past men vaak statistische technieken toe, zoals lineaire discriminantanalyse. Er zijn interessante nieuwe ontwikkelingen op dit gebied. Een voorbeeld is de stochastische relaxatiemethode van Geman en Geman [11], waarin verscheidene elementen uit de statistische fysica (stochastische Markov-velden, Gibbs-distributies, Ising-modellen) zijn terug te vinden. Behalve in de beeldverwerking wordt deze methode ook gebruikt in de combinatorische optimalisering.

De mogelijke toepassingsgebieden van digitale beeldverwerking zijn zeer talrijk. In de medische diagnostiek zijn beeldverwerkingstechnieken een belangrijk hulpmiddel bij de kwantitatieve analyse van de inmiddels klassieke röntgenfoto's en de met behulp van moderne reconstructietechnieken verkregen CT- en NMR-opnamen. In het biomedisch onderzoek (celonderzoek, chromosoomanalyse) worden beeldverwerkingstechnieken gebruikt bij de analyse van beelden die met behulp van elektronen- of lasermicroscopen zijn verkregen. Een derde toepassing is de analyse van satellietfoto's voor het doen van weers- of oogstvoorspellingen (remote sensing). Ten vierde, inverse scattering en beeldanalyse van seismische data. Als laatste toepassingsgebied noemen we de industrie, waar men geïnteresseerd is in geautomatiseerde produktinspectie, als ook in het aanbrengen van een visueel systeem in robots.

Literatuur

- 1 G.T. HERMAN (1980). *Image Reconstruction from Projections, the Fundamentals of Computerized Tomography*, Academic Press, New York.
- 2 S.R. DEANS (1983). *The Radon Transform and some of its Applications*, John Wiley & Sons, New York.
- 3 F. NATTERER (1986). *The Mathematics of Computerized Tomography*, John Wiley & Sons and B.G. Teubner, Stuttgart.
- 4 W.S. HINSHAW, A.H. LENT (1983). An introduction to NMR imaging: From the Bloch equation to the imaging equation. *IEEE Proc.* 71, 338-350.
- 5 R.M. LEWITT (1983). Reconstruction algorithms: Transform methods. *IEEE Proc.* 71, 390-408.
- 6 P.R. LOCHER (1981). Afbeeldingen van doorsneden van het menselijk lichaam met behulp van proton-kern-spinresonantie. *Ned. Tijdschr. v. Natuurkunde A* 47, 114-118.
- 7 A. ROSENFELD, A.C. KAK (1982). *Digital Picture Processing*, Academic Press, New York (2nd ed., Vols I and II).
- 8 J. SERRA (1982). *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press, New York.
- 9 G. MATHERON (1975). *Random Sets and Integral Geometry*, John Wiley, New York.
- 10 K.R. CASTLEMAN (1979). *Digital Image Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- 11 S. GEMAN, D. GEMAN (1984). Stochastic relaxation, Gibbs distributions,

- and the Bayesian restoration of images. *IEEE Trans., PAMI-5*, 721-742.
- 12 E.R. WEIBEL (1980). *Stereological Methods*, Vols 1 and 2, Academic Press, London.
 - 13 M.J.B. DUFF, T.J. FOUNTAIN (1986). *Cellular Logic Image Processing*, Academic Press, London.
 - 14 K. PRESTON, M.J.B. DUFF (1984). *Modern Cellular Automata*, Plenum Press, New York.
 - 15 S. WOLFRAM (1986). *Theory and Applications of Cellular Automata*, World Scientific, Singapore.
 - 16 A. ROSENFELD (1984). *Multiresolution Image Processing and Analysis*, Springer Series in Information Sciences 12.

WERKPLAN 1988

Tesamen met de afdeling MS is in 1986 in de werkgroep 'Analyse van Beelden' aandacht besteed aan diverse aspecten van beeldverwerking, met name de mathematische morfologie. Daarnaast is door de themadag en het najaarscolloquium 'Beeldverwerking: Theorie en Praktijk', beide in 1986 gehouden, een uitgebreid overzicht verkregen van de verschillende toepassingen van de beeldverwerking- en reconstructie, alsmede van de onderwerpen die zich het meest lenen voor een nadere wiskundige bestudering. Ook zijn er vele contacten gelegd met wiskundigen, als ook toepassingsgerichte onderzoekers uit wetenschap, techniek en industrie. Een aantal van deze contacten is in 1987 nader uitgekristalliseerd.

Voor wat de afdeling TW betreft, heeft dit geleid tot het volgende onderzoeksprogramma:

- 1 *Reconstructie van NMR-beelden*. Bedoeling van het onderzoek is de bestudering van reconstructieproblemen van bewegende objecten. De vraagstelling is ontstaan door contacten met Philips Medical Systems Division te Best (dr. J.J.M. Cuppen). De precieze wiskundige modelformulering vormt de eerste fase van het onderzoek. Daarnaast zal aandacht besteed worden aan numerieke algoritmen en software voor het daadwerkelijk uitvoeren van reconstructies. Ondersteuning op dit punt door Philips MSD is toegezegd.
- 2 *Mathematische morfologie*. Uitgaande van de door Serra e.a. ontwikkelde theorie zal onderzoek worden verricht op het gebied van de mathematische morfologie. Met name zal aandacht worden besteed aan:
 - a. Uitdieping van de abstracte theorie, met aandacht voor algebraïsche en topologische aspecten;
 - b. Beelden met meer dan twee grijswaarden;
 - c. Statistische aspecten (i.s.m. MS 4).

Contacten met de groep van Serra in Fontainebleau zijn reeds gelegd. Door J. Serra zijn in het najaar van 1987 in het kader van een seminarium 'Mathematische Morfologie' enkele gastcolleges op het CWI verzorgd.

- 3 *Inverse verstrooiing en beeldverwerking van seismische data*. Dit project zal worden uitgevoerd in samenwerking met het Koninklijke/Shell Exploratie en Productie Laboratorium te Rijswijk (dr. F.J. Jacobs) en de afdeling

MB (dr.ir. J.H. van Schuppen). Doel is het verder ontwikkelen van technieken om uit seismische signalen de structuur van aardlagen te reconstrueren (inverse verstrooiing). In eerste instantie ligt de nadruk op een systeem-theoretische uitwerking van een één-dimensionaal model. In een later stadium zal dan een twee-dimensionaal model aan de orde komen, waarbij de toepasbaarheid van beeldverwerkingstechnieken wordt onderzocht.

- 4 *Apparatuur.* Er wordt gestreefd naar spoedige introductie van beeldverwerkingsapparatuur in de vorm van grafische werkstations en/of apparatuur op PC-basis, plus de benodigde randapparatuur. Aanschaf en ontwikkeling van software voor het uitvoeren van beeldverwerkings- en reconstructietechnieken is hierbij onmisbaar.

WERKPLAN NA 1988

Alle bovengenoemde projecten worden na 1988 voortgezet. Er wordt gestreefd naar verdergaande samenwerking met Philips MSD en het KSEPL te Rijswijk. De mogelijkheid van nieuwe onderzoeksopdrachten en de organisatie van cursussen, workshops, etc. wordt onderzocht.

Afhankelijk van de in 1988 opgedane ervaringen wordt het onderzoek uitgebreid met nieuwe onderwerpen. In het bijzonder wordt gedacht aan:

- 1 *Cellulaire automaten en beeldverwerking.* De toepassing van de theorie van cellulaire automaten in de beeldverwerking ('cellular logic image processing') wordt onderzocht. De aandacht gaat enerzijds uit naar theoretische aspecten, dit in het kader van het deelproject 'Mathematische Morfologie' (zie Werkplan 1987), anderzijds naar de rekentechnische aspecten. De mogelijkheid van samenwerking met de afdeling Numerieke Wiskunde zal worden nagegaan.
- 2 *Multi-resolutiemethoden.* Het onderzoek richt zich op multi-resolutiemethoden voor bewegende beelden. Het aspect van beweging sluit tevens aan bij de deelprojecten 1 en 2b van het Werkplan 1988. Contacten hierover bestaan reeds met prof. J.J. Koenderink en prof. S. Pizer.

Tenslotte wordt de wenselijkheid van nadere aanschaf van beeldverwerkingsapparatuur en software onderzocht.

Afdeling

Mathematische Statistiek

In de mathematische statistiek zijn er internationaal thans twee belangrijke drijvende krachten: toepassing in steeds meer wetenschapsgebieden, bijvoorbeeld in de psychometrie, econometrie, demografie, epidemiologie, enz., en het gebruik van nieuwe middelen uit de informatica zoals technieken voor beeldverwerking (waarbij beelden zowel *input* als *output* kunnen zijn). Daarbij vertonen enerzijds de te analyseren gegevens een steeds ingewikkelder structuur, maar zijn anderzijds de mogelijkheden om juist hierbij de computer in te schakelen ook enorm toegenomen. Door toegenomen complexiteit van data en daarbij gesteund door toegenomen rekenmogelijkheden is het mogelijk ook veel complexer en daarbij veel realistischer modellen te entameren en succesvol te analyseren.

Conform deze ontwikkelingen is het onderzoek op het CWI gecentreerd, wetenschappelijk gezien, rond het bedrijven van statistiek in situaties waar parameters of waarnemingen (data) zich niet in eindig-dimensionale Euclidische ruimten bevinden (een klein aantal numerieke gegevens), maar in verzamelingen van veel ingewikkelder structuur. Dit gebied is door U. Grenander *abstract inference* genoemd, vanwege de 'abstracte ruimten' die er in voorkomen. Ondanks de naam richt het juist op de meest dringende praktische vragen uit de toegepaste statistiek; tegelijkertijd vormt het (internationaal) de natuurlijke voortzetting van de interne ontwikkelingen in de theoretische statistiek van de laatste jaren, in het bijzonder de samensmelting van de eerder uit elkaar gegroeide gebieden van *parametrische* en van *niet-parametrische* statistiek.

Hoewel er vele dwarsverbanden bestaan tussen de beneden beschreven projecten en andere op het CWI, is het verhelderend de onderzoekplannen in de volgende vier projectgroepen onder te brengen:

- MS1 Semiparametrische statistiek;
- MS2 Stochastische processen;

MS3 Toegepaste statistiek;
MS4/TW4 Analyse en (re)constructie van beelden.

Door diverse omstandigheden in de personele sfeer, zijn alle projecten sterk onderbemand. Deze situatie wordt verergerd door een groot gebrek aan geschikte kandidaten in Nederland (dit probleem is landelijk bekend), en door de wenselijkheid nieuwe initiatieven op het gebied van beeldanalyse (MS 4.1) en computational statistics (MS 3.7) te ontplooiën.

In de eerste en tweede projectgroep worden de twee kanten van 'abstract inference' (abstracte parameter respectievelijk waarneming) bestudeerd; hier is het fundamenteel onderzoek van de afdeling geconcentreerd. Het eerste project, vormt een spil tussen het onderzoek aan toegepaste statistiek enerzijds en stochastische processen anderzijds. De CWI-medewerkers in dit project participeren in het landelijk ZWO-project 'Statistiek voor grote parameterruimten'. Behalve statistisch onderzoek (inclusief een STW-project) vindt in de tweede projectgroep fundamenteel onderzoek plaats in de theorie van stochastische processen. Dit is van groot belang als onderbouwing voor het statistisch analyseren van beelden, nog afgezien van de verbanden met ander onderzoek naar stochastische processen op het CWI en van de beoogde samenwerking met theoretisch natuurkundigen.

In de derde projectgroep zijn de accenten omgekeerd; hier zijn vooral de impulsen uit de praktijk van belang en de uitbuiting van de mogelijkheden van de moderne informatica (interactieve grafische statistische data-analyse, geïntegreerde rapport-generatie). Het beleid is de komende jaren erop gericht, de expertise op het CWI met betrekking tot het innovatieve gebruik van moderne statistische pakketten, zowel voor mainframe als voor micro, te vergroten en over te dragen. Dit is ook van vitaal belang voor het voortdurend kunnen aantrekken van wetenschappelijk stimulerende en vruchtbare consultaties en samenwerkingsverbanden (waarvan er op dit ogenblik een tiental in zeer diverse disciplines lopen).

Het vierde aandachtsgebied is een specifiek onderdeel, en waarschijnlijk het meest significante, van het raakvlak tussen statistiek en informatica: statistische analyse van beeldmateriaal, en het gebruik van methoden uit de stochastiek bij beeldanalyse. Hier vindt intensieve samenwerking met de afdeling TW plaats en het beleid is erop gericht in de toekomst ook de afdeling IS hierbij te betrekken; afgezien hiervan en van internationale contacten en ondersteuning bestaat al nauwe samenwerking met informatici van de Universiteit van Amsterdam, met een statisticus van ITI-TNO, en met toepassers, voornamelijk in medisch en biologisch onderzoek. Deze net gestarte, strategisch zeer belangrijke projectgroep moet zeer urgent worden onderbouwd met de aanstelling van een aantal nieuwe medewerkers. Binnen de afdeling heeft de opbouw van MS 4, door het aantrekken op zeer korte termijn van één of twee medewerkers, de hoogste prioriteit. Als tweede prioriteit geldt de versterking van de fundamentele onderzoeksprojecten MS1 en MS2 door het aantrekken van een paar medewerkers. Pas daarna is het verantwoord, MS 3 te versterken.



TITEL: Semiparametrische statistiek

TITLE: Semiparametric statistics

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Het afleiden van statistische procedures en het bepalen van hun eigenschappen bij semiparametrische modellen; d.w.z. modellen die deels parametrisch, deels niet-parametrisch van aard zijn. Verder, het toepassen van technieken uit de parametrische statistiek bij niet-parametrische modellen; i.h.b. schattingstheorie. De deelprojecten zijn:

MS 1.1 Semiparametrische schattingstheorie;

MS 1.3 Stochastische censurering;

MS 1.4 Bootstrapmethoden;

MS 1.5 Order statistics;

MS 1.6 Statistiek voor steekproefuitersten.

TECHNICAL ABSTRACT

The construction of statistical procedures and the derivation of their properties for semiparametric models; i.e. models which are partly parametric and partly nonparametric in character. Furthermore, the application of techniques from parametric statistics in nonparametric models; in particular estimation theory. Subprojects are:

MS 1.1 Semiparametric estimation theory;

MS 1.3 Stochastic censoring;

MS 1.4 Bootstrap methods;

MS 1.5 Order statistics;

MS 1.6 Statistics for sample extremes.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. R.D. Gill (projectleider)

dr. K.O. Dzhaparidze

dr. R. Helmers

drs. A.L.M. Dekkers

prof.dr. L. de Haan (adviseur)

wetenschappelijk medewerker 2

SAMENWERKING

prof. J.A. Wellner (Seattle, USA), prof. N. Keiding, prof. S. Johansen, dr. P.K. Andersen (Kopenhagen, Denemarken), prof. P. Janssen (Diepenbeek, België), dr. J. Mau (Tübingen, BRD), dr. J. Beirlant (Leuven, België), dr. Ø. Borgan (Oslo, Noorwegen), prof. R.J. Serfling (Johns Hopkins Univ., Baltimore, USA), ZWO-project 'Statistiek voor grote parameterruimten'

AANVANG: 1984 (sommige deelprojecten eerder)

CLASSIFICATIECODES:

ZWO-classificatie : P160

1980 Math. Subj. Class. : 62G05, 62G20, 62F35, 62E20, 62M99, 62P99

TITEL DEELPROJECT

MS 1.1 Semiparametrische schattingstheorie

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De laatste jaren zijn semiparametrische modellen zeer populair geworden in verschillende toepassingsgebieden van de statistiek, i.h.b. de biometrie. Het idee is om de voordelen van zowel de parametrische schattingstheorie als de niet-parametrische toetsingstheorie te verenigen, door een verschijnsel zoveel mogelijk niet-parametrisch te modelleren (d.w.z. zonder veronderstellingen van parametrische aard over de onderliggende verdeling) en alleen het deel van het verschijnsel waarin men speciaal belang stelt, parametrisch te modelleren. Op deze manier is het mogelijk preciese kwantitatieve conclusies te trekken over het primaire deel van het verschijnsel, zonder dat verder niet-realistische veronderstellingen worden gemaakt.

Zo langzamerhand is een theorie tot stand gekomen, die het best mogelijke asymptotisch gedrag van schatters in semiparametrische modellen karakteriseert. Dit gebeurt m.b.v. een oneindig-dimensionaal analogon van Fisher's informatie matrix en zijn inverse; zie J.M. BEGUN, W.J. HALL, W.M. HUANG, J.A. WELLNER (1983): Information and asymptotic efficiency in parametric - non-parametric models, *Ann. Statist. 11*, 432-452. Nog steeds is echter niet duidelijk hoe men in deze zin optimale schatters kan construeren.

Specifieke semiparametrische modellen worden ook bestudeerd in MS 1.3, MS 1.6, MS 2.2 en MS 3.8.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. R.D. Gill

dr. K.O. Dzhaparidze

AANVANG: 1983

WERKPLAN 1988

Het onderzoek aan de NPMLE ('non-parametric maximum likelihood estimator') als gegeneraliseerde M-schatter zal worden voortgezet, met de bedoeling de tot nu toe verkregen resultaten van R.D. Gill over parameters in $D[0,1]$ en van C.C. Heesterman over het Euclidische geval te combineren en generaliseren tot het geval van een algemene genormeerde vectorruimte. De theorie moet speciale gevallen zoals de Cox-regressiemodel (zie MS 2.2), de Clayton-Cuzick 'frailty' model (zie MS 1.3), en Vardi's model voor 'selection bias' kunnen bevatten en verklaren. Er zal worden samengewerkt met A.D. van der Vaart (VU Amsterdam).

Mits het projectaanvraag door ZWO wordt gehonoreerd, zal S.A. van de Geer op het CWI onderzoek verrichten in het kader van het landelijk ZWO-project 'Statistiek voor grote parameter ruimten' na het toepassen van moderne empirische procestheorie (Pollard, Alexander, Dudley) op semiparametrische modellen in het algemeen. Het is gebleken dat technieken gebaseerd op

metrische entropie en Vapnik-Cervonenkis-klassen van bijzondere nut en kracht zijn, bij het afleiden van asymptotische resultaten over kleinste kwadraten schatters bij zowel parametrische (niet-standaard) als niet-parametrische regressie-analyse. De toepassing van deze technieken bij schatters die andere afstandsmaten minimaliseren zal worden onderzocht.

Verder zal er worden samengewerkt met J.A. Wellner (Seattle) over 'selection-bias' modellen, met K. van Montfort (ZWO/RU Leiden) over het 'errors in variables' regressiemodellen, en met J. Beirlant (Leuven) over de bivariate en tweezijdige censureringsproblemen.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek, afhankelijk van de eerder verkregen resultaten. In het bijzonder zal in het kader van het ZWO-project 'Statistiek voor grote parameterruimten' met statistici van KU Nijmegen, RU Leiden, VU Amsterdam en Universiteit van Amsterdam worden samengewerkt.

TITEL DEELPROJECT

MS 1.3 Stochastische censurering

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Stochastische censurering is het verschijnsel, vaak voorkomend bij metingen van levensduren of overlevingsduren, dat men voor sommige proefobjecten alleen een ondergrens voor het bijbehorende tijdsinterval aan kan geven. In de laatste twintig jaar is dit onderwerp sterk tot ontwikkeling gekomen in de statistiek, vooral door de toename van grootschalige klinische proeven ter vergelijking van verschillende behandelingen in het kankeronderzoek en van het testen van de carcinogeniteit van nieuwe producten m.b.v. dierproeven. Ook in industriële 'life-testing' komt censurering vaak voor.

Het onderzoek in dit deelproject ligt op het grensvlak tussen projecten MS 1 en MS 2. In het bijzonder heeft het sterke aanknopingspunten met MS 1.1 en MS 2.2. Censurering wordt in een stochastisch proces context opgevat, namelijk als het *filteren* van een multivariate *telproces*. Tegelijkertijd zijn de belangrijkste statistische modellen op dit gebied niet- of semi-parametrisch van aard; bijvoorbeeld het Cox-regressiemodel.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. R.D. Gill

AANVANG: 1982

WERKPLAN 1988

- 1 Eind dit jaar of begin 1989 moet een eerste versie van een boek 'Statistical models for counting processes' (P.K. Andersen, Ø. Borgan, R.D. Gill & N. Keiding) gereedkomen. Werk hieraan zal de hoofdmoot vormen van het werk in dit deelproject, en ook de afronding daarvan. In het bijzonder zal verder onderzoek worden gedaan aan een telproces formulering van Clayton & Cuzick's semiparametrisch model voor afhankelijke levensduren. Het afleiden van asymptotische eigenschappen van de NPMLE (niet-parametrisch maximum likelihood estimator) in dit model is een nog steeds onopgelost probleem. Met J. Mau (Tübingen) zal worden samengewerkt bij het toepassen van dit model voor levensduur van tandimplantaties. Verder zal een overzicht worden gemaakt van problemen met 'gemengde tijdschalen', bijvoorbeeld kalendertijd versus individuele operationele tijd.
- 2 In eerdere samenwerking met demografen van het NIDI en met epidemiologen van het RIVM is aandacht gegeven aan *gegroepeerde* en *retrospectieve* waarnemingen aan een telproces: dat wil zeggen, het proces wordt in het ene geval alleen *gedeeltelijk* waargenomen (aantal gebeurtenissen in bepaalde tijdsintervallen) en in het andere geval alleen waargenomen, *voorwaardelijk* op het uiteindelijk bereiken van bepaalde toestanden. Momenteel doen zich hier interessante ontwikkelingen voor; bijvoorbeeld Prentice en Self in de USA hebben nieuwe opzetten voor

retrospectieve *case-control* studies ontwikkeld, waarbij allerlei varianten van de Cox partiële aannemelijkheid aan de orde komen, en Keiding in Denemarken heeft ontdekt dat klassieke semiparametrische problemen zoals 'het schatten van een monotone dichtheid' naar voren komen bij 'cross-sectional' en retrospectieve steekproeven.

De bedoeling is de samenwerking met toepassers voort te zetten bij het verkennen van dit boeiende en grote terrein, en tezelfdertijd een nieuw deelproject in MS 2 of MS 3 op te zetten.

- 3 In 1987 is een samenwerking gestart met G. Moek (NLR) en een drietal afstudeerders van de RU Utrecht over statistische modellen voor software reliability. Het gaat om het modelleren van de tijdsverloop in het zich manifesteren van nieuwe 'bugs' in een grote software systeem, met de bedoeling het aantal nog onontdekte bugs op een gegeven ogenblik te schatten. Met behulp van martingaal theorie worden de eigenschappen bestudeerd van schatters in een aantal gangbare modellen (Musa, Goel en Okumoto, Littlewood) en diagnostische technieken voor modelcontrole ontwikkeld. Dit onderzoek zal in 1988 worden afgerond met het voorbereiden van een publikatie.

WERKPLAN NA 1988

Het deelproject wordt eind 1989 afgesloten. De werkzaamheden onder punten 1 en 3 hierboven zijn dan afgerond; punt 2 groeit wellicht in een nieuw deelproject van MS2 of MS3.

TITEL DEELPROJECT
MS 1.4 Bootstraphethoden

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Bootstraphethoden zijn sinds de publikatie van het artikel 'Bootstrap methods: another look at the jackknife' van B. Efron in 1979 sterk in de belangstelling komen te staan. De bootstrap is, evenals de verwante jackknife methode, een bij veel statistische problemen toepasbare methode om de variabiliteit van statistische grootheden te schatten. Onderzoek naar de bruikbaarheid en asymptotische eigenschappen van de bootstrap is internationaal in volle ontwikkeling.

Bootstraphethoden zijn in brede zin als 'semiparametrisch' te beschouwen: men gebruikt niet-parametrische methoden gebaseerd op empirische verdelingsfuncties om de nauwkeurigheid van schattingen in (o.m.) parametrische modellen te bepalen. De bootstrap wordt toegepast in de statistische consultatie, MS3.4.

Referenties

- 1 G. JOGESH BABU, K. SINGH (1983). Inference on means using the bootstrap. *Ann. Stat.* 11, 999-1003.
- 2 L. ABRAMOVITCH, K. SINGH (1985). Edgeworth corrected pivotal statistics and the Bootstrap. *Ann. Stat.* 13, 116-132.
- 3 R. HELMERS (1987). *On the Edgeworth Expansion and the Bootstrap Approximation for a Studentized U-statistic*, CWI rapport, verschijnt binnenkort.

SAMENSTELLING GROEP

dr. R. Helmers
wetenschappelijk medewerker 2

AANVANG: 1984

WERKPLAN 1988

Het onderzoek naar bootstraphethoden zal worden voortgezet in de volgende richtingen. In de eerste plaats zal onderzoek worden gedaan in het verlengde van R. HELMERS (1987): *On the Edgeworth expansion and the bootstrap approximation for a studentized U-statistic*. In het bijzonder zal aandacht worden besteed aan de constructie van bootstrap betrouwbaarheidsintervallen, gebaseerd op gegeneraliseerde L-statistics, welke ook in tweede orde, in zekere zin, asymptotisch optimaal zijn. Hierbij zal worden samengewerkt met P. Jansen (Diepenbeek) en R.J. Serfling (Baltimore).

Ook zal nader onderzoek plaatsvinden naar de rol van gladheidsassumpties bij het bewijzen van asymptotische optimaliteitseigenschappen van de bootstrap. Hierbij zal met name aandacht worden besteed aan het recente werk van R. Beran (*Ann. Statist.*, 1984).

Verder zal het asymptotisch gedrag van jackknife en bootstrapschatters in meer gecompliceerde modellen met weinig veronderstellingen worden bestudeerd. We denken hierbij in het bijzonder aan regressiemodellen en aan statistische analyses gebaseerd op drempelmethoden (zie deelprojecten MS 1.6 en MS 3.4). Vooral zal worden gekeken naar situaties waarin meer klassieke methoden niet goed bruikbaar zijn.

Tenslotte is het de bedoeling in 1988 een cursus 'bootstrapmethoden' bestemd voor potentiële gebruikers van bootstrapmethoden (en verwante rekenintensieve technieken zoals de jackknife) in de industrie en bij de overheid te organiseren.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek, afhankelijk van eerder verkregen resultaten.

TITEL DEELPROJECT

MS 1.6 Statistiek voor steekproefuitersten

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

In de 1-dimensionale extreme-waarden-theorie is men sinds het artikel van J. Pickands 'Statistical inference using extreme order statistics' geleidelijk meer aandacht gaan geven aan drempelmethoden. Deze lijken meer natuurlijk en benutten de steekproefinformatie vollediger dan het klassieke gebruik van steekproefuitersten. Er is grote behoefte aan praktisch bruikbare en asymptotisch aanvaardbare schattingen, gebruik makend van drempelmethoden. De theorie houdt verband met een generalisatie van de z.g. Hillschatter, waaraan de laatste tijd veel onderzoek wordt gedaan.

In de meer-dimensionale extreme-waarden-theorie zijn drempelmethoden (en überhaupt statistische methoden) nieuw. De ontwikkeling en bestudering daarvan zijn direct van belang voor praktijkproblemen. De problemen vertonen 'semiparametrische' aspecten door het verschijnen van een willekeurige kansverdeling als parameter in de limietverdeling van meer-dimensionale extreme-waarden. Verder worden alleen veronderstellingen gedaan over het gedrag in de staarten van de verdeling van de geobserveerde variabelen.

Dit deelproject is voortgekomen uit MS 3.4 (Statistische consultatie).

Referenties

- 1 J. PICKANDS III (1975). Statistical inference using extreme order statistics. *Ann. Statist.* 3, 119-131.
- 2 B.M. HILL (1975). A simple general approach to inference about the tail of a distribution. *Ann. Statist.* 3, 1163-1174.

SAMENSTELLING GROEP

dr. R. Helmers (projectleider)
 prof.dr. L. de Haan (adviseur)
 drs. A.L.M. Dekkers

AANVANG: 1986

WERKPLAN 1988

Nader onderzoek zal plaatsvinden naar verschillende schatters voor de index van een extreme-waarden-verdeling. Hierbij kan worden aangesloten op de tot nu toe door A.L.M. Dekkers en L. de Haan verkregen resultaten betreffende de consistentie en asymptotische normaliteit van een gegeneraliseerde Hillschatter en van een schatter voorgesteld door J. Pickands. Ook schattingmethoden verwant aan 'meeste aannemelijkheid' zullen worden onderzocht.

WERKPLAN NA 1988

Afhankelijk van de verkregen resultaten. Hopelijk zal het onderzoek leiden tot een promotie in 1990.



TITEL: Stochastische processen

TITLE: Stochastic processes

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Fundamenteel onderzoek naar stochastische processen met speciale nadruk op processen in ruimte én tijd en onderzoek naar de statistische analyse van bepaalde stochastische processen. De deelprojecten zijn:

MS 2.1 Stationaire processen en hun toepassingen in de fysica;

MS 2.2 Statistische analyse van stochastische processen;

MS 2.3 Statistische analyse van verkeersstromen.

TECHNICAL ABSTRACT

Fundamental research on stochastic processes with special emphasis on processes in space and time, and research on the statistical analysis of particular stochastic processes. The subprojects are:

MS 2.1 Stationary processes and their applications in physics;

MS 2.2 Statistical analysis of stochastic processes;

MS 2.3 Statistical analysis of traffic streams.

SAMENSTELLING GROEP

dr. H.C.P. Berbee (projectleider)

dr. K.O. Dzhaparidze

prof.dr. R.D. Gill

drs. E.A.G. Weits (STW)

prof.dr. P. Groeneboom (adviseur)

wetenschappelijk medewerker 3

wetenschappelijk medewerker 4 (p.m.)

SAMENWERKING

Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat

prof. R. Chitashvili (Tbilisi, USSR)

dr. E. Valkeila (Helsinki, Finland)

AANVANG: 1981

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P160

1980 Math. Subj. Class. : 60G10, 60G44, 60G55, 60G60, 60K30,
62M10, 62M99, 90B20, 60J99, 60K05, 60K35

TITEL DEELPROJECT

MS 2.1 Stationaire processen en hun toepassingen in de fysica

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Een stationair proces heeft een afhankelijkheidsstructuur die op diverse wijzen kan worden bestudeerd. Een ruime klasse van dergelijke processen is de klasse van functionalen op een Markov-keten. In de theorie der Markov-representatie poogt men uit te zoeken, voor welke stationaire processen zo'n omschrijving te geven is. In de fysica wordt een andere klasse van processen beschreven door 'interactie'; dit is een beduidend ander gezichtspunt. Een hoofddoel van dit deelproject is dit laatste gezichtspunt te gebruiken als gereedschap bij het onderzoek naar Markov-processen. Dit is een boeiend terrein waar nog belangwekkende ontdekkingen gedaan kunnen worden. Van speciale interesse is het geval van een meer-dimensionale rooster van stochastische variabelen, en de tijdsevolutie van zo'n systeem. In de statistische mechanica construeert men evenwichtskansmaten uit de interactie tussen deeltjes op een rooster. De vraag naar de eventuele uniciteit van deze kansmaten is verbonden met het verschijnsel van fase-overgang. Een techniek is al ontwikkeld om dit te bestuderen met behulp van een daarmee verband houdende Markovketen. Op de achtergrond speelt dualiteit; vergelijk de algemene toepassingen van dualiteit in LIGGETT (1985): *Interacting Particle Systems* (Springer). De rol hiervan kan wellicht nog aanzienlijk beter worden uitgebuit. Ook geeft de techniek een nieuw type ongelijkheden. De problematiek heeft raakvlakken met andere terreinen: filevorming uit de verkeerstheorie is misschien gerelateerd met fase-overgang (zie MS 2.3); en tijdsontwikkeling voor deeltjessystemen is verwant aan ontwikkeling van cellulaire automaten in de informatica. Deze modellen zijn ook heel belangrijk in de beeldanalyse (MS4).

SAMENSTELLING GROEP

dr. H.C.P. Berbee (projectleider)
wetenschappelijk medewerker 4 (p.m.)

SAMENWERKING

dr. J.B.T.M. Roerdink (TW)

AANVANG: 1981

WERKPLAN 1988

Het onderzoek naar uniciteit van de Gibbs-verdeling van een meer-dimensionale rooster van stochastische variabelen, met behulp van een verbeterde Perron-Frobeniusstelling van Ruelle, zal worden voortgezet.

Verder zal het kanstheoretisch aspect van de beeldanalyse worden verkend. Speciaal wordt daarbij gedacht aan de betekenis van discretisatie (anisotropie en maaswijde effecten), en aan het recente werk van X. Guyon en A. Künsch over het schatten en modelleren van Markov-velden.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek, eventueel met nieuwe onderwerpen.

TITEL DEELPROJECT

MS 2.2 Statistische analyse van stochastische processen

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

In vele toepassingen wil men statistische conclusies trekken over een parameter (eindig- of oneindig-dimensionaal) van de compensator in de Doob-Meyer-ontbinding van een semimartingaal. Een speciaal voorbeeld hiervan is het Cox-regressiemodel voor gecensureerde overlevingsduren, zoals gegeneraliseerd naar telprocessen (zie deelproject MS 1.3). De doelstelling is klassieke methoden uit de statistiek uit te breiden naar deze situatie; met speciale aandacht voor telprocessen, niet-lineaire tijdreeksen enz. Er zijn veel verbanden met MS 1.1 en MS 1.3.

SAMENSTELLING GROEP

dr. K.O. Dzhaparidze
wetenschappelijk medewerker 3

AANVANG: 1984

WERKPLAN 1988

Het onderzoek zal worden voortgezet in drie richtingen.

Ten eerste zal er worden gekeken naar asymptotische eigenschappen van de MLE ('maximum likelihood estimator') in situaties waarin de waarnemingen zelf een willekeurige afhankelijkheidsstructuur hebben. Een aantal onderzoekers (Vostrikova, Vostrikova & Valkeila, Lazrnèva & Torondzhadze, etc.) is het gelukt, in het geval de parameter een scalaire is, de martingaal eigenschappen van de 'likelihood process' uit te buiten om asymptotische resultaten af te leiden. Een generalisatie naar het vector geval ligt niet voor de hand. De hoop bestaat echter, dat recente resultaten van Dzhaparidze met Valkeila (Helsinki) en Sieders (Delft) elegant toegepast zullen kunnen worden in het vector en soms zelfs in het oneindig-dimensionale geval.

Ten tweede zal er worden gepoogd de net beschreven technieken te combineren met resultaten van Jacod over martingaal eigenschappen van een 'partial likelihood process', om eerder werk van Dzhaparidze over de Cox-regressiemodel uit te breiden tot algemene 'maximum partial likelihood estimators'.

Ten derde zal onderzoek samen met Chitashvili, Lazrnèva en Torondzhadze (Tbilisi) worden voortgezet over *partiële gespecificeerde modellen*; denk aan regressie-analyse en tijdreeksenanalyse waarin alleen eerste resp. tweede orde karakteristieken van een proces worden gemodelleerd. De eerste probleem is al om een geschikte formulering van het begrip (*asymptotische*) *optimaliteit van een schatter* te vinden.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek in vooral de derde boven beschreven richting.

TITEL DEELPROJECT

MS 2.3 Statistische analyse van verkeersstromen

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Bij het detecteren van onregelmatigheden en wijzigingen in verkeersstromen op de snelweg worden bepaalde parameters zoals gemiddelde snelheid en gemiddelde volgtijd gemeten. Voor een goede detectie van onregelmatigheden is het van groot belang het statistisch gedrag van deze parameterschattingen te kennen. Getracht zal worden, in nauwe samenwerking met Rijkswaterstaat, stochastische modellen voor de verkeersstromen te ontwikkelen en tevens de betrouwbaarheid van de uit deze modellen voortvloeiende parameterschattingen te bepalen. De modellen zullen worden getoetst aan de hand van gegevens van de dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat.

De resultaten van het onderzoek zijn van belang voor capaciteitsbepalingen van een snelweg en voor het opsporen van kwalitatieve veranderingen in de verkeersstromen ten bate van signaleringssystemen.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. R.D. Gill (p.m.)
prof. dr. P. Groeneboom (adviseur)
drs. E.A.G. Weits (STW)

AANVANG: 1984

WERKPLAN 1988

Bepaalde stochastische modellen die het ontstaan en verloop van schokgolven en de verplaatsing en aangroeiing van verstoringen beschrijven, zullen nader worden bestudeerd.

Het gaat hier om de oplossing van een oneindig-dimensionale stochastische differentiaalvergelijking, die de tijdsontwikkeling van de verkeersdichtheidsfunctie (over de ruimte) beschrijft. De eerste taak is om voorwaarden op te stellen, waaronder er een *stationaire* oplossing bestaat. Het lijkt erop, dat dit alleen mogelijk is onder stringente randvoorwaarden. Hier zal worden voortgebouwd op werk van Ito (1984) en Funaki (1983).

Vervolgens zal worden onderzocht welk effect de introductie van een tijdsafhankelijke driftterm (bijv. corresponderend met een toenemende intensiteit van het verkeer) heeft. In een deterministisch golfvergelijkingmodel leidt dit meestal tot instabiliteit in de oplossing. Het belang van het eerder beschreven zoeken naar een stationaire oplossing (in het geval zonder drift) is dat we dan over een realistisch basisproces beschikken om een instabiele proces mee te kunnen vergelijken.

WERKPLAN NA 1988

Al in 1988 zal moeten worden gestart met de empirische verificatie van de bereikte theoretische resultaten. Hierbij wordt gedacht aan filmopnamen uit de lucht om informatie zowel over de tijd als over de ruimte te kunnen gebruiken. Pas als via zo'n onderzoek een realistisch model geconstrueerd lijkt te zijn, heeft het zin specifieke parameterschattingen uit te gaan voeren, bijv. in verband met de evaluatie van signaleringssystemen.

Het onderzoek zal in 1990 worden afgesloten met het schrijven van een proefschrift.



TITEL: Toegepaste statistiek

TITLE: Applied statistics

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

De doelstelling van dit project is de mathematische statistiek te bevruchten met nieuwe impulsen uit de praktijk en omgekeerd de resultaten van theoretisch onderzoek toegankelijk te maken voor (potentiële) toepassers op andere gebieden. De (diverse) deelprojecten zijn:

MS 3.4 Statistische consultatie en samenwerking;

MS 3.7 'Computational Statistics'

MS 3.8 Het Wicksell probleem.

TECHNICAL ABSTRACT

The aim of this project is to enrich mathematical statistics through new impulses from practical problems, and conversely to make the results of theoretical research available to (potential) users of statistics in other areas.

The (varied) subprojects are:

MS 3.4 Statistical consultation and cooperation;

MS 3.7 Computational Statistics;

MS 3.8 The Wicksell problem.

SAMENSTELLING GROEP

dr. K.O. Dzhaparidze

prof.dr. R.D. Gill (projectleider)

dr. R. Helmers

drs. A.L.M. Dekkers

prof.dr. L. de Haan (adviseur)

wetenschappelijk medewerkers 2, 3

wetenschappelijk medewerkers 4, 6 (p.m.)

R. van der Horst (programmeur, STO)

B. Lisser (programmeur, STO)

SAMENWERKING

H. Engels (AKZO research)

prof.dr. A. Verbeek (RU Utrecht)

zie verder MS3.4

AANVANG: 1979

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P160

1980 Math. Subj. Class. : 62H30, 62F05, 62P10, 62PXX

TITEL DEELPROJECT**MS 3.4 Statistische consultatie en samenwerking****PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG**

De doelstelling van dit deelproject is de mathematische statistiek te bevruchten met nieuwe impulsen uit de praktijk en omgekeerd de resultaten van theoretisch onderzoek toegankelijk te maken voor (potentiële) toepassers op andere gebieden. De huidige deelprojecten MS 1.3, MS 1.6, MS 2.3, en MS 3.8 zijn alle uit consultatieprojecten voortgekomen. Verder worden middels een actief beleid ten opzichte van de acquisitie van consultatie en het aangaan van samenwerkingsverbanden, resultaten uit andere deelprojecten toepasbaar gemaakt en verdiept door confrontatie met de werkelijkheid. Voor activiteiten op het sterk verwante gebied van statistische programmatuur, zie MS 3.7.

SAMENSTELLING GROEP

drs. A.L.M. Dekkers

prof.dr. R.D. Gill

prof.dr. L. de Haan (adviseur)

dr. R. Helmers

R. van der Horst (programmeur, STO)

WERKPLAN 1988

Een groot consultatie project 'Basispeilen Kustgebied' dat sinds het najaar van 1984 in samenwerking met Rijkswaterstaat (opdrachtgever) en het KNMI wordt uitgevoerd zal in 1988 worden voltooid. In dit project wordt recent ontwikkelde theorie over extreme-waarden (zie ook deelproject MS 1.6) toegepast. Doel van het onderzoek is op verschillende plaatsen langs de Nederlandse kust een zodanige hoogwaterniveau (het 'basispeil') aan te geven dat de kans op overschrijding van dat niveau is een willekeurig jaar 10^{-4} is. Het huidige onderzoek is een follow-up van het in de jaren vijftig op het CWI uitgevoerde onderzoek voor het Delta rapport. Er wordt samengewerkt met prof.dr. L. de Haan (EUR).

In samenwerking met het Instituut voor Fonetische Wetenschap van de UvA en met het Amsterdams Pedologisch Centrum zal verder worden gewerkt aan het pakket EVE: exploratieve data-analysetechnieken voor multivariate puntprocessen. Waarnemingen aan zulke processen worden bijvoorbeeld (via video-opnames) gedaan in de ontwikkelingspsychologie, de sociologie en de ethologie. De bedoeling is dat het pakket bepaalde gebruikers ook dichterbij het statistisch analyseren van hun gegevens middels stochastisch procesmodellen (cf. MS 1.3 en MS 2.2) zal brengen.

WERKPLAN NA 1988

In het deelproject zullen in de toekomst samenwerkingsprojecten zoals boven steeds meer nadruk krijgen. Bovendien zal naar meer STW-projecten worden gestreefd.

TITEL DEELPROJECT
MS 3.7 'Computational Statistics'

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Om resultaten van wetenschappelijk onderzoek in de mathematische statistiek in de praktijk te brengen en om statistische consultatie van betekenis uit te voeren, is het onontbeerlijk uitgebreide statistische rekenfaciliteiten te onderhouden. De laatste jaren zijn er grote omwentelingen in het statistisch rekenen geweest, in het bijzonder door de opkomst van PC's en van grafische hardware. Naast klassieke mainframe pakketten zoals BMDP, GLIM en SPSS en bibliotheken zoals IMSL en NAG, komen programma's zoals S, ISP en SAS op de markt met belangrijke vernieuwingen vooral op gebieden als IO, grafische mogelijkheden en interactieve data-analyse. Verder maken prijsdaling en capaciteitsverhoging van de apparatuur complexe of rekenintensieve analyses mogelijk die vroeger onhaalbaar waren. Dit beïnvloedt ook sterk de keuze van theoretisch statistisch onderzoek op het CWI (semiparametrische modellen, bootstraptechnieken, beeldanalyse, ...); zie [1], [2] en [3].

Het CWI heeft uitstekende algemene informaticafaciliteiten, maar de laatste jaren is de statistische software kant sterk achtergebleven. De bedoeling van dit deelproject is in eerste instantie ter ondersteuning van consultatie en onderzoek een achterstand weg te werken door verantwoorde en systematische aanschaf en introductie van nieuwe programmatuur en programmeergereedschap. Daarnaast zal onderzoek kunnen worden gedaan op het gebied van algoritmische en numerieke aspecten van statistische methoden (i.h.b. bij semiparametrische modellen).

LITERATUUR

- 1 B. EFON (1979). Computers and the theory of statistics: thinking the unthinkable. *SIAM Review* 21, 460-480.
- 2 W.F. EDDY (ed.) (1986). *Computers in Statistical Research* (report of a workshop sponsored by the Statistical Policy Committee of the Institute of Mathematical Statistics), IMS, Hayward, California.
- 3 R.A. THISTED (1986). Computing environments for data analysis. *Statistical Science* 1, 259-275.

SAMENSTELLING GROEP

R. van der Horst (programmeur, STO)
drs. A.L.M. Dekkers (wet. med.)
B. Lisser (programmeur, STO)
wetenschappelijk medewerker 6 (p.m.)

SAMENWERKING

prof.dr. A. Verbeek (RU Utrecht)

WERKPLAN 1988

De statistische pakketten Berkeley ISP en GLIM zullen op het CWI UNIX-systeem worden geïnstalleerd. Samen met het pakket S zullen deze uitstekende faciliteiten vormen voor niet-standaard statistische consultaties en onderzoeksondersteuning.

WERKPLAN NA 1987

Opzetten van een project 'Algoritmische aspecten van semiparametrische modellen', waarin onderzoek zal worden gedaan naar de computerimplementatie van algemene semiparametrische schattingsmethoden. Op de lange termijn wil men, aan de theoretische kant, een integratie tot stand brengen van algoritmieken en stochastiek, waarin numerieke zaken zoals de instelling van 'smoothing'-parameters, discretisatie-punten, of aantal iteraties expliciet opgenomen worden.

Op korter termijn zou het vruchtbaar kunnen zijn, de technieken van P. Green (*Penalized likelihood for general semi-parametric regression models*, to appear in *Int. Statist. Rev.*) om een brede klasse van semiparametrische modellen via linearisering en 'penalized likelihood' te analyseren, te implementeren en uit te proberen.

TITEL DEELPROJECT
MS 3.8 Het Wicksell probleem

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Als een stochastische verzameling bollen van verschillende diameters door een vlak wordt doorsneden, ontstaat een proces van *cirkels*. Het Wicksell probleem bestaat eruit, conclusies over de boldiameterverdeling te trekken uit de empirische cirkeldiameterverdeling. Tussen de (populatie) verdelingen ligt een Abel transformatie, het inverteren waarvan een 'ill-posed problem' is. In het bijzonder, het toepassen van de inversie formule op de empirische cirkeldiameterverdeling levert een 'verdelingsfunctie' die niet-monotoon is en die waardes buiten het interval $[0,1]$ aanneemt.

Doel van het onderzoek is recente technieken van Walba en O'Sullivan, gebaseerd op 'penalized likelihood' en 'spline smoothing' te verbeteren en uit te proberen, met het oog op toepassing bij AKZO Research (onderzoek naar een nieuw samengestelde materiaal). Speciaal zal aandacht worden gegeven aan de bepaling van de statistische nauwkeurigheid van de schattingen.

Het onderzoek heeft sterke verbanden met MS 3.6 en MS 4.1. Verder zal er uitgebreid gebruik van bootstrapmethoden worden gemaakt (MS 1.4).

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. R.D. Gill (p.m.)

drs. A. Hoogendoorn (tewerkgesteld erkend gewetensbezwaarde)

SAMENWERKING

H. Engels (AKZO Research)

drs. A.J. van Es (UvA)

AANVANG: 1986

WERKPLAN 1988

Het onderzoek zal worden afgerond met een vergelijking van de volgende drie mogelijke aanpakken: (1), het numeriek bepalen van de 'penalized likelihood' schatter; (2), het gladstrijken van de empirische cirkelverdeling en inverteren; en (3), om de boldiameter verdelingsfunctie in één punt te schatten, het gebruik van een histogrammschatter om lokaal glad te strijken en tenslotte inverteren.

Deze methoden zijn, op volgorde, steeds minder elegant maar ook veel minder rekenintensief.

WERKPLAN NA 1988

Niet van toepassing.

TITEL: Analyse en (re)constructie van beelden

TITLE: Analysis and (re)construction of images

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

De doelstelling van dit project is onderzoek te doen op het gebied van de statistische analyse van beelden. Hiermee wordt bedoeld het onderzoek naar methodieken voor het oplossen van statistische problemen, waarbij de data worden gerepresenteerd door beelden. Er is één deelproject:

MS4.1 Statistische analyse van beeldgegevens

TECHNICAL ABSTRACT

The aim of this project is to carry out research in the field of the statistical analysis of images. This means the investigation of methods for the solution of statistical problems, when the data are represented in the form of images. There is one subproject:

MS4.1 Statistical analysis of data in the form of images

SAMENSTELLING GROEP

dr. H.C.P. Berbee

prof.dr. R.D. Gill (projectleider)

wetenschappelijk medewerker I

wetenschappelijk medewerker 5 (p.m.)

SAMENWERKING

Projectgroep TW4

N. van Belzen (RUU en Hubrechtlab., KNAW)

dr. W. Duinker (FVI, UvA)

drs. L. Barendregt (IT-TNO)

prof. A. Baddeley (CSIRO, Australië)

AANVANG: 1986

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie: : P160

1980 Math. Subj. Class. : 62M99

TITEL DEELPROJECT

MS 4.1 Statistische analyse van beeldgegevens

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Op vele gebieden wordt informatie verkregen in de vorm van beelden, zoals satellietfoto's, röntgenfoto's, verspreidingskaarten in de ecologie en de archeologie enz. De opgave is dan deze beelden te analyseren om er verborgen patronen in te ontdekken, om hun aanwezigheid te toetsen of om een aanwezige onderliggende structuur te reconstrueren. Meestal moet dit bij de aanwezigheid van storende invloeden gebeuren; denk aan het van ruis ontdoen van gecodeerde satellietfoto's en aan het reconstrueren van een driedimensionaal object uit twee-dimensionale projecties (röntgenfoto's) of doorsneden (histologische secties, mineraalsecties). Door de mogelijkheden van de huidige elektronica groeit de behoefte aan zulke analyses en worden steeds fundamentele vragen over de betekenis van de resultaten gesteld.

Langzamerhand worden voor verscheidene toepassingen niet alleen technische maar ook specifiek statistische methoden ontwikkeld, zoals bij 'spatial statistics', 'mathematical morphology' en 'stereology'. Ook op het gebied van beeldreconstructie hebben stochastische en statistische denkbeelden voor verrassende nieuwe technieken gezorgd (cf. het werk van S. Geman & D. Geman en J. Besag en medewerkers aan Markovveldmodellen en statistische koeling; en van L. Shepp en medewerkers aan het gebruik van het EM algoritme bij positron emissie tomografie). De tijd lijkt rijp voor het ontstaan van een statistische methodologie voor de analyse van beelden, getuige het feit dat sinds de CWI-plannen zijn geformuleerd, in een zestal andere landen reeds aan dergelijke projecten is begonnen. Het gaat hier om een algemene methodologie voor het aanpakken van klassieke *statistische probleemstellingen* - van exploratieve data-analyse en modelbouw tot schattings- en toetsingsproblemen - terwijl de beschikbare *gegevens* in de vorm van *beelden* zijn i.p.v. cijferreeksen. Uit zo'n algemene doelstelling zullen t.z.t. concrete doelproblemen worden geformuleerd.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. R.D. Gill

dr. H.C.P. Berbee

wetenschappelijk medewerker 1

wetenschappelijk medewerker 5 (p.m.)

AANVANG: 1986

WERKPLAN 1988

Gezamenlijk met TW zal belangrijke achtergrondliteratuur worden bestudeerd in het kader van een landelijke werkgroep die in 1985 van start ging. Beeld-data uit de elektronenmicroscopie (eiwitbolletjes aan celwanden; Hubrechts Laboratorium, KNAW, Utrecht) zullen statistisch worden geanalyseerd met behulp van stochastische procesmodellen. Het betreft hier Poisson clustermodellen (voor een puntproces in de \mathbb{R}^2), waarbij de bedoeling is het effect van een bepaalde behandeling op de cellen op *ruimtelijk* en *numeriek* clustergrootte te kwantificeren. Hierna hopen we de toepassing van Markov-veldmodellen voor de analyse van texturen (bij ingewikkelder processen dan een puntproces) te kunnen bestuderen, aan de hand van specifieke beeldmateriaal uit TNO-onderzoek.

Samenwerking zal ook plaatsvinden met A. Baddeley (CSIRO, Australië). In het bijzonder zal het mogelijk zijn dat de groepen bij het CWI en CSIRO hetzelfde 'case-study' materiaal kunnen gebruiken en resultaten gemakkelijk kunnen uitwisselen.

WERKPLAN NA 1988

De bovengeschetste initiële activiteiten zullen leiden tot concrete mathematisch-statistische probleemstellingen die de leidraad zullen vormen voor verder onderzoek, waarin echter de toepassings- en informatica-aspecten niet uit het oog zullen worden verloren.



Afdeling

Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie

UITGANGSPUNTEN

Mathematische besliskunde en systeemtheorie omvatten het onderzoek naar kwantitatieve modellen en methoden ter ondersteuning van optimaal handelen in beslissingssituaties. Motiverende problemen treden bijvoorbeeld op bij de bedrijfsvoering, in de communicatie- en regeltechniek en in de gamma-wetenschappen. In methodologische zin is 'mathematische besliskunde en systeemtheorie' een verzameling van sterk uiteenlopende onderwerpen. Er wordt een beroep gedaan op resultaten en technieken uit vrijwel alle onderdelen van wiskunde en informatica. Het bindende element is de potentiële toepasbaarheid van de onderzochte modellen en methoden.

Bij de selectie van projecten hanteert de afdeling de volgende criteria:

1 Binnen het gehele vakgebied wordt een redelijke spreiding van de activiteiten nagestreefd. Zowel de deterministische als de stochastische aspecten van besliskunde en systeemtheorie dienen aandacht te krijgen.

2 Het onderzoek dient gericht te zijn op fundamentele resultaten die de grenzen in theoretische of praktische zin verleggen.

3 Een project moet een nationale voortrekkersfunctie vervullen en aansluiten bij internationale ontwikkelingen.

In dit beleid past het aangaan van samenwerkingsovereenkomsten, het aantrekken van advieswerk en het ontwikkelen van programmatuur, mits dit aansluit bij het onderzoek en leidt tot originele en geavanceerde resultaten.

SITUATIE EN PRIORITEITEN

Er zijn drie zwaartepunten van onderzoek:

MB1 Combinatorische optimalisering;

MB2 Analyse en besturing van informatiestromen in netwerken;

MB3 Systeem- en regeltheorie.

Op de volgende bladzijden wordt voor elk van deze projecten een korte schets van het onderzoeks- en toepassingsgebied alsmede een beschrijving van de deelprojecten gegeven.

De afdeling is er de afgelopen jaren in ruime mate in geslaagd tijdelijke aanstellingen te financieren uit bijzondere fondsen, zoals een Shell-fellowship, INSP, NFI en STW. Het ging daarbij vooral om toepassingsgericht onderzoek. Tegelijkertijd is de reguliere financiering voor zuiver onderzoek binnen de afdeling in aanzienlijke mate verminderd. Wij achten het van belang dat het evenwicht tussen deze aspecten van onze onderzoeksactiviteiten wordt hersteld en stellen dit als prioriteit.

In het wetenschappelijk programma van de afdeling worden zes vacatures opgevoerd. Daaronder zijn vier vacatures voor juniormedewerkers binnen zuiver-wetenschappelijke onderzoeksprojecten. De onderwerpen en onderzoeksbegeleiders zijn, in volgorde van prioriteit:

- (1) MB3.3 Systemen met gegeneraliseerde toestandsruimte (Schumacher);
- (2) MB3.4 Realisatie- en regelproblemen op eindige ruimtes (Van Schuppen);
- (3) MB1.2 Meetkundige methoden (Schrijver);
- (4) MB2.5 Betrouwbaarheid en beschikbaarheid van netwerken (Van der Duyn Schouten).

Voor de vacature bij MB3.3 is medio 1987 reeds de werving gestart. De vacatures bij MB1.2 en MB2.5 worden gemotiveerd door de in de beleidsnota vastgelegde intentie meer aandacht te gaan besteden aan meetkundige methoden in de combinatorische optimalisering en aan betrouwbaarheidsanalyse, en tevens door de wens de band van de twee bij deze deelprojecten betrokken part-time seniormedewerkers met de afdeling te verstevigen. Een ander in de beleidsnota 1988-1993 vermeld onderwerp, kansgestuurde algoritmen in de combinatorische optimalisering, is niet als apart deelproject in dit wetenschappelijk programma opgenomen. Dit zou het afsluiten van het onderzoek naar parallelle algoritmen in de combinatorische optimalisering met zich meebrengen, waarvoor de tijd nog niet gekomen lijkt te zijn.

De aanstelling van een tweede seniormedewerker bij project MB2 wordt zeer gewenst geacht. De zesde vacature betreft een juniormedewerker bij deelproject MB2.4, 'Prestatie-analyse van verkeersregelingen', dat bij de STW zal worden ingediend.

Afdeling
Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie

LIJST VAN PROJECTEN

MB1 Combinatorische optimalisering

MB2 Analyse en besturing van informatiestromen in netwerken

MB3 Systeem- en regeltheorie

*Deelname aan de projecten (aangegeven met *)*

AFDELING MATHEMATISCHE BESLISKUNDE EN SYSTEEMTHEORIE						
Naam	MB1	MB2	MB3	A&O	werktijd	
					in manjr	in manjr
<i>regulier</i>						
Lenstra	*			*	0.70	0.70
Schrijver	*				0.20	0.20
Anthonisse	*			*	1.00	1.00
Boxma		*		*	0.80	0.80
vdDuijnSchouten		*			0.20	0.20
Lageweg	*				1.00	1.00
Schumacher			*	*	1.00	1.00
van Schuppen			*	*	1.00	1.00
Cohen (adv)		*			-	-
Savelsbergh	*				0.80	0.80
van den Berg		*			1.00	1.00
Groenendijk		*			1.00	1.00
Hoogeveen	*				1.00	1.00
Veltman	*				1.00	1.00
wm1/jun	*				1.00	0.83
wm3/sen		*			1.00	p.m.
wm5/jun		*			1.00	p.m.
wm6/jun			*		1.00	1.00
wm7/jun			*		1.00	0.50
<i>totaal reg. begroot</i>						13.03
<i>gedetacheerden</i>						
Smulders (STW)			*		0.80	0.80
vd Velde (NFI)	*				1.00	1.00
de Waal (STW)			*		1.00	1.00
wm4 (STW)		*			1.00	1.00
<i>totaal gedetacheerden</i>						3.80

TITEL: Combinatorische optimalisering

TITLE: Combinatorial optimization

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Combinatorische optimalisering houdt zich bezig met de wiskundige bestu-
dering van problemen waarbij een optimale configuratie van een eindig aantal
objecten wordt gezocht. De deelprojecten zijn:

- MB 1.1 Ontwerp en analyse van algoritmen;
- MB 1.2 Meetkundige methoden;
- MB 1.3 Parallele algoritmen;
- MB 1.4 Interactieve distributieplanning;
- MB 1.5 Interactieve productieplanning.

TECHNICAL ABSTRACT

Combinatorial optimization is the mathematical study of problems involving
the optimal arrangement, grouping, ordering or selection of a finite number of
discrete objects. The subprojects are:

- MB 1.1 Design and analysis of algorithms;
- MB 1.2 Geometric methods;
- MB 1.3 Parallel algorithms;
- MB 1.4 Interactive distribution planning;
- MB 1.5 Interactive production planning.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. J.K. Lenstra (projectleider)

J.M. Anthonisse

drs. J.A. Hoogeveen (NFI)

drs. B.J.B.M. Lageweg

drs. M.W.P. Savelsbergh (Shell fellow)

prof.dr. A. Schrijver

drs. S.L. van de Velde (NFI)

drs. B. Veltman

wetenschappelijk medewerker 1

SAMENWERKING

ir. A.H.M. Gerards (KU Brabant), prof.dr. M. Grötschel (Augsburg, BRD),
prof.dr. C.V. Jones (Philadelphia, USA), prof.dr. E.L. Lawler (Berkeley, USA),
prof.dr. L. Lovász (Budapest, Hongarije), prof.dr. A.H.G. Rinnooy Kan c.s.
(EU Rotterdam), prof.dr. D.B. Shmoys (Cambridge, USA), dr. L. Stougie
(Universiteit van Amsterdam)

AANVANG: 1973

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P160, P170, T120
NABS-code : N024, N059, N069, N089
1980 Math. Subj. Class. : 90CXX, 90BXX

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Vakgebied

Combinatorische optimalisering houdt zich bezig met de wiskundige besturing van problemen waarbij een optimale rangschikking, keuze of toewijzing van een eindig aantal objecten wordt gezocht. Dergelijke problemen treden op in veel concrete beslissingssituaties, zoals het bepalen van distributiesystemen, dienstregelingen, lesroosters, produktieschema's, snijpatronen, vestigingsplaatsen, kamertoewijzingen en zetelverdelingen. Door het praktisch belang van dergelijke problemen en door hun traditionele formulering als mathematische programmeringsproblemen in geheeltallige variabelen vormt de combinatorische optimalisering een onderdeel van de mathematische beslistkunde. Er wordt daarnaast op ruime schaal gebruik gemaakt van resultaten uit andere gebieden van de wiskunde zoals discrete wiskunde en waarschijnlijkheidsrekening, en er is sprake van een toenemende interactie met de theoretische en toepassingsgerichte informatica.

Onderzoeksthema's

De gevestigde onderzoeksthema's in de combinatorische optimalisering zijn:

- 1 de complexiteitsanalyse van combinatorische problemen, met oplosbaarheid in polynomiale tijd en NP-lastigheid als centrale begrippen;
- 2 het ontwerp van algoritmen, waarbij wordt gezocht naar polynomiale algoritmen en voor de NP-lastige problemen naar aftellings- en benaderingsmethoden;
- 3 de analyse van algoritmen: empirisch, 'worst case' en probabilistisch.

Onder invloed van ontwikkelingen binnen de wiskunde en de informatica is er een toenemende aandacht voor *meetkundige* en *kanstheoretische* methoden en voor architecturen voor *parallele* en *interactieve* berekeningen. De keuze van deelprojecten op het CWI weerspiegelt deze ontwikkelingen.

Beleid

Het beleid is gericht op het uitvoeren van de volgende vijf deelprojecten.

'Ontwerp en analyse van algoritmen' (MB 1.1) is een langlopend project van algemene aard. Het omvat activiteiten van de seniormedewerkers.

'Meetkundige methoden' (MB 1.2) omvat onderwerpen zoals de polyhedrale combinatoriek en de algoritmische meetkunde, die in toenemende mate belangstelling genieten.

'Parallele algoritmen' (MB 1.3) is vooral gericht op ontwerp, implementatie en analyse van parallele aftellingsmethoden voor NP-lastige problemen.

'Interactieve distributieplanning' (MB 1.4) en 'interactieve productieplanning' (MB 1.5) beogen de ontwikkeling van optimaliseringsalgoritmen voor distributie- en productieplanningsproblemen en de toepassing daarvan binnen interactieve systemen ter ondersteuning van de besluitvorming van deze terreinen. Deze deelprojecten omvatten de activiteiten van de bij de afdeling werkzame Shell-fellow. Deelproject MB 1.5 wordt voor een belangrijk deel gefinancierd vanuit twee NFI-projecten.

TITEL DEELPROJECT

MB 1.1 Ontwerp en analyse van algoritmen

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De globale probleemstelling en het theoretisch en praktisch belang van dit algemene deelproject zijn hierboven reeds beschreven.

SAMENSTELLING GROEP

drs. B.J.B.M. Lageweg

prof.dr. J.K. Lenstra

AANVANG: 1973

WERKPLAN 1988

- 1 Schrijven van het boek *Scheduling* (Wiley).
- 2 Ontwerp en redactie van een boek *Computations* in de serie *Handbooks of Operations Research and Management Science* (North-Holland).
- 3 Afronding van publikaties over:
 - het 'test cover' probleem;
 - 'interval scheduling' problemen;
 - toepassingen van combinatoriek, ten behoeve van het *Handbook of Combinatorics* (North-Holland).
- 4 Algoritmisches onderzoek naar andere combinatorische optimaliseringsproblemen, in het bijzonder op het gebied van de routerings- en machinevolgordeproblemen.

WERKPLAN NA 1988

Het onderzoek zal zich blijven richten op de complexiteitsanalyse en de ontwikkeling van efficiënte algoritmen voor combinatorische optimaliseringsproblemen, in het bijzonder voor de distributie- en productieplanning en voor de constructie van lesroosters.

TITEL DEELPROJECT

MB 1.2 Meetkundige methoden

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De laatste jaren doet zich een bloei voor van het gebruik van meetkundige methoden en structuren in de combinatorische optimalisering en algoritmiëk. Deze vertonen zich in de vorm van meetkundige *modellen*, meetkundige *bewijsmethoden*, meetkundige *algoritmen* en meetkundige *constructie- en decompositiemethoden*. Binnen de meetkunde bestrijken zij een breed gebied, waarin euclidische ruimten, eindige meetkunden, homotopietheorie en algebraïsche meetkunde voorkomen. We noemen drie voorbeelden.

(a) *Polyhedrale combinatoriek*. Dit omvat de toepassing van methoden voor lineaire programmering op combinatorische optimaliseringsproblemen, wat heeft geleid tot de polynomiale oplosbaarheid van verscheidene problemen en tot de praktische oplosbaarheid van grote instanties van NP-lastige problemen.

(b) *Basisreductie voor roosters*. De methode die A.K. Lenstra, H.W. Lenstra jr. en L. Lovász hiervoor ontwikkelden sluit aan bij de klassieke meetkunde der getallen en heeft toepassingen in de lineaire en geheeltallige programmering, cryptografie, algebra en getaltheorie.

(c) *Computational geometry*. Basisproblemen betreffen het bepalen van b.v. convexe omhulsels, doorsneden, routeringen en Voronoi-diagrammen. Toepassingen treden op bij patroonherkenningen, computergrafiek, robotiek, VLSI-ontwerp, 'concurrency control' in gegevensbestanden en besliskunde. Onderzoek geschiedt met behulp van methoden uit de euclidische meetkunde, grafentheorie en homotopietheorie.

Daarnaast noemen wij de *eigenwaardenmethoden* en de corresponderende theorie van *orthonormale representaties*, de *constructie van optimale codes*, de *decompositiemethode voor binaire ruimten* van P.D. Seymour en de op *homotopie* en *homologie* gebaseerde bewijzen van L. Lovász.

Bovengenoemd werk heeft geleid tot nieuwe richtingen van onderzoek binnen de discrete wiskunde en de combinatorische optimalisering, en ook het nieuwe vakgebied van de *computational geometry*. De actualiteit van meetkundige methoden in de combinatoriek moge ook blijken uit het boek *Computational Geometry: An Introduction* van F.P. Preparata en M.I. Shamos (Springer, 1985), het boek *Geometric Algorithms in Combinatorial Optimization* van M. Grötschel, L. Lovász en A. Schrijver (Springer, 1987), en het in 1986 voor het eerst verschenen tijdschrift *Discrete and Computational Geometry*.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. A. Schrijver
wetenschappelijk medewerker I

AANVANG: 1983

WERKPLAN

- 1 Afronden van het boek *Polyhedral Combinatorics*.
- 2 Afronden van het boek *Multicommodity and Homotopic Flows*.
- 3 Onderzoek op het gebied van de polyhedrale en polynomiale methoden en de snedenmethoden in de combinatorische optimalisering.
- 4 Onderzoek op het gebied van de *computational geometry*.
- 5 Onderzoek op het gebied van probabilistische algoritmen afgeleid uit orthonormale representaties.

TITEL DEELPROJECT**MB 1.3 Parallele algoritmen****PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG**

De combinatorische optimalisering is één van de terreinen van onderzoek die zullen profiteren van de vooruitgang op het gebied van de parallelle (concurrente, gedistribueerde) berekeningen.

Bestaande parallelle computers verschillen onderling sterk, zowel wat betreft de individuele processoren als wat betreft de communicatie tussen de processoren. Voor combinatorische problemen blijken vectorprocessoren en SIMD-machines voor gesynchroniseerde berekeningen te rigide te zijn. MIMD-architecturen voor asynchrone berekeningen lijken meer in aanmerking te komen. Dit geldt in het bijzonder voor rekenprocessen waarvan de structuur niet van te voren is gegeven, zoals 'branch-and bound' methoden en andere methoden die zijn gebaseerd op de herhaalde opsplitsing van de oplossingsruimte.

De parallelle computers van het gewenste type die nu beschikbaar zijn verkeren alle in een experimenteel stadium, en hun prestatie is van een gering niveau. Er bestaat een behoefte aan een enkel concept van een flexibele MIMD-computer, waarbinnen de gebruiker het door hem gewenste type van parallellisme kan definiëren. Wanneer de realisatie hiervan in hardware teveel gevraagd is, lijkt het relevant een simulatie in software na te streven en op basis daarvan een begin te maken met een theorie van ontwerp en analyse van parallelle optellingsmethoden voor NP-lastige combinatorische problemen.

Een andere belangwekkende onderzoeksrichting betreft de parallellisatie van polynomiale combinatorische algoritmen voor abstracte parallelle berekeningsmodellen zoals de PRAM. Dit leidt tot een onderscheid tussen in polylogaritmische tijd oplosbare problemen en P-lastige problemen onder transformaties die logaritmische ruimte vergen.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr.ir. O.J. Boxma

prof.dr. J.K. Lenstra

drs. B. Veltman

AANVANG: 1982

WERKPLAN

Het onderzoek betreft de twee hierboven vermelde thema's:

- 1 de parallellisatie van optellingsmethoden voor NP-lastige combinatorische problemen;
- 2 de parallelle complexiteit van in polynomiale tijd oplosbare combinatorische problemen.

Het onderzoek onder 1 vindt plaats in samenwerking met drs. G.A.P. Kinder-vater en drs. H.W.J.M. Trienekens (EU Rotterdam).

TITEL DEELPROJECT

MB 1.4 Interactieve distributieplanning

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

In talloze praktische beslissingssituaties is het gebruik van optimaliseringsalgoritmen uit de mathematische beslistkunde een noodzakelijke voorwaarde om tot redelijke oplossingen te komen. Zo is bij de bepaling van distributiesystemen, productieschema's en lesroosters het gebruik van technieken uit de lineaire programmering en de combinatorische en stochastische optimalisering onvermijdelijk geworden. Hierbij doet zich echter het verschijnsel voor dat er in de theorie geavanceerde algoritmen worden ontworpen voor bepaalde gestyleerde versies van planningsproblemen, terwijl er in de praktijk behoefte is aan flexibele methoden die juist geschikt zijn voor een zekere variëteit van planningsituaties.

Er is een nieuwe generatie van planningsmethoden in ontwikkeling die zijn kracht ontleent aan de combinatie van recente algoritmische vorderingen voor deelproblemen met het interactieve ingrijpen door de gebruiker bij de besturing van het oplossingsproces. Dit leidt tot betere oplossingen (omdat mens en machine van elkaars sterke punten kunnen profiteren) die sneller worden bereikt (omdat interactie flexibiliteit toestaat bij de manipulatie van gegevens en de selectie van oplossingen) en tot een grotere kans op acceptatie in de praktijk (want de planner wordt niet vervangen door een machine maar krijgt er een hulpmiddel bij).

Het deelproject richt zich op de ontwikkeling van optimaliseringsalgoritmen voor distributieplanningsproblemen en de toepassing daarvan binnen interactieve beslissingsondersteunende systemen. De kwaliteit van de algoritmen, de flexibiliteit van de implementatie, en de daadwerkelijke toepassing in een verscheidenheid van praktische beslissingssituaties zijn hierbij belangrijke kenmerken.

SAMENSTELLING GROEP

J.M. Anthonisse
drs. B.J.B.M. Lageweg
prof.dr. J.K. Lenstra
drs. M.W.P. Savelsbergh (Shell-fellow)

AANVANG: 1983

WERKPLAN

- 1 De technisch-wetenschappelijke ondersteuning van installaties van CAR, een systeem voor *computer aided routing*, in de praktijk. De daadwerkelijke installatie is in handen van licentienemers van CAR.
- 2 Het uitwerken van algoritmische vraagstukken die bij de ontwikkeling van CAR naar voren zijn gekomen. Het gaat hier bijvoorbeeld om handelsreizigersproblemen met bijvoorbeeld voorwaarden zoals tijdsvensters en

- precedentierelaties.
- 3 De ontwikkeling van een systeem ter ondersteuning van de modelvorming en algoritmekeuze in distributieplanningssituaties.

TITEL DEELPROJECT

MB 1.5 Interactieve productieplanning

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Dit deelproject heeft dezelfde achtergrond als deelproject MB1.4 maar betreft een ander toepassingsgebied en daarmee een ander onderdeel van de combinatorische algoritmieken.

SAMENSTELLING GROEP

J.M. Anthonisse

drs. J.A. Hoogeveen (NFI)

drs. B.J.B.M. Lageweg

prof.dr. J.K. Lenstra

drs. M.W.P. Savelsbergh (Shell-fellow)

drs. S.L. van de Velde (NFI)

AANVANG: 1985

WERKPLAN

- 1 Ontwikkeling en implementatie van een interactief systeem voor de planning en besturing van een assemblageproces, in samenwerking met het TNO Vezelinstituut (in het kader van NFI 54).
- 2 Ontwerp en analyse van algoritmen voor machinevolgordeproblemen met meervoudige criteria, ter ondersteuning van de meer toepassingsgerichte activiteiten binnen dit deelproject (in het kader van NFI 11).
- 3 Bestudering van gemengd-geheeltallige programmeringsmodellen voor productieplanningsproblemen (in het kader van het Shell-fellowship).
- 4 Ontwikkeling van een systeem om interactieve planborden te genereren voor een verscheidenheid van toepassingen.
- 5 Opzet van en deelname aan een internationale oefening in de ontwikkeling van beslissingsondersteunende systemen voor *resource-constrained project scheduling*, in samenwerking met IIASA.

TITEL: Analyse en besturing van informatiestromen in netwerken

TITLE: Analysis and control of information flows in networks

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Het project betreft de wiskundige modellering, analyse en besturing van informatiestromen in computersystemen en telecommunicatienetwerken. Het bestaat uit de volgende deelprojecten:

MB 2.1 De analyse van mathematische wachtrijmodellen;

MB 2.2 Prestatie-analyse van communicatiesystemen;

MB 2.3 Prestatie-analyse van computersystemen;

MB 2.4 Prestatie-analyse van verkeersregelingen;

MB 2.5 Betrouwbaarheid en beschikbaarheid van netwerken.

TECHNICAL ABSTRACT

The project concerns the mathematical modeling, analysis and control of information flows in computer systems and telecommunication networks. It comprises the following subprojects:

MB 2.1 Analysis of mathematical queueing models;

MB 2.2 Performance analysis of communication systems;

MB 2.3 Performance analysis of computer systems;

MB 2.4 Performance analysis of traffic control procedures;

MB 2.5 Reliability and availability of networks.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr.ir. O.J. Boxma (projectleider)

drs. J.L. van den Berg

prof.dr.ir. J.W. Cohen (adviseur)

prof.dr. F.A. van der Duyn Schouten

drs. W.P. Groenendijk

wetenschappelijk medewerker 3 (p.m.)

wetenschappelijk medewerker 5 (p.m.)

wetenschappelijk medewerker 4 (STW)

SAMENWERKING

dr. B. Meister (IBM Forschungslaboratorium Zürich)

dr. G. Fayolle, dr. F. Baccelli, dr. Ph. Nain (INRIA)

drs. S.J. de Klein (RU Utrecht, ZWO)

prof.dr. H.C. Tijms (VU Amsterdam)

AANVANG: 1981

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P160, P170, T180, T280

NABS-code : N024, NO25, N070, N0752, N076

1980 Math. Subj. Class. : 60K, 68M, 90B

1982 CR Classification Scheme : C.4, D.4.8

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Vakgebied

Het project omvat de wiskundige modellering, analyse en besturing van informatieverkeersstromen in computersystemen (*computer performance analysis*) en telecommunicatienetwerken (*teletraffic analysis*). De nadruk ligt hierbij op de analyse van congestieverschijnselen en de prestatie-analyse van congestie-controlemechanismen. Wegens het stochastische karakter van de verkeersstromen is de congestie-analyse waarschijnlijkheidstheoretisch van aard: het project behoort tot het vakgebied van de stochastische beslistkunde.

Het toepassingsgebied van het project betreft, naast de traditionele communicatiemogelijkheden zoals telefonie en telegrafie, ook de communicatie tussen de diverse hoofdbestanddelen van een computer, tussen een computer en perifere apparatuur en tussen computers onderling, alsmede de communicatie via satellieten en mobilifoonsystemen. De snel groeiende invloed van computer- en communicatienetwerken in het dagelijks leven maakt dit project van steeds groter maatschappelijk belang. Het wetenschappelijk belang van het project is gelegen in het ontwikkelen van wiskundige technieken voor de analyse van complexe stochastische systemen.

Onderzoeksthema's

Het studie-object van het project wordt doorgaans abstract geformuleerd in termen van een netwerk van bedieningsorganen en klanten die daarvan gebruik willen maken. Men spreekt van 'netwerken van wachtrijen'. De wiskundige wachttijdtheorie, die zich met congestieverschijnselen in netwerken van wachtrijen bezig houdt, bestudeert congestiematen zoals wacht- en verblijftijden van klanten, wachtrijlengten en blokkeringskansen. Hiertoe zijn diverse analytische en numerieke technieken ontwikkeld; Nederlandse onderzoekers speelden en spelen daarbij een belangrijke rol. In de internationale onderzoekscentra wordt bovendien wegens de complexiteit van moderne netwerken steeds meer aandacht geschonken aan de ontwikkeling van approximatiemethoden en 'software tools' (o.a. standaardpakketten voor wachtrij-analyse) en aan de numerieke analyse van grote systemen.

Beleid

Het beleid is gericht op het uitvoeren van de volgende vijf deelprojecten.

- MB 2.1 De analyse van mathematische wachtrijmodellen. Dit is een project van fundamentele aard, gericht op basismodellen uit de wachtrijtheorie.
- MB 2.2 Prestatie-analyse van communicatiesystemen. Dit langlopende deelproject werd voorheen aangeduid met 'Telefoonverkeerstheorie'. De activiteiten in het deelproject beperken zich niet meer tot de telefonie; zij strekken zich, in navolging van recente technische ontwikkelingen, uit over het gehele gebied van de telecommunicatie.
- MB 2.3 Prestatie-analyse van computersystemen. Dit deelproject betreft de wiskundige analyse en optimalisering van het operationele gedrag van

computersystemen. Computer-prestatie-analyse staat internationaal volop in de belangstelling en maakt een sterke ontwikkeling door. Het deelproject wordt ondersteund vanuit het INSP.

- MB 2.4 Prestatie-analyse van verkeersregelingen. Er wordt naar gestreefd dit deelproject in 1988 als STW-project te starten. Het wordt uitgevoerd in overleg met B.V. Nederland Haarlem. Doel van het deelproject is de ontwikkeling, analyse en implementatie van methoden en programmatuur voor het beoordelen van de kwaliteit van dynamische verkeersregelingen op een kruispunt.
- MB 2.5 Betrouwbaarheid en beschikbaarheid van netwerken. Opvoering van dit nieuwe deelproject in MB2 sluit aan bij recente ontwikkelingen, waarbij naast de prestatie van een operationeel computer-communicatienetwerk ook de beschikbaarheid ervan beoordeeld wordt. Onderzoek naar complexe netwerken met repareerbare componenten zal voorlopig voorop staan, ondermeer vanwege de nauwe verwantschap met wachtrijnetwerken.

TITEL DEELPROJECT**MB 2.1 De analyse van mathematische wachtrijmodellen****PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG**

De wachtrijtheorie houdt zich bezig met het wiskundig onderzoek naar de prestatie van een systeem dat diensten aanbiedt voor collectief gebruik. Zulk een systeem kan een ziekenhuis of bank zijn, maar ook bijvoorbeeld een 'flexible manufacturing system', telefooncentrale of computernetwerk. De wiskundige modellen variëren enigszins, maar de problematiek is telkens hetzelfde. De deelprojecten MB2.2, 2.3 en 2.4 zijn gewijd aan enkele van de belangrijkste toepassingsgebieden van de wachtrijtheorie. Deelproject MB2.1 beoogt aandacht te schenken aan fundamentele ontwikkelingen en problemen binnen de wachtrijtheorie zelf. Het accent wordt hierbij gelegd op de bestudering van exacte analytische technieken.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr.ir. O.J. Boxma
prof.dr.ir. J.W. Cohen (adviseur)

AANVANG: 1981

WERKPLAN 1988

- 1 De formulering en oplossing van randwaardeproblemen in de analyse van twee-dimensionale stochastische wandelingen en wachtrijmodellen.
- 2 Analyse van het tijdsafhankelijk gedrag van wachtrijsystemen. Getracht zal worden meer inzicht te krijgen in de duur van inschakeltijden in wachtrijnetwerken.
- 3 Analyse van de interactie tussen interne en externe verkeersstromen in (eenvoudige) wachtrijsystemen.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek.

TITEL DEELPROJECT**MB 2.2 Prestatie-analyse van communicatiesystemen****PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG**

Op het gebied van de telecommunicatie hebben zich de afgelopen twee decennia grote veranderingen voorgedaan. Communicatie wordt in toenemende mate digitaal. Computers communiceren onderling via al dan niet openbare communicatienetwerken; en in de nabije toekomst zullen spraak en beeld, in gedigitaliseerde vorm, over hetzelfde netwerk worden verzonden als computerdata. Een dergelijk geïntegreerd telecommunicatienetwerk wordt aangeduid met de letters ISDN (Integrated Services Digital Network). Er is een sterke behoefte aan kwantitatief inzicht in de prestatie van communicatienetwerken. Wachtrijtheorie is het geschiktste hulpmiddel gebleken bij het verkrijgen van zulk inzicht. Belangrijke onderzoekspunten waarbij een wachtrijtheoretische aanpak wordt gehanteerd, zijn: de doorstroomsnelheid van boodschappen, hun verblijftijd in het netwerk en het effect van toelatings- en routeringsregels.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr.ir. O.J. Boxma
prof.dr.ir. J.W. Cohen (adviseur)
wetenschappelijk medewerker 6 (p.m.)

AANVANG: 1983

WERKPLAN 1988

- 1 De ontwikkeling van methoden voor het analyseren van communicatieprocessen in geautomatiseerde fabricage. Het betreft hier vooral de communicatie tussen de in het fabricageproces gebruikte machines en de computers die deze machines besturen.
- 2 De regeling van overbelasting van communicatiesystemen (MB3.5); in samenwerking met dr. F.C. Schoute (Philips, Hilversum) en dr.ir. J.H. van Schuppen (CWI).
- 3 Een oriëntatie op de prestatie-analyse van communicatienetwerken waarin verscheidene typen verkeer zijn geïntegreerd.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek.

TITEL DEELPROJECT

MB 2.3 Prestatie-analyse van computersystemen

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De prestatie die een computersysteem, of meer algemeen een tele-informatiesysteem, kan leveren wordt bepaald door de apparatuur en het bedrijfssysteem (inclusief het besturingsprotocol) enerzijds en de omvang en aard van de werklust anderzijds. Prestatie-analyse van een computersysteem heeft tot doel de prestatie te onderzoeken en te optimaliseren. Bij de prestatie-analyse van geïsoleerd werkende computersystemen wordt getracht te komen tot optimale keuzen ten aanzien van multiprogrammeringsgraad, geheugenhiërarchie, grootte van geheugenblokken en buffers enz. Bij de prestatie-analyse van gespreide systemen wordt tevens gelet op de organisatie van het communicatiesysteem voor wat betreft toegangs- en routeringsprotocollen, anticongestiemaatregelen enz. Zoals reeds uit de probleemstelling bij MB2.2 bleek, is er sprake van een versmelting van informatieverwerking en telecommunicatie; de activiteiten in MB2.2 en MB2.3 gaan elkaar dan ook steeds meer overlappen.

SAMENSTELLING GROEP

drs. J.L. van den Berg
prof.dr.ir. O.J. Boxma
prof.dr.ir. J.W. Cohen (adviseur)
drs. W.P. Groenendijk

AANVANG: 1985

WERKPLAN 1988

- 1 De bestudering van 'window flow control' protocollen in packet-switched netwerken.
- 2 De wiskundige analyse van diverse 'token-ring' protocollen in 'local area' netwerken en de onderlinge vergelijking van de prestaties van deze disciplines. Ook verwante protocollen in gespreide systemen worden bestudeerd. Dit onderzoek wordt verricht in samenwerking met het IBM Zürich Forschungslaboratorium (dr. B. Meister).
- 3 De wiskundige analyse van wachtrijsystemen met feedbackmechanismen, zoals deze zich o.a. voordoen in computersystemen met 'time-sharing'.
- 4 Het uitbreiden en verspreiden van de op het CWI beschikbare expertise betreffende computerpakketten voor de numerieke analyse en simulatie van congestieverschijnselen in netwerken van wachtrijen.
- 5 De stochastische analyse van machinevolgordeproblemen en van hiermee verwante 'bin-packing' problemen.

WERPLAN NA 1988
Voortzetting van het onderzoek.

TITEL DEELPROJECT**MB 2.4 Prestatie-analyse van verkeersregelingen****PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG**

Beschouw het volgende probleem: gegeven

- een kruispuntconfiguratie,
 - verkeerskarakteristieken van de diverse verkeersstromen, en
 - een verkeersregeling voor het kruispunt,
- evalueer de kwaliteit van deze verkeersregeling.

Vanuit economisch en sociaal oogpunt is het zeer belangrijk over effectieve verkeersregelingen te kunnen beschikken. Daarom is het gewenst de kwaliteit van een verkeersregeling te kunnen beoordelen. Deze kwaliteit wordt uitgedrukt in grootheden als het aantal stops en de gemiddelde wachttijd van weggebruikers. Wachtrij-analyse van verkeersregelingen leidt tot mathematisch interessante wachtrijmodellen met cyclische, verkeersafhankelijke bediening.

Dit deelproject zal worden uitgevoerd in samenwerking met B.V. Nederland Haarlem.

SAMENSTELLING GROEP

J.M. Anthonisse
prof.dr.ir. O.J. Boxma
prof.dr.ir. J.W. Cohen
prof.dr. J.K. Lenstra
wetenschappelijk medewerker 4 (STW)

AANVANG: 1988**WERKPLAN 1988**

- 1 Oriëntatie in de problematiek van verkeersregelingen.
- 2 Onderzoek naar gemiddelde wachttijden in wachtrijmodellen met cyclische, verkeersafhankelijke bediening.

WERKPLAN NA 1988

Ontwikkeling en implementatie van methoden en programmatuur voor de prestatie-analyse van dynamische verkeersregelingen op een kruispunt.

TITEL DEELPROJECT**MB 2.5 Betrouwbaarheid en beschikbaarheid van netwerken****PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG**

De betrouwbaarheidstheorie bestudeert de bedrijfszekerheid en beschikbaarheid van systemen die onderhevig zijn aan storingen en slijtage. Deze storingen en slijtage worden gemodelleerd m.b.v. stochastische processen. Er is momenteel vanuit de praktijk een sterke belangstelling voor de betrouwbaarheid van systemen met veel componenten, die elk voor zich een bijzonder kleine storings- of slijtagekans hebben (communicatienetwerken, transportsystemen, elektriciteitscentrales e.d.). Een betrouwbaarheidsanalyse van dergelijke complexe netwerken leidt tot interessante stochastische problemen. Er is een sterke overeenkomst met de analyse van complexe netwerken van wachtrijen - vooral wanneer defecte componenten repareerbaar zijn: in zulke gevallen kan een reparateur als bediende worden gezien en defecte componenten als klanten.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr.ir. O.J. Boxma

prof.dr.ir. J.W. Cohen (adviseur)

prof.dr. F.A. van der Duyn Schouten

wetenschappelijk medewerker 5 (p.m.)

AANVANG: 1987**WERKPLAN 1988**

Er zal worden gewerkt aan de analyse van eenvoudige beslisregels voor onderhoud en vervanging van twee-componentensystemen. Zowel prestatie-maten die betrekking hebben op het gedrag van het systeem op de lange duur als ook beschikbaarheidscriteria over eindige tijdsintervallen zullen daarbij aan de orde komen.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek en uitbreiding van het onderzoek naar structureigenschappen van optimale onderhouds- en vervangingsstrategieën van meer-componentensystemen.



TITEL: Systeem- en regeltheorie

TITLE: System and control theory

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Systeem- en regeltheorie stelt zich ten doel voor dynamische verschijnselen wiskundige modellen op te stellen en te analyseren en regel- en voorspellingsproblemen op te lossen. De deelprojecten zijn:

MB 3.1 Deterministische systeemtheorie;

MB 3.2 Stochastische systeemtheorie;

MB 3.3 Systemen met gegeneraliseerde toestandsruimte;

MB 3.4 Realisatie- en regelproblemen voor systemen op eindige ruimtes;

MB 3.5 Extern gefinancierd onderzoek.

TECHNICAL ABSTRACT

System and control theory aims at formulating and analyzing mathematical models for dynamic phenomena, and at solving control and prediction problems. The subprojects are:

MB 3.1 Deterministic system theory;

MB 3.2 Stochastic system theory;

MB 3.3 Systems with a generalized state space;

MB 3.4 Realization and control problems for systems on discrete sets;

MB 3.5 Externally funded research.

SAMENSTELLING GROEP

dr.ir. J.H. van Schuppen (projectleider)

prof.dr.ir. O.J. Boxma

prof.dr. M. Hazewinkel (ZW)

prof.dr. J.M. Schumacher

ir. S.A. Smulders (STW)

ir. P.R. de Waal (STW)

wetenschappelijk medewerker 6

wetenschappelijk medewerker 7

SAMENWERKING

prof.ir. O.H. Bosgra (TU Delft), prof.dr.ir. H. Kwakernaak (U Twente),

prof.dr.ir. J.C. Willems, prof.dr. R.F. Curtain (RU Groningen), dr.ir. E.A. van

Doorn (U Twente), dr. F.C. Schoute (Philips Telecommunicatie Industrie Hil-

versum), drs. J. Bontsema (RU Groningen), dr.ir. R.K. Boel (Gent, België),

prof. G. Picci (Padua, Italië)

AANVANG: 1977

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P170, T120, T190

NABS-code : N080

1980 Math. Subj. Class. : 93-XX, 49-XX, 60-XX, 62MXX

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Vakgebied

Systeem- en regeltheorie stelt zich ten doel wiskundige modellen voor dynamische verschijnselen op te stellen en te analyseren en algoritmen te ontwikkelen voor regel- en voorspellingsproblemen. Het maatschappelijk belang ligt in de groeiende behoefte aan automatische regeling en gegevensverwerking. Men denke hierbij aan de regeling van robots, elektriciteitsnetwerken, satellieten, vliegtuigen, wegverkeer, computers en computernetwerken, aan spraakverwerking en analyse van seismische gegevens en aan de voorspelling van lucht- en waterverontreiniging.

Onderzoeksthema's

Abstrahering van deze praktische problemen leidt tot de volgende actuele thema's van onderzoek:

- 1 *realisatie en systeemidentificatie*: identificatie van multivariabele systemen, stochastische realisatieproblemen, benaderende realisaties;
- 2 *regeltheorie*: meetkundige benadering van lineaire regelsystemen, robuustheid van lineaire regelsystemen, regelproblemen voor niet-lineaire systemen, stochastische regelproblemen, adaptief regelen, gedecentraliseerde besturing;
- 3 *filtertheorie*: Kalmanfilters, filters voor niet-lineaire systemen, adaptief filteren.

Beleid

Het beleid is gericht op het uitvoeren van de volgende deelprojecten.

- 'Deterministische systeemtheorie' (MB 3.1) en 'Stochastische systeemtheorie' (MB 3.2) zijn langlopende projecten van algemene aard. Zij omvatten de activiteiten van de seniormedewerkers.

Er worden twee nieuwe deelprojecten voor juniormedewerkers opgevoerd:

- 'Systemen met gegeneraliseerde toestandsruimte' (MB 3.3) betreft onderzoek aangaande een algemene beschrijvingsvorm voor lineaire systemen;
- 'Realisatie- en regelproblemen voor systemen op eindige ruimten' (MB 3.4) is gericht op de ontwikkeling van realisatie- en regeltheorie voor deze klasse van systemen die gemotiveerd wordt door de communicatietechniek en de informatica.

Tenslotte omvat het deelproject 'Extern gefinancierd onderzoek' twee door de Stichting voor de Technische Wetenschappen gefinancierde projecten.

WERKPLAN 1988

Hiervoor wordt verwezen naar de deelprojecten.

WERKPLAN NA 1988
Voortzetting van het onderzoek.

TITEL DEELPROJECT**MB 3.1 Deterministische systeemtheorie****PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG**

In verschillende wetenschapsgebieden, zoals de mechanica, de theorie van elektrische netwerken en de econometrie, wordt gewerkt met relaties tussen reëelwaardige variabelen die worden gespecificeerd door stelsels van lineaire differentiaalvergelijkingen en lineaire algebraïsche vergelijkingen. De studie van dergelijke 'lineaire systemen' is een centraal onderdeel van de wiskundige systeemtheorie. In het deelproject MB3.1 gaat met name aandacht uit naar de volgende drie - onderling verbonden - aspecten:

- realisatietheorie: eenzelfde dynamische relatie kan op verschillende manieren worden gerepresenteerd; we zijn geïnteresseerd in bepaling van het beschrijvend vermogen van diverse representatievormen en in methoden om over te gaan van een gegeven representatie naar één in een andere (nuttiger) vorm;
- metrisering en approximatie: ontwikkeling van methoden om in kwantitatieve termen aan te geven in hoeverre twee systemen op elkaar lijken en bij een gegeven systeem andere (eenvoudiger) systemen te vinden die een benadering binnen een bepaalde marge inhouden;
- regeling en voorspelling: ontwikkeling van algoritmen om, op basis van een model van een bepaald verschijnsel, te komen tot schema's voor regeling teneinde een gewenst gedrag te bereiken, of voor 'filteren' van gewenste informatie uit meetgegevens.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. M. Hazewinkel (ZW)

prof.dr. J.M. Schumacher

AANVANG: 1984

WERKPLAN 1988

- 1 Representatietheorie voor lineaire systemen, in het bijzonder systemen met een Hamiltoniaanse structuur of gradiëntstructuur. Toepassingen onder meer op representaties voor de dynamica van grote, zeer buigzame mechanische structuren (J.M. Schumacher).
- 2 Mede-begeleiding van het STW-project 'Large flexible space structures' dat aan de RU Groningen wordt uitgevoerd door drs. J. Bontsema, onder leiding van prof.dr. R.F. Curtain. In het bijzonder: ontwerp van robuuste regelaars van lage orde (J.M. Schumacher).
- 3 Afronding van een boek over eindig-dimensionale lineaire systemen (J.M. Schumacher, in samenwerking met J. C. Willems).
- 4 Het realisatieprobleem: de structurele eigenschappen van de parameter-ruimte van lineaire systemen (M. Hazewinkel).

WERKPLAN NA 1988
Voortzetting van het onderzoek.

TITEL DEELPROJECT

MB 3.2 Stochastische systeemtheorie

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Doel is de ontwikkeling van een theorie voor stochastische systemen. Aan de volgende deelproblemen zal aandacht worden besteed:

- 1 stochastische realisatieproblemen en het systeemidentificatieprobleem: voor Gaussprocessen en puntprocessen;
- 2 stochastische filterproblemen: voor continue processen, telprocessen en adaptieve filterproblemen;
- 3 stochastische regelproblemen: voor puntprocesssystemen, adaptieve stochastische regeltheorie, besturing van gedistribueerde stochastische systemen.

Het maatschappelijk belang van de stochastische systeemtheorie ligt in de behoefte aan automatische regeling en automatische voorspelling. Actuele voorbeelden van regel- en voorspellingsproblemen zijn: overload control van telefooncentrales, voorspelling van de afname van elektrische energie, voorspelling van windsnelheden en -richtingen, beeldverwerking en spraakverwerking. Het wetenschappelijk belang van stochastische systeemtheorie ligt in de begripsvorming voor stochastische modellen en de ontwikkeling van regel- en voorspellingsalgoritmen.

Een deel van het onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met dr.ir. R.K. Boel (Gent, België) en prof. G. Picci (Padua, Italië).

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. M. Hazewinkel (ZW)
prof.dr. J.M. Schumacher
dr.ir. J.H. van Schuppen

AANVANG: 1978

WERKPLAN 1988

- 1 De bepaling van benaderende stochastische realisaties van Gaussprocessen (J.M. Schumacher, J.H van Schuppen).
- 2 Stochastische realisatie en factoranalyse (J.H. van Schuppen, in samenwerking met G. Picci).
- 3 Het eindige stochastische realisatieprobleem en de factorisatie van positieve matrices (J.H. van Schuppen, in samenwerking met G. Picci).
- 4 Stochastische regelproblemen gemotiveerd door communicatiesystemen en de informatica (J.H. van Schuppen, in samenwerking met R.K. Boel).
- 5 De classificatie van stochastische systemen die tot een eindig-dimensionaal filtersysteem leiden (M. Hazewinkel).

WERKPLAN NA 1988
Voortzetting van het onderzoek.

TITEL DEELPROJECT**MB 3.3 Systemen met een gegeneraliseerde toestandsruimte****PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG**

Systemen met gegeneraliseerde toestandsruimte (ook genoemd: descriptor-systemen) vormen een klasse van lineaire systemen die ruimer is dan de veelbestudeerde klasse van 'causale' systemen. Een toestandsrepresentatie van een lineair systeem met voorgeschreven in- en uitgangen kan niet altijd in causale vorm, maar wel steeds in descriptor-vorm worden gegeven. Hoewel er soms goede redenen zijn om causaliteit a priori aan te nemen, komt het in de praktijk toch vaak voor dat goede resultaten kunnen worden bereikt met niet-causale beschrijvingen. Een in de regeltechniek bekend voorbeeld is het gebruikelijke model voor de in de industrie veel gebruikte PID-regelaars. Andere voorbeelden zijn onder meer te vinden in de theorie van de elektrische netwerken.

Dit nieuw te starten deelproject heeft tot doel de meetkundige benadering, die met veel succes is ontwikkeld voor causale systemen, uit te breiden naar descriptor-systemen. Het onderzoek sluit nauw aan bij werk dat gebeurt onder deelproject MB 3.1.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. J.M. Schumacher
wetenschappelijk medewerker 6

AANVANG: 1987

WERKPLAN 1988

Start van het onderzoek. Bepaling van structuurindices voor descriptor-systemen in termen van deelruimtes van de toestandsruimte.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek. Onder meer: oplosvoorwaarden voor rationale matrixvergelijkingen; differentiërende regelaars.

TITEL DEELPROJECT

MB 3.4 Realisatie- en regelproblemen voor systemen op eindige ruimtes

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Het doel van dit deelproject is systeem- en regeltheorie te ontwikkelen voor systemen op eindige ruimtes. Dergelijke systemen zijn na enige bewerking vaak weer te representeren als lineaire systemen maar op ruimtes met een andere algebraïsche structuur dan die van de verzameling reële getallen. Voor de systeemtheoretische problemen van realisatie, filteren en regelen moeten dan nieuwe algoritmen en theorieën worden ontwikkeld.

De motivatie van dit deelproject ligt in de communicatietechniek en de informatica. Concrete problemen zijn:

- 1 Signaalverwerking van discreetwaardige signalen. Adaptieve kanaal-egaliserings is een concreet voorbeeld waarvoor belangstelling bestaat bij bedrijven. Toepassing van adaptief filteren is een ander voorbeeld. Er is onderzoek verricht naar de codering en decodering van communicatiekanalen van het Markovtype.
- 2 Representatie- en regelproblemen in de informatica, met name voor relationele gegevensbestanden (relationele databases) en voor kennisbestanden (knowledge bases). Bij relationele gegevensbestanden gaat het om het beantwoorden van vragen (query processing) en om het herkennen van classificatie in relaties. Bij kennisbestanden zijn de vragen die van minimale representatie van inferentieregels en die van de constructie van inferentieregels.
- 3 De regeling van geautomatiseerde productiesystemen. Hiervoor wordt op het moment de klasse van systemen met discrete gebeurtenissen bestudeerd. Deze klasse van systemen beschrijft systemen die op zekere tijdstippen beginnen en eindigen, afhankelijk van de beschikbaarheid van grondstoffen. De beschrijving van deze systemen is gebaseerd op Petrinetten met een tijdsstructuur. Alhoewel het hier systemen betreft op een discrete tijdsruimte en met in het algemeen een continue toestandsruimte wordt deze klasse toch gezien als een deelklasse van systemen op discrete ruimtes.

De aanpak van het onderzoek:

- 1 definitie en representatie van deterministische en stochastische systemen op discrete ruimtes, zoals die uit de literatuur en de motivatie naar voren komen;
- 2 realisatietheorie:
 - stochastische realisatietheorie voor systemen op eindige ruimtes; hierbij kan worden voortgebouwd op onderzoek van G. Picci en J.H. Schuppen; de factorisatie van positieve matrices en realisatie-algoritmen dienen de aandacht te krijgen;
 - realisatietheorie van deterministische systemen op eindige ruimtes;

- de uitwerking van factoranalyse voor relaties van eindige verzamelingen; dit is van belang voor het verkrijgen van inferentieregels voor kennisbestanden van gegevensbestanden;
- 3 regeltheorie:
- de uitwerking van toestandsterugkoppeling voor deze klasse van systemen, in combinatie met waarnemers;
 - een onderzoek naar de toepasbaarheid van adaptieve regelalgoritmen voor systemen op eindige ruimtes; dergelijke algoritmen zijn in de literatuur beschreven.

Contacten met andere onderzoekers op dit gebied zullen worden gelegd of versterkt, met name met prof. W.M. Wonham (Toronto, Canada), prof.dr. G.J. Olsder (TU Delft), dr. J.P. Quadrat (INRIA Rocquencourt), dr. G. Cohen (ENSMF en INRIA Rocquencourt) en prof. P. Varaiya (UC Berkeley, USA)

SAMENSTELLING GROEP
wetenschappelijk medewerker 7
dr.ir. J.H. van Schuppen

AANVANG: 1988

WERKPLAN 1988

- 1 Studie van de verschillende klassen systemen op eindige ruimtes.
- 2 Een realisatieprobleem.
- 3 Een regelprobleem, bijvoorbeeld de uitwerking van toestandsterugkoppeling en waarnemers voor systemen op eindige ruimtes.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek

TITEL DEELPROJECT

MB 3.5 Extern gefinancierd onderzoek

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Wetenschappelijk onderzoek in de systeem- en regeltheorie dat extern gefinancierd wordt, wordt administratief ondergebracht in dit deelproject. Het betreft de door de Stichting voor de Technische Wetenschappen (STW) gefinancierde projecten:

- 1 Voorspellings- en regelproblemen voor verkeer op autosnelwegen;
- 2 De regeling van overbelasting van communicatiesystemen.

Hieronder volgt een beknopte probleemstelling en motivatie van deze projecten.

Voorspellings- en regelproblemen voor verkeer op autosnelwegen

Op enkele autosnelwegen in ons land (A13: Delft - Rotterdam, A2 Utrecht - Amsterdam) is enkele jaren geleden een signaleringssysteem geïnstalleerd met als doel:

- 1 de capaciteit van de snelwegen te verhogen;
- 2 de verkeersveiligheid te vergroten;
- 3 het (tijdelijk) afsluiten van rijstroken te vergemakkelijken;
- 4 het verzamelen van gegevens omtrent het verkeersgedrag.

Het probleem is op basis van metingen van passagetijden en passagesnelheden op regelmatige afstanden langs de weg de adviessnelheden van signaleringsstations zo te kiezen dat aan de eerder genoemde doelstellingen zo goed mogelijk voldaan wordt.

Wiskundig geformuleerd komt het erop neer dat er, op basis van een model voor het verkeersgedrag, een filteralgoritme ontwikkeld moet worden om de verkeerstoestand (gemiddelde snelheid en dichtheid op de weg) te schatten. Uitgaande van een goede filteralgoritme kan dan een optimaal besturingsalgoritme ontwikkeld worden die de keuze van de adviessnelheden regelt.

Het is de bedoeling dat de resultaten van dit project, voornamelijk programmatuur, ter beschikking komen van de beheerder van het signaleringssysteem, de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat.

De regeling van overbelasting van communicatiesystemen

De motivatie voor dit deelproject komt van 'stored program controlled' (SPC) telefooncentrales. De bedieningscapaciteit van zo'n centrale vermindert bij overbelasting aanzienlijk indien geen speciale maatregelen worden getroffen.

Het probleem van de regeling van overbelasting is dan het aantal toegelaten en succesvol afgehandelde telefoongesprekken van een telefooncentrale te maximaliseren. Dit is een kanoniek probleem voor communicatie- en computernetwerken. De aanpak bestaat uit de ontwikkeling van stochastische modellen en regelalgoritmen gebaseerd op de wachtrij- en systeemtheorie.

Dit deelproject wordt uitgevoerd in samenwerking met Philips Telecommunicatie en Data Systemen en ATT & Philips Telecommunicatie Bedrijven, beiden te Hilversum.

SAMENSTELLING GROEP

dr.ir. O.J. Boxma

dr.ir. E.A. van Doorn (U Twente)

prof.dr.ir. H. Kwakernaak (U Twente)

ir. S.A. Smulders (STW)

dr. F.C. Schoute (Philips Telecommunicatie- en Datasystemen Nederland, Hilversum)

dr.ir. J.H. van Schuppen

ir. P.R. de Waal (STW)

WERKPLAN 1988

- 1 Ontwerp en evaluatie van regelwetten ten behoeve van de regelproblemen van homogenisering en toeritdosering (S.A. Smulders).
- 2 Implementatievragen (S.A. Smulders).
- 3 Afronding van het onderzoek en het schrijven van een eindverslag en een proefschrift (S.A. Smulders).
- 4 Ontwikkeling van nieuwe stochastische modellen voor een gedetailleerde beschrijving van procesverwerking in SPC-centrales (P.R. de Waal).
- 5 Prestatie-analyse en ontwikkeling van regelalgoritmen in stochastische modellen voor SPC-centrales (P.R. de Waal).

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek. Het project 'Voorspellings- en regelproblemen voor verkeer op autosnelwegen' loopt tot oktober 1988. Het project 'De regeling van overbelasting van communicatiesystemen' loopt voorlopig tot februari 1989.

Afdeling

Numerieke Wiskunde

Het vakgebied numerieke wiskunde behelst het ontwerp en de analyse van benaderende oplossingsmethoden voor wiskundige problemen. Veel problemen zijn afkomstig uit de natuurwetenschappen en zijn geformuleerd in termen van differentiaal- of integraalvergelijkingen, of van grote algebraïsche stelsels. In de WGM Numerieke Wiskunde vormen de numerieke analyse van differentiaalvergelijkingen en de numerieke algebra twee belangrijke thema's van onderzoek. De afdeling NW houdt zich in dit verband in het bijzonder bezig met partiële differentiaalvergelijkingen die samenhangen met numerieke stromingsproblemen. De aard van dit onderzoek varieert van zeer fundamenteel tot specifiek utilisatie-gericht.

De numerieke wiskunde is voortdurend beïnvloed door veranderingen in de computerapparatuur, niet alleen door de toegenomen geheugengroote en rekensnelheid, maar ook door de veranderingen in de architectuur. Zo zijn in het komende decennium belangrijke stimulansen te verwachten van het parallel rekenen. Door de komst van de supercomputers zullen bijvoorbeeld veel dure en omslachtige laboratoriumexperimenten (zoals windtunnelproeven) op de computer gesimuleerd kunnen worden.

Voor het numeriek onderzoek bij het CWI is de beschikbaarheid van een supercomputer bij SARA van groot belang. De afdeling NW heeft haar aandacht dan ook mede gericht op het onderzoek naar vectoriseerbaarheid en parallele aspecten van numerieke algoritmen. Wat dit betreft wordt gestreefd naar een centrale functie voor het CWI in Nederland. Daartoe wordt een bibliotheek opgebouwd van numerieke algoritmen, speciaal geschreven voor parallele computers, waarin programmatuur wordt opgenomen die zowel op het CWI als elders (UvA, VU Amsterdam) is ontwikkeld. In een in samenwerking met de UvA en de TU Delft georganiseerd colloquium werd geregeld over deze programmatuur gerapporteerd.

Het onderzoek op het CWI is ondergebracht in een viertal hoofdprojecten:

- NW1 Evolutieproblemen;
- NW2 Stationaire problemen;
- NW3 Getaltheorie met behulp van de computer;
- NW4 Numerieke programmatuur.

TITEL: Evolutieproblemen

TITLE: Evolution problems

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Ontwikkelen, analyseren en documenteren van algoritmen voor het bepalen van numerieke oplossingen van beginwaardeproblemen voor differentiaalvergelijkingen. NW1 bestaat uit de volgende deelprojecten:

- NW 1.1 Stabiliteit en convergentie;
- NW 1.2 Navier-Stokes-vergelijkingen;
- NW 1.3 Differentiaal-algebraïsche vergelijkingen;
- NW 1.4 Adaptieve roostertechnieken (STW);
- NW 1.5 Lagrangemethoden;
- NW 1.6 3D ondiep-water-vergelijkingen (RWS);
- NW 1.7 Smoothing technieken;
- NW 1.8 Leereenheden numerieke wiskunde (OU).

TECHNICAL ABSTRACT

Development, analysis and documentation of algorithms for determining numerical solutions of initial value problems for differential equations. Project NW1 consists of the following subprojects:

- NW 1.1 Stability and convergence;
- NW 1.2 Navier-Stokes equations;
- NW 1.3 Differential-algebraic equations;
- NW 1.4 Adaptive grid techniques (STW);
- NW 1.5 Lagrangian methods;
- NW 1.6 3D shallow-water equations (RWS);
- NW 1.7 Smoothing techniques;
- NW 1.8 Texts on numerical analysis.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. P.J. van der Houwen (projectleider NW 1.6, 1.8), dr. J.G. Verwer (projectleider NW 1.1 t/m NW 1.5), drs. J.G. Blom, dr. W.H. Hundsdorfer, B.P. Sommeijer, ir. J.H.M. ten Thije Boonkkamp, drs. P.M. de Zeeuw, P.A. Zegeling (STW), assistent 1 (p.m.)

SAMENWERKING

prof.dr. A.O.H. Axelsson (KU Nijmegen), dr. C.T.H. Baker (University of Manchester), dr. R.M. Furzeland (Shell Research, Amsterdam), prof.dr. H. Brunner (MUN, New Foundland), ir. G.J.A. Loman (Hydronamic), drs. S.J. Polak (Philips, Eindhoven), prof.dr. J.M. Sanz-Serna (University of Valladolid), dr. K. Strehmel (Universität Halle), dr. G.K. Verboom (WL), prof.dr.ir. P. Wesseling (adviseur, TU Delft), dr. Th. van Stijn (RWS), dr.ir. F.W. Wubs (RU Groningen).

AANVANG: 1978

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie	: P170
NABS-code	: N10, N023
1980 Math. Subj. Class.	: 65 LXX, 65 MXX, 76B15
1982 CR Classification Scheme	: G.1.8

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Doel van project NW 1 is de ontwikkeling en analyse van voor een rekenmachine geschikte algoritmen om een kwantitatieve oplossing van de gegeven beginwaardeproblemen te verkrijgen. Deze algoritmen kunnen dan toegepast worden bij de oplossing van problemen uit de natuurkunde, scheikunde, biologie, de technische wetenschappen enz. Bij de analyse van numerieke algoritmen gaat het erom inzicht te krijgen in de stabiliteit van het algoritme en in de nauwkeurigheid van de berekende oplossing. In de ontwikkelingsfase van een algoritme is, naast stabiliteit en nauwkeurigheid, efficiëntie van blijvend belang. Ofschoon het rekenen op de computer steeds sneller verloopt, neemt de schaal van de berekeningen ook toe.

Het onderzoek binnen NW1 concentreert zich thans op partiële differentiaalvergelijkingen. Het accent zal hierbij liggen op de algemene vraagstellingen over stabiliteit en convergentie, op adaptieve roostertechnieken, op de incompressibele Navier-Stokes-vergelijking en op differentie-schema's voor hyperbolische differentiaalvergelijkingen. Het wetenschappelijk belang ligt in de numerieke stromingsleer. Mede door het in gebruiknemen van supercomputers is dit aandachtsgebied sterk groeiende en van groot praktisch belang.

Als belangrijk onderdeel van NW1 gaat in samenwerking met het KSLA, een STW-project van start op het terrein van de 'Adaptieve Roostertechnieken'. Deze technieken zijn onontbeerlijk om op efficiënte wijze problemen met grenslaaggedrag in tijd- en plaatscoördinaten aan te pakken. Daarnaast is er in het kader van de samenwerking tussen CWI, RWS en WL een project gepland op het gebied van '3-dimensionale ondiep-water-vergelijkingen'. Met de introductie van de vectorcomputers is de numerieke behandeling van deze 3-dimensionale problemen in zicht gekomen en dit samenwerkingsproject heeft tot doel de benodigde programmatuur te ontwikkelen.

WERKPLAN 1988

NW 1.1 Stabiliteit en convergentie

In dit deelproject ligt het accent op de analyse van de algoritme. Het onderzoek is in het bijzonder gericht op stabiliteit en convergentie voor niet-lineaire problemen. Hierbij wordt de aanpak volgens de methode der lijnen gevolgd met het oog op het toepassen van resultaten uit de numerieke analyse van niet-lineaire stijve differentiaalvergelijkingen. Het ligt in de bedoeling deze resultaten toepasbaar te maken voor belangrijke klassen van splitmethoden voor meerdimensionale partiële differentiaalvergelijkingen. Echter, in verband met de aanvang van het STW-project 'Adaptieve Roostertechnieken', zal NW 1.1 een lagere prioriteit krijgen dan in voorgaande jaren. Binnen dit deelproject zal worden samengewerkt met prof.dr. J.M. Sanz-Serna.

NW 1.2 Navier-Stokes-vergelijkingen

In dit deelproject vindt onderzoek plaats naar algoritmen voor de incompressibele Navier-Stokes-vergelijkingen. In 1988 zal in het bijzonder worden

gewerkt aan een vectorcode van de in 1986/87 ontwikkelde drukcorrectietechniek. Naast het odd-even-hopscotch schema wordt ook de verwante ADI methode geïmplementeerd. Verder zal worden onderzocht in hoeverre klassieke tijdstaptechnieken voor de stationaire Navier-Stokes-vergelijking in Boussinesq-approximatie kunnen worden versneld met residual smoothing.

NW 1.3 Differentiaal-algebraïsche vergelijkingen

In dit deelproject worden numerieke methoden bestudeerd voor het oplossen van systemen van differentiaalvergelijkingen gekoppeld met algebraïsche vergelijkingen. Dergelijke systemen vindt men bijvoorbeeld bij de numerieke behandeling van Navier-Stokes-vergelijkingen en bij tijdsafhankelijke halfgeleiderproblemen. De nadruk zal hierbij liggen op de analyse van methoden waarbij de dimensie van de stelsel algebraïsche vergelijkingen die per tijdsstap opgelost dienen te worden zo laag mogelijk ligt. In het bijzonder zal bekeken worden in hoeverre de technieken, die gebruikt kunnen worden bij Navier-Stokes vergelijkingen, geschikt zijn voor andere problemen, zoals van het halfgeleider type.

NW 1.4 Adaptieve roostertechnieken (STW)

Dit project beoogt de ontwikkeling van een verregaand automatische integratie van stelsels tijdsafhankelijke partiële differentiaalvergelijkingen. Men kan dan controle uitoefenen op de fouten tengevolge van de discretisatie van zowel de tijd- als de ruimtevariabelen. Het programma SPRINT (afkomstig van Shell Research en de Universiteit van Leeds) speelt in de opzet van het project een belangrijke rol. Het project is eind 1987 van start gegaan. Het ligt in de bedoeling in 1988 een literatuurstudie uit te voeren en op basis hiervan een eerste testrapport te publiceren. Samenwerking zal plaatsvinden met dr. R.M. Furzeland van het KSLA.

NW 1.5 Lagrangemethoden (achtergrondonderzoek NW1.4)

Lagrangemethoden zijn verwant aan karakteristiekenmethoden voor hyperbolische differentiaalvergelijkingen en vormen het uitgangspunt van verschillende, reeds ontwikkelde adaptieve roostertechnieken voor algemenere evolutievergelijkingen. Het in 1987 aangevangen onderzoek zal worden voortgezet. In het bijzonder zal worden gepoogd een adequate analyse te leveren van een aantal voor de praktijk veelbelovende schema's. Deze analyse dient ons inzicht te verschaffen in het precieze foutengedrag bij het rekenen op in de tijd veranderende roosters. Er zal worden samengewerkt met prof.dr. J.M. Sanz-Serna.

NW 1.6 3D ondiep-water-vergelijkingen (RWS)

De Rand Corporation, het Waterloopkundig Laboratorium (WL) en de Rijkswaterstaat (RWS, DGW en DIV) werken samen bij de ontwikkeling van een numeriek-wiskundig model voor de drie-dimensionale simulatie van waterbeweging en -kwaliteit voor een breed toepassingsgebied in realistische omstandigheden. Het model is erop gericht om tijdsafhankelijke drie-

dimensionale hydrostatische en zwak niet-hydrostatische stromings- en transportprocessen te berekenen, hetgeen leidt tot een zgn. meerlagenmodel. In de praktijk impliceert het gebruik, dat de rekeninspanning een aantal malen groter zal zijn dan bij de simulatie met een twee-dimensionaal model. Bij het beoogde model is het als zodanig van groot belang om de efficiëntie van het numerieke algoritme in samenhang met de beschikbare vectorcomputer-faciliteiten te optimaliseren.

Reeds meer dan tien jaar heeft dr.ir. Leendertse van de Rand Co., USA, ervaring met de berekening van dit type stromingen. Het model door hem beschreven wordt in samenwerking tussen WL en RWS op korte termijn operationeel gemaakt. Dit numerieke schema kan worden gekarakteriseerd door een expliciete benadering op een uniform rooster. Slechts de onderste en bovenste lagen hebben een niet-uniforme dikte. Onlangs introduceerde Leendertse een nieuwe numerieke techniek gebaseerd op de ADI (impliciete) methode waarmee in twee dimensies veel ervaring is opgedaan. In een separate lijn van ontwikkeling is op het CWI ervaring ontstaan met expliciete technieken op vectorcomputers voor ondiep-water-vergelijkingen, zodat samenwerking tussen CWI, RWS en WL voor de hand ligt. Dit samenwerkingsproject heeft als doel:

- 1) De bestaande expertise op het gebied van de numerieke behandeling van het drie-dimensionale waterbewegingsmodel inclusief randafhandeling te inventariseren vanuit het oogpunt van bruikbaarheid voor efficiënte vectorcomputerberekeningen.
- 2) Implementatie van de naar inschatting optimale algoritme(n) op een manier zoveel mogelijk onafhankelijk van het type vectorcomputer.
- 3) Onderzoek naar de merites van het ontwikkelde prototype in een aantal testsituaties met steeds hoger realiteitsgehalte.

NW 1.7 Smoothing technieken

Als achtergrondonderzoek voor het RWS-project 1.6 zal verder onderzoek worden gedaan op het gebied van stabilisatie van differentieschema's met behulp van smoothing technieken.

NW 1.8 Leereenheden numerieke wiskunde (OU)

Als onderdeel van de door de Open Universiteit te ontwikkelen wiskunde-leergangen zal een bijdrage op het gebied van de numerieke wiskunde geleverd worden. Met name betreft dit deelproject het verschaffen van achtergrondmateriaal voor het gebruik van standaardpakketten op het gebied van de numerieke wiskunde.

WERKPLAN NA 1988

In grote lijnen zal het onderzoek zich blijven richten op tijdsafhankelijke partiële differentiaalvergelijkingen, zo mogelijk met meer accent op fundamenteel numeriek onderzoek.

TITEL: Stationaire problemen

TITLE: Stationary problems

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Ontwikkeling en analyse van moderne technieken voor het efficiënt oplossen van randwaardeproblemen. De bestudering van multigridmethoden en verwante methoden en de implementatie van deze methoden voor moderne computers. Project NW 2 bestaat uit de volgende deelprojecten:

NW 2.1 Defectcorrectie en theoretische achtergronden;

NW 2.2 Singulier gestoorde randwaardeproblemen;

NW 2.3 Adaptieve methoden;

NW 2.4 Toepassing op stromingsproblemen;

NW 2.5 Efficiënte technieken voor de stationaire Eulervergelijkingen (ESA);

NW 2.6 Betrouwbare en efficiënte numerieke methoden voor het oplossen van halfgeleidervergelijkingen (IOP).

TECHNICAL ABSTRACT

Development and analysis of modern techniques for the efficient numerical solution of boundary value problems. In particular the study of multigrid and related methods and their implementation on modern computer architectures.

Project NW 2 consists of the subprojects:

NW 2.1 Defect correction and theoretical background;

NW 2.2 Singularly perturbed boundary value problems;

NW 2.3 Adaptive methods;

NW 2.4 Applications in fluid dynamics;

NW 2.5 Efficient solution of the steady Euler equations (ESA);

NW 2.6 Reliable and efficient numerical methods for the semiconductor device simulation equations (IOP).

SAMENSTELLING GROEP

dr. P.W. Hemker (projectleider), ir. B. Koren, prof.dr.ir. P. Wesseling (adviseur (TU Delft)), drs. P.M. de Zeeuw, wetenschappelijk medewerker 3 (IOP), wetenschappelijk medewerker 4

SAMENWERKING

dr. W. Boerstoeel (NLR), prof. G.M. Johnson (ICS, Colorado State University, USA), dr. I.P. Jones (AERE, Harwell, UK), dr. C. Thompson (NAG, Downers Grove, USA), dr. A. Dervieux (INRIA, Valbonne), dr. M.C. Ademan (INRIA, Valbonne), prof.dr. G. Hirsch (VU Brussel), dr. W. Schilders (Philips, Eindhoven), prof.dr. B. van Leer.

AANVANG: 1978

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P170

NABS-code : N10, N059, NO751

1980 Math. Subj. Class. : 65NXX, 65F10

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De numerieke analyse van randwaardeproblemen houdt zich bezig met het ontwerpen en het onderzoeken van methoden voor het numeriek oplossen van elliptische en hyperbolische partiële differentiaalvergelijkingen en van integraalvergelijkingen. Deze vergelijkingen komen zeer vaak voor in technische toepassingen (sterkteleer, stromingsleer, elektriciteitsleer e.d.). Numerieke methoden zijn hierbij het belangrijkste instrument voor het verkrijgen van kwantitatieve gegevens over de oplossingen van deze vergelijkingen. Het onderzoeksgebied 'randwaardeproblemen' is zo uitgebreid en heeft zoveel verschillende aspecten en mogelijke toepassingen dat dit project zich tot een deelgebied van de randwaardeproblemen beperkt.

In het project worden multiroostertechnieken bestudeerd. Deze technieken vormen een recente ontwikkeling die het mogelijk heeft gemaakt de zeer grote stelsels lineaire of niet-lineaire algebraïsche vergelijkingen, welke ontstaan wanneer de oplossing van een randwaardeprobleem door discretisering wordt benaderd, zeer efficiënt op te lossen. In feite biedt deze techniek een raamwerk waarin talloze varianten mogelijk zijn. Welke varianten in bepaalde omstandigheden de efficiëntste zijn, is een belangrijk onderwerp van onderzoek. Naast de grote efficiëntie biedt de techniek nog een aantal aspecten die bestudering noodzakelijk maken, zoals de toepasbaarheid in een grote verscheidenheid van uiteenlopende problemen en de mogelijkheid van implementatie van adaptieve rekennetwerken.

Als onderdeel van project NW2 wordt een opdracht voor de ESA uitgevoerd. Dit onderzoek betreft de convergentieversnelling van de Eindige Volume Euler-discretiseringsmethode m.b.v. de multiroostermethode. Verder zal een onderzoek worden uitgevoerd m.b.t. de halfgeleider simulatievergelijkingen in het kader van het programma IOP IC-technologie.

WERKPLAN 1988

NW 2.1 Defectcorrectie en theoretische achtergronden

Het onderzoek betreft de fundamentele analyse van de multiroosteralgoritmen en de samenhang met andere defectcorrectietechnieken. Multigridconvergentiebewijzen voor elliptische en niet-elliptische problemen zullen verder worden bestudeerd. De bestudering van het gebruik van verschillende Galerkin technieken voor het construeren van grof-net-operatoren, in het bijzonder wanneer asymmetrische prolongaties en restricties gebruikt worden, zal worden voortgezet.

Voor lineaire problemen wordt i.h.b. de convectie-diffusie-vergelijking als modelvergelijking onderzocht.

Voor niet-lineaire problemen, wordt aandacht besteed aan het vergelijken van Newton-Multigrid (CS)-methoden en Multigrid-Newton (FAS)-methoden. In het bijzonder het effect van geneste Galerkin discretisaties zal hier verder worden onderzocht.

NW 2.2 Singulier gestoorde randwaardeproblemen

De bestudering van de aangepaste Upwind-Eindige Volume discretisaties zal worden voortgezet. De bruikbaarheid van deze methoden in samenhang met de multiroostermethode zal worden nagegaan. De toepasbaarheid van deze techniek zal i.h.b. worden bestudeerd, met betrekking tot 1- en 2-dimensionale halfgeleiderproblemen.

NW 2.3 Adaptieve methoden

Indien voldoende mankracht beschikbaar komt zal onderzoek worden gedaan naar de mogelijkheid van het gebruik van adaptieve methoden bij het optreden van (bijna-) discontinuïteiten in de oplossing van een PDE. In samenhang hiermee zullen extrapolatiemethoden worden beschouwd (Richardson- en tau-extrapolatie) voor het verbeteren van de nauwkeurigheid of het vinden van a-posteriori foutschattingen.

NW 2.4 Toepassing op stromingsproblemen

Het werk in dit deelproject zal zich blijven concentreren op achtergrondonderzoek voor de ontwikkeling van efficiënte methoden voor de compressibele Navier-Stokes-vergelijkingen en convergentieversnelling (NW 2.5, ESA). In het bijzonder zullen hier verder bestudeerd worden: de randvoorwaardebehandeling. Ook zal onderzoek worden verricht naar de entropiegeneratie in samenhang met discretisatiefouten. Verder zal het gedrag van de MG-methode voor grote Mach-getallen worden onderzocht.

NW 2.5 Efficiënte technieken voor de stationaire Eulervergelijkingen

In 1985-1987 zijn goede resultaten behaald met de ontwikkeling van een snelle oplosalgoritme van de stationaire Eulervergelijkingen voor twee-dimensionale stromingen op basis van multiroostertechnieken. Daarvoor worden eerst de vergelijkingen gediscretiseerd volgens een 'finite-volume'-techniek, waarbij de discrete vergelijkingen volledig conservatief zijn en stromingsberekeningen en netwerkgeneratie ontkoppelde processen zijn. De gehanteerde discretisatietechnieken en oplosalgoritmen blijven bruikbaar na toevoeging van viscositeit en moeten in principe bruikbaar blijven voor drie-dimensionale stromingen.

Het onderzoek richt zich op twee-dimensionale stromingen (subsoon, transsoon, supersoon en hypersoos) in verschillende soorten kanalen of omvliegtuigprofielen. Twee-dimensionale stromingen met discontinuïteiten (o.a. wervelvlakken) komen vervolgens in aanmerking voor onderzoek. Ook het effect van grote aanstroombuilen op hoge Mach-getallen zal worden bestudeerd. Verder zal aandacht worden besteed aan visceuse stromingen met een groot Reynolds-getal. De nadruk zal liggen op onderzoek naar de berekening van dunne lagen in de stroming. Verder zal de mogelijkheid van automatische lokale maasverfijning worden bestudeerd.

NW 2.6 Betrouwbare en efficiënte numerieke methoden voor het oplossen van de halfgeleidervergelijkingen (IOP)

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met industriële centra

waar het gedrag van halfgeleider-devices met de computer gesimuleerd wordt. Het onderzoek kent in hoofdzaak twee richtingen. Ten eerste wordt gezocht naar betere (betrouwbaarder) discretiseringsmethoden voor het stelsel partiële differentiaal-vergelijkingen in méér dimensies. Ten tweede wordt gezocht naar efficiënte methoden voor het oplossen van de resulterende stelsels sterk niet-lineaire vergelijkingen. Aan beide onderdelen zal in gelijke mate aandacht worden besteed.

WERKPLAN NA 1988

In grote lijnen zal het hierboven voor 1988 geschetste onderzoek ook in 1989 en 1990 worden voortgezet. Het is de bedoeling dat - wanneer de aanwezige mankracht het toelaat - naast het toepassingsgericht onderzoek, het fundamentele onderzoek meer zal worden benadrukt.

TITEL: Getaltheorie met behulp van de computer

TITLE: Computational number theory

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Bestudering van fundamentele, vaak zeer oude, problemen uit de getaltheorie met behulp van moderne (numerieke) methoden en met gebruikmaking van snelle computers.

TECHNICAL ABSTRACT

Study of fundamental problems (which may be very old) in number theory with the help of modern (numerical) methods and fast computers.

SAMENSTELLING GROEP

dr.ir. H.J.J. te Riele

dr. J. van de Lune (ZW)

SAMENWERKING

prof.dr. W. Borho (Gesamthochschule Wuppertal, BRD)

prof.dr. M Garcia (City Univ. of New York, USA)

dr. E.J. Lee (Fargo, ND, USA)

dr. A.M. Odlyzko (Bell Laboratories/AT&T, Murray Hill, New Jersey, USA)

AANVANG: 1976

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P120, P170

NABS-code : N10

1980 Math. Subj. Class. : 10AXX, 10HXX, 65E05

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Getaltheoretische problemen zijn vaak elegant en met weinig woorden te formuleren en hebben daarom niet alleen wetenschappelijke maar ook didactische betekenis. De uitstekende computerfaciliteiten van het CWI vormen een efficiënt hulpmiddel bij het (vaak saaie) onontbeerlijke verzamelen van empirische gegevens.

Met behulp van de computer wordt getracht de grenzen van de tot heden verworven kennis zo ver mogelijk te verleggen; hierbij worden regelmatig nieuwe 'verschijnselen' geobserveerd en soms ook theoretisch verklaard (d.w.z. wiskundig bewezen). In de loop der jaren is op het CWI ruime kennis en ervaring op het gebied van de 'computational number theory' vergaard (Riemannhypothese, vermoeden van Mertens, vermoeden van Goldbach, speciale getallen, zoals 'bevriende' getallenparen en 'hypervolmaakte' getallen, het ontbinden in priemfactoren van zeer grote getallen). De in 1978 door Rivest, Shamir en Adleman gevonden toepassing van het klassieke factorisatieprobleem in de cryptografie heeft geleid tot een spectaculaire toename van de belangstelling voor wat met de huidige computertechnologie op dit terrein kan worden bereikt. Het CWI speelt hierin een toonaangevende rol, met name voor wat betreft het gebruik hierbij van vectorprocessors en parallele processors.

WERKPLAN 1988

- 1 Onderzoek van factorisatiemethoden voor zeer grote getallen op vectorcomputers en parallele computers (CYBER 205, ETA10, NEC SX/2, CRAY X/MP).
- 2 Voortzetting van het onderzoek naar constructiemethoden voor getallen van een speciale structuur (met name m.b.t. bevriende getallenparen speelt het CWI internationaal een centrale rol).

WERKPLAN NA 1988

Nog niet bekend.

TITEL: Numerieke programmatuur

TITLE: Numerical software

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

NW4.1 Ontwikkeling van numerieke programmatuur in de programmeertaal Ada;

NW4.2 Onderzoek van bestaande en ontwikkeling van numerieke algoritmen met het doel zo goed mogelijk gebruik te maken van de speciale faciliteiten van vectorcomputers en parallelle computers. Ontwikkelen en beschikbaarstellen van numerieke programmatuur voor vectorcomputers en parallelle computers (m.n. voor de CYBER 205, de ETA10 en de CRAY1).

TECHNICAL ABSTRACT

NW4.1 Development of numerical software in the programming language Ada.

NW4.2 Study of existing and development of new numerical algorithms in order to exploit the special features of vector- and parallel computers. Development and production of numerical software for vector- and parallel computers (in particular CYBER 205, the ETA10, and the CRAY1).

SAMENSTELLING GROEP

drs. J. Kok (projectleider NW 4.1)
dr.ir. H.J.J. te Riele (projectleider NW 4.2)
M. Bergman
H.P. Dijkhuis (programmeur, STO)
drs. E. de Goede
W.M. Lioen
drs. M. Louter-Nool
drs. J. Schlichting (CDC)
B.P. Sommeijer
A.G. Steenbeek (programmeur, STO)
C.T.H. Everaars (programmeur, STO)
prof.dr. H.A. van der Vorst, adviseur (TU Delft)
D.T. Winter
drs. P.M. de Zeeuw

SAMENWERKING

dr. G.T. Symm (NPL, Teddington), dr. J. Dongarra (Argonne National Lab.),
prof.dr. Th. J. Dekker (UvA), dr. B. Ford (NAG, Oxford), Ada-Europe Numerics Working Group (Brussel), ESPRIT

AANVANG: 1981 (NW 4.1), 1984 (NW 4.2)

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P170
NABS-code : N10
1980 Math. Subj. Class. : 65V05, 65-04
1982 CR Classification Scheme : D.2.2, F.2.1, G.1

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

NW 4.1

De programmeertaal Ada (US Department of Defense, 1983) is in de eerste plaats ontworpen voor 'real-time computation'. Gezien de grote inspanningen die in het ontwerpen ervan geïnvesteerd zijn, wordt algemeen aangenomen dat de taal Ada ook onvermijdelijk algemeen gebruikt zal gaan worden op vele andere gebieden, inclusief op het belangrijke gebied van het uitvoeren van grootschalige wetenschappelijke berekeningen.

Omdat numerieke berekeningen, van zeer eenvoudig tot uiterst complex, optreden in zeer veel wetenschappelijke en technische computertoepassingen, is de noodzaak van numerieke programmatheken in Ada duidelijk. De eis van portabiliteit sluit de mogelijkheid uit eenvoudigweg interfaces (grensvlakprogrammatuur) met bestaande programmatheken in andere programmeertalen te leveren. Voor het maken van overdraagbare programmapakketten is volledige uniformiteit noodzakelijk betreffende het gebruik van de vele mogelijkheden van de taal zoals nieuwe types, operatoren, hiërarchische indeling van bibliotheken, programma-opbouw, gescheiden compilatie en het 'linken' van programmamodulen, foutenopvang en parallele verwerking. Door de Europese Commissie wordt de invoering van de taal Ada in het kader van de bevordering van het maken van grootschalige, betrouwbare, efficiënte en overdraagbare programmatuur krachtig gestimuleerd.

NW 4.2

De komst van de CDC CYBER 205 computer bij SARA in 1984 betekende voor het CWI het startsein tot actief onderzoek op het gebied van het vectoriseren en paralleliseren van algoritmen (vectorresearch). Als men alle faciliteiten van een vectorcomputer of parallele computer optimaal wil benutten, is het te verwachten dat vele numerieke algoritmen herzien moeten worden bij implementatie op de genoemde machines. Daarnaast wordt verwacht dat sommige bekende algoritmen die op sequentiële computers tot de minder efficiënte gerekend worden, op vectorcomputers juist tot de efficiëntere kunnen gaan behoren.

Reeds lang vindt er onderzoek plaats aan parallele processen, zowel numeriek als niet-numeriek. Dit onderzoek is de laatste jaren in een stroomversnelling gekomen door de realisatie van praktisch bruikbare en goed toegankelijke parallele computers. Recentelijk is een flink aantal systemen, inclusief uitgebreide software (operating systems, C-, Pascal-, Fortran 77-compilers), commercieel verkrijgbaar en ook al reeds bijzonder succesvol gebleken (CRAY X-MP, Hypercube, iPSC, Sequent, Alliant, Connection Machine,...). Deze ontwikkeling heeft een zeer krachtig impuls gegeven aan alle vormen van parallel onderzoek:

- 1 er vinden talrijke conferenties, symposia en workshops plaats, waarbij toepassingen van parallele architecturen, theoretisch zowel als experimenteel, centraal staan;
- 2 er is reeds een grote en al niet meer overzienbare hoeveelheid literatuur

ontstaan, waaronder ook speciale tijdschriften [1,2,3]. Alleen al de literatuur over hypercube-achtige systemen heeft een enorme omvang aangenomen;

- 3 er worden talrijke pogingen ondernomen om voor speciale toepassingen parallelle computers te ontwerpen, ook in Nederland [4];
- 4 er ontstaat een geheel nieuwe aanpak van de simulatie van fysische verschijnselen [5].

Het blijkt nu dat in het buitenland (Amerika, Engeland, Frankrijk, Japan, Noorwegen, Duitsland,...) commerciële parallelle computers succesvol penetreren in de grote bedrijven, onderzoekslaboratoria en universiteiten. Dit zijn dan over het algemeen goed toegankelijke systemen, in een hogere programmeertaal aanspreekbaar, die vrij goedkoop zijn, vergeleken met de huidige supers. Voor een paar ton kan men b.v. reeds een multi-processorsysteem aanschaffen met een peak performance van verschillende Megaflops. Dit heeft geleid tot een significante voorsprong van die onderzoekers die toegang hebben tot deze systemen en tot krachtige impulsen aan hun onderzoeksprogramma's.

Het is van groot belang dat ideeën met betrekking tot parallelle numerieke verwerking getoetst en geverifieerd kunnen worden op een bestaand systeem. Daarnaast leiden experimenten tot inspiratie voor het ontwerpen van meer geschikte methodieken (nieuwe programmeertalen of dialecten, tools, algoritmen,...).

Helaas beschikt het CWI nog steeds niet over (toegang tot) een parallelle processor die geschikt is voor onderzoek van parallelle numerieke methoden. Een belangrijke eis hierbij is de *reproduceerbaarheid* van met parallel rekenen verkregen resultaten (met name m.b.t. het *aantal* gebruikte processoren).

WERKPLAN 1988

NW 4.1

In het kader van de internationale werkgroep Ada-Europe Numerics Working Group en een door de EG gesubsidieerd project zullen in NW 4.1 de volgende werkzaamheden worden uitgevoerd:

- 1 De taal Ada bevat geen standaard elementaire functies (maar alle gewenste functies kunnen in Ada zelfs machine-onafhankelijk geïmplementeerd worden) en een eerste vereiste is derhalve een extensie van Ada door het voorstellen en invoeren van een universele standaard hiervoor. In samenwerking met leden van de Ada-Europe Numerics Working Group (onder auspiciën van de EG) en met andere geïnteresseerden (o.m. in de VS) zal het werk aan een voorstel naar Kok & Symm (1984) en aan een model-implementatie van een 'package' van elementaire functies worden voortgezet. Hiertoe wordt overgelegd met de betreffende ISO-werkgroep.
- 2 Verder wordt in ESPRIT-verband o.l.v. Siemens (München) gewerkt aan onderzoek van en toepasbaar maken van methoden voor het bereiken van hoge nauwkeurigheid in eindresultaten van samengestelde floating-point-berekeningen, gebaseerd op een voorstel van Kulisch & Miranker (1983).

Voor het beschikbaar stellen met ruime functionele mogelijkheden gepaard aan bedieningsgemak zal een Ada-implementatie gemaakt worden, terwijl verder methoden voor transformatie van formules en nieuwe algoritmen voor het verkrijgen van grotere nauwkeurigheid ontworpen zullen worden.

- 3 Voortbouwend op een door de EG gesubsidieerde studie naar de toepasbaarheid van de taal Ada voor het maken van wiskundige programmatuur (door NPL en CWI, zie Symm et al. (1984)), werd van 1985-1987 gewerkt aan het ontwerpen en implementeren van basismodulen van een numerieke Ada-bibliotheek als 'pilot study' voor het maken van een volledige programmatheek. Het accent lag hierbij op het volledige ontwerp van de grondlaag van een numerieke bibliotheek die voldoet aan de ontwerpeisen van Ada, voorzien van moderne methoden voor foutenopvang om grote betrouwbaarheid te bereiken.
I.s.m. NAG wordt naar een vervolg op deze 'pilot study' gezocht in ESPRIT.

NW 4.2

- 1 *Linear Algebra Subprograms*. Vectoriseren en paralleliseren van de belangrijkste (en vectoriseerbare!) elementaire numerieke algebra-subprogramma's uit de bestaande collectie van Dekker en Hoffmann [6]. Deze collectie bevat (o.a) subprogramma's voor het oplossen van stelsels lineaire vergelijkingen, voor het inverteren van een matrix, voor het oplossen van lineaire kleinste kwadratenproblemen en voor het berekenen van eigenwaarden en eigenvectoren.
- 2 *Advanced Numerical Algorithms*. Dit gedeelte hangt nauw samen met de afdelingsprojecten Beginwaardeproblemen (projectleiders: P.J. van der Houwen en J.G. Verwer) en Randwaardeproblemen (projectleider: P.W. Hemker). In deze projecten wordt in het bijzonder aandacht besteed aan het ontwikkelen van adaptieve roostertechnieken voor b.v. evolutievergelijkingen en van efficiënte methoden voor het oplossen van de halfgeleidervergelijkingen. Bij beschikbaarheid van voldoende mankracht zal onderzocht worden in hoeverre de gebruikte numerieke algoritmen voor vector- en/of parallelle processoren kunnen worden benut.
- 3 *NUMVEC-Library*. Doel hiervan is het voor algemeen gebruik beschikbaar stellen van speciaal voor vectorprocessoren en parallelle processoren ontwikkelde numerieke programmatuur. De routines die in deze programma-bibliotheek worden opgenomen, kunnen geschreven zijn in portable ANSI FORTRAN 77 (mits deze code goed gevectoriseerd kan worden) of in machine-afhankelijke code indien dit voor de efficiëntie noodzakelijk is.

WERKPLAN NA 1988

Afhankelijk van beschikbare financiële middelen en parallelle apparatuur.

Literatuur bij NW 4.1

- 1 ANSI/MIL-STD 1815A. *Reference Manual for the Ada Programming Language*. US DoD, January 1983.
- 2 J. KOK, G.T. SYMM (1984). A proposal for standard basic functions in Ada. *Ada Letters*, Vol. IV.3, 44-52.
- 3 U. KULISCH, W.L. MIRANKER (eds.) (1983). *A new Approach to Scientific Computation*, Academic Press.
- 4 G.T. SYMM, B.A. WICHMANN, J. KOK, D.T. WINTER (1984). *Guidelines for the Design of Large Modular Scientific Libraries in Ada*, Final report for the Commission of the European Communities, CWI Note NM-8401.

Literatuur bij NW 4.2

- 1 Parallel Computing, North-Holland, 1984.
- 2 Future Generation Computer Systems, North-Holland, 1984.
- 3 The Journal of Supercomputing, Kluwer, 1987.
- 4 Supercomputer, SARA, Amsterdam, 1984.
- 5 Nature, Vol. 321, 8 mei 1986, p. 103, p. 107 en p. 126.
- 6 TH. J. DEKKER, W. HOFFMANN, ALGOL 60 Procedures in Numerical Algebra, Parts 1 and 2, Math. Centre Tracts 22 en 23, CWI, Amsterdam, 1968.

Afdeling

Programmatuur

Het onderzoek in de afdeling Programmatuur richt zich op de theorie, methodologie en technologie van het programmeren en op informatica-aspecten van kunstmatige intelligentie. Een belangrijk gedeelte van het afdelingswerk vindt plaats binnen een viertal ESPRIT-projecten, terwijl het project 'Expertsystemen' wordt gesteund vanuit het INSP. Laatstgenoemd project participeert ook in het door SPIN gesteunde PRISMA-project. In 1987 is een nieuw project gestart betreffende de logische grondslagen van kunstmatige intelligentie.

De afdeling heeft thans de volgende projecten:

- AP1 Concurrency;
- AP2 Formele specificatiemethoden;
- AP3 Uitbreidbare programmeeromgevingen;
- AP5 Expertsystemen;
- AP6 Logische aspecten van kunstmatige intelligentie.



TITEL: Concurrency

TITLE: Concurrency

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Onderzoek van semantische aspecten van parallelle verwerking volgens diverse programmeerstijlen (imperatief, applicatief-functioneel, dataflow, object-georiënteerd e.d.); voorts bewijsmethodologie t.b.v. parallellisme.

TECHNICAL ABSTRACT

Research into the semantic aspects of parallel computation according to various programming styles (imperative, applicative-functional, dataflow, object-oriented); also proof methodology for parallel computation.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. J.W. de Bakker (projectleider)

drs. F.S. de Boer

drs. J.J.M.M. Rutten

drs. J.N. Kok (SION)

SAMENWERKING

Er wordt samengewerkt met partners in LPC en ESPRIT (zie hieronder).

VU Amsterdam (dr. J.-J.Ch. Meijer)

Universität Kiel (dr. E.-R. Olderog)

SUNY at Buffalo (prof. J.I. Zucker)

AANVANG: 1984

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie	: P120, P170, T120
NABS-code	: N076
1980 Math. Subj. Class. (1985)	: 68N15, 68Q10, 68Q55, 68Q60, 68Q90
1982 CR Classification Scheme	: D.1.3, D.2.1, D.2.2, D.2.3, D.2.6, D.3.0, D.3.4, F.1.2, F.3.2, I.1.3, K.3.2, K.8

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De studie van gedistribueerde verwerking van gegevens, speciaal verwerking door meerdere processoren, heeft zich in de zeventiger jaren ontwikkeld tot een centraal thema in de theoretische (en toegepaste) informatica. Ontwikkelingen in de architectuur van computersystemen hebben hierbij een beslissende rol gespeeld. Het onderzoeksterrein van de theorie van gedistribueerde verwerking is zeer uitgebreid en bevat allerlei deelterreinen, b.v. complexiteitsvragen, parallelisme bij numerieke methoden, gedistribueerde databases en concurrency bij databases enz., die in dit project niet aan de orde komen. De probleemstelling bij het project gaat uit van programmeerconcepten voor concurrency. Als hoofdprobleem bij samenwerkende processen treedt op: hoe worden de bewerkingen van de afzonderlijke processen gesynchroniseerd en hoe verloopt de communicatie tussen de processen.

Van de vele studies die talen voor concurrency tot onderwerp hebben, noemen we een tweetal baanbrekende onderzoeken: Hoare's *Communicating Sequential Processes* en Milner's *Calculus for Communicating Systems*. Beide boeken introduceren een aantal fundamentele begrippen in de studie van concurrency en zijn onderwerp van intensief onderzoek. De recente programmeertaal Ada heeft in het bijzonder van CSP invloed ondergaan. Wetenschappelijke modelvorming voor concurrente programmeerconcepten is wezenlijk moeilijker dan voor sequentiële programma's. Is het bij de laatste veelal mogelijk slechts het invoer/uitvoergedrag van het programma --in de vorm van een geassocieerde functie-- te onderzoeken, bij parallelle programma's is het in het algemeen nodig veel meer van de geschiedenis van de verwerking-- in de vorm van een gestructureerde weergave van de acties en toestanden onderweg-- in de beschouwing te betrekken. Bovendien zijn vaak oneindig voortlopende berekeningen onderwerp van studie, welke nieuwe technieken (b.v. ontleend aan de theorie van oneindige woorden) vragen en nieuwe problemen, in het bijzonder betreffende 'fair scheduling', ontmoeten. In het algemeen vertoont de semantiek van concurrency raakvlakken met de theorie van formele talen (b.v. betreffende de zogeheten trace-talen) die niet optreden in het sequentiële geval. Het project stelt zich verder ten doel een bijdrage te leveren aan het onderzoek van (aspecten van) semantiek van concrete talen voor concurrency en betreffende de gezondheid en volledigheid van formele systemen om eigenschappen (correctheid, terminatie, deadlock freedom enz.) van concurrente programma's te beschrijven.

Een gedeelte van het project vindt plaats in het kader van het SION Landelijk Project Concurrency (LPC), syntactische, semantische en bewijstheoretische facetten. Hierin werken samen prof.dr. G. Rozenberg (RU Leiden) voor syntactische aspecten (speciaal Petrinetten), prof.dr. J.W. de Bakker (CWI/VU Amsterdam) voor semantische aspecten (zie onder) en prof.dr. W.P. de Roever (TU Eindhoven) voor bewijstheoretische aspecten (speciaal real-time-problematiek). Het LPC bevat een drietal promotie-onderzoeken, besteedt daarnaast speciaal aandacht aan educatieve doelstellingen en aan contacten met industriële research.

Voorts participeert het project als subcontractor bij ESPRIT-project 415

'Parallel Architectures and Languages for AIP: a VLSI-directed approach'. Prime contractor bij dit project is Philips; partners zijn GEC (UK), Bull (Frankrijk), AEG (W. Duitsland), CSELT (Italië) en Nixdorf (W. Duitsland). Vanuit het project 'Concurrency' wordt meegewerkt aan de Werkgroep Semantics and Proof Techniques van het ESPRIT-project; voorts wordt onderzoek gedaan betreffende semantiek en bewijsmethodologie van de door Philips ontwikkelde programmeertaal POOL (Parallel Object Oriented Language).

Een belangrijke inspanning betreffende de theorie van concurrency wordt verder geleverd binnen project AP 2, speciaal betreffende procesalgebra (zie aldaar).

WERKPLAN 1988

In 1988 zal gewerkt worden aan:

- vergelijkende semantiek van imperatieve, in het bijzonder uniforme, concurrency;
- semantiek van (niet-deterministische) dataflow en functioneel programmeren;
- semantiek en bewijsmethodologie van POOL; voor wat betreft semantiek i.h.b. 'fairness', 'fully abstractness' en equivalentie van eerder ontwikkelde semantieken; voor wat betreft bewijsmethodologie worden ook technieken uit de temporele logica toegepast;
- een keuze uit enkele andere onderwerpen zoals flow of control in de semantiek van logic programming en van expressies met zij-effecten.

Verder zal tijd besteed worden aan organisatorisch werk t.b.v.:

- het Landelijk Project Concurrency;
- ESPRIT-project 415 (lidmaatschap Project Coordination Committee, voorzitterschap WG Semantiek/Bewijstechnieken; werk betreffende de theorie van POOL).

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek.



TITEL: Formele specificatiemethoden

TITLE: Formal specification methods

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Onderzoek betreffende specificatietalen, procesalgebra, termherschrijfsystemen, executeerbare specificaties en systeemontwikkelingsmethodologie.

TECHNICAL ABSTRACT

Research concerning specification languages, processalgebra, term rewriting systems, executable specifications and systems development methodology.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr. J.A. Bergstra, adviseur (Universiteit van Amsterdam, RU Utrecht)

prof.dr. J.W. Klop (projectleider)

drs. R.J. van Glabbeek

drs. H. Mulder

drs. F.W. Vaandrager

drs. H. Goeman (RU Leiden)

drs. W.P. Weijland (tewerkgestelde erkende gewetensbezwaarde)

wetenschappelijk medewerker 2

SAMENWERKING

ESPRIT-partners

Universiteit van Amsterdam

RU Utrecht

VU Amsterdam

Philips

AANVANG: 1982

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P120, P170, T120

NABS-code : N076

1980 Math. Subj. Class. : 68B05, 68B10, 68B20, 68C01, 68F20

1982 CR Classification Scheme : D.1.3, D.2.1, D.2.2, D.2.3, D.2.6,
D.3.0, D.3.4, F.1.2, F. 3.2, I.1.3,
K.3.2, K.8

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Het grootste deel van het onderzoek vindt plaats in het kader van ESPRIT-project 432 Meteor (An Integrated Formal Approach to Industrial Software Development). Prime contractor bij dit type A project is Philips; de overige partners zijn CGE (F), APT (B), COPS (IRL), TXT (I), CWI (NL) en Universiteit van Passau (D).

Zwaartepunt in dit onderzoek is het werk aan formele methoden voor (1) specificatietalen en (2) systeemontwikkelingsmethodologie. Specifieke thema's bij (1) zijn: varianten van logica's zoals equational logic, eerste orde logica en temporele logica. Van verder belang zijn 'configuration descriptions' en objectgeoriënteerde specificaties. Specifieke thema's bij (2) zijn: initiële requirements, constructiemethoden, life-cycle thematiek. De deelname van het CWI richt zich vooral op (1). Het werk aan (1), formele methoden voor specificatietalen, speelt zich af op de volgende deelterreinen:

- (i) Procesalgebra. Beoogd is een verdere ontwikkeling in de richting van protocolspecificatie en -verificatie, en van echt parallelle operationele semantiek. Procesalgebra is verder dienstig bij de ontwikkeling van een uniform kader voor diverse algebraïsche processemantiek; naast Milner's bisimulatiesemantiek en Hoare's 'failure semantics' kunnen reeds een aantal, voorheen ongecorrleerde, processemantiek algebraïsch beschreven worden in dit kader. In het bijzonder heeft de relatie met Petrinetten onze aandacht.

Een voortzetting is beoogd van een studie naar de beslisbaarheid van het gelijkheidsprobleem voor specificaties van processen die corresponderen met deterministische push-down automaten.

- (ii) Module Algebra. Hierin wordt een formalisering gegeven van begrippen als 'module', importeren, exporteren, parametriseren van modules. Dit werk vindt in samenwerking met AP3 plaats; de hoofdmoot van het werk is bij AP3 gesitueerd.

- (iii) Implementatietechnieken. Naast het ontwikkelen van case studies, het bestuderen van algoritmen op algebra's en relaties tussen algebra's (homomorfe inbeddingen) spelen termherschrijfsystemen (termreductiesystemen, TRS-en) hier een belangrijke rol.

In samenwerking met prof.dr. H.P. Barendregt (KUN) en dr. Y. Toyama (NTT, Tokyo) wordt een studie gemaakt van modulaire eigenschappen van termherschrijfsystemen.

Verder wordt geparticipeerd in een klein ESPRIT-project 1229 (1283): VIP (VDM for Interface specification of the PCTE, portable common tool environment). Partners in dit project zijn: Océ (NL), PTT-DNL (NL), Praxis (UK). De CWI deelname bedraagt 1,2 f.t.e.

Voorzien wordt de activiteit betreffende termherschrijfsystemen grotere aandacht te geven. Het betreft hier fundamenteel onderzoek, dat zou kunnen uitgroeien tot een op zichzelf staand project.

Wat betreft onderwijs: voortzetting van de PAO-cursussen 'Moderne technieken in software engineering' wordt voorzien. Deze reeks cursussen wordt verzorgd door medewerkers van de projecten AP 2 en 3 in samenwerking met

(wisselende) docenten werkzaam buiten het CWI. Gestreefd wordt naar het realiseren van nieuwe PAO-cursussen over protocolverificatie en algebraïsche specificaties, beide i.s.m. docenten van universiteiten in de regio.

WERKPLAN 1988

De hoofdzaak wordt het voldoen aan de contractuele verplichtingen voor de ESPRIT-projecten Meteor en VIP. Feitelijk zal gewerkt worden aan: procesalgebra en in samenwerking met AP3 (GIPE) aan algebraïsche specificaties en termherschrijfgeregels.

In het bijzonder zal de aandacht in het komend jaar geconcentreerd worden op:

- module algebra en het algebraïsch specificatieformalisme ASF (Meteor i.s.m. GIPE);
- beslisbaarheidsproblemen voor recursief gespecificeerde processen;
- hardware-verificatie d.m.v. procesalgebra;
- onderzoek termherschrijfsystemen;
- schrijven van overzichtsartikelen over termherschrijfsystemen, algebraïsche specificaties en procesalgebra.

WERKPLAN NA 1988

Voor het ESPRIT-project Meteor staat op het programma: het inbrengen van real-time aspecten in de specificatietaal COLD, die binnen het Meteor-project door Philips wordt ontwikkeld.



TITEL: Uitbreidbare programmeeromgevingen

TITLE: Extensible programming environments

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Algebraïsche specificatie van programmeeromgevingen, incrementeel ontwikkelen van taaldefinities, operationalisatie van algebraïsche specificaties.

TECHNICAL ABSTRACT

Algebraic specification of programming environments, incremental development of language definitions, implementation of algebraic specifications.

SAMENSTELLING GROEP

drs. N.W.P. van Diepen

J. Heering

drs. P.R.H. Hendriks

prof.dr. P. Klint (projectleider)

drs. J. Rekers

ir. M.H. Logger (BSO, gedetacheerd bij CWI)

wetenschappelijk medewerker 4 (BSO, gedetacheerd bij CWI)

SAMENWERKING

ESPRIT-partners

Universiteit van Amsterdam

AANVANG: 1982

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie : P120, P170, T120

NABS-code : N076

1980 Math. Subj. Class. (1985) : 68N05, 68N20, 68Q40,
68Q45, 68Q50

1987 CR Classification Scheme : D.1.2, D.2.1, D.2.2, D.2.3, D.2.4,
D.2.5, D.2.6, D.3.1, D.3.4,
F.3.1, F.3.2, F.4.2, I.2.2

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Bij het ontwerp van (steeds grotere) informatieverwerkende systemen vormt de constructie van de softwarecomponent een toenemend probleem. Zowel de effectiviteit van het programmatuurontwikkelingsproces als de kwaliteit van het resulterende produkt laten te wensen over.

Programmeeromgevingen zijn bedoeld als hulpmiddel bij programmatuurontwikkeling en bestaan uit verzamelingen gereedschap voor het maken en bewerken van programma's. Uit eerder onderzoek in het kader van dit project is gebleken dat de diverse 'modes' in een programmeeromgeving (d.w.z. subsystemen voor, bijvoorbeeld, editing en debugging, elk met hun eigen commandotaal) in hoge mate geïntegreerd kunnen worden binnen één linguïstisch raamwerk. Dit leidt tot systemen met een veel grotere consistentie en eenvoud dan de conventionele systemen. Het is voor veel toepassingen echter wenselijk dat de gebruiker het systeem kan uitbreiden met eigen (applicatie)talen. Zelfs een geïntegreerd systeem biedt dan weinig steun: de implementatie van en de omgeving voor de toe te voegen taal moeten geheel van de grond af opgebouwd worden.

In dit project wordt onderzocht hoe de gereedschappen in een programmeeromgeving gegeneraliseerd kunnen worden, zodat de inspanning, die voor het toevoegen van een nieuwe taal vereist is, drastisch kan worden verminderd. Daartoe wordt de omgeving gebaseerd op taaldefinities, waaruit automatisch voor elke taal een syntaxgestuurde editor/prettyprinter, een incrementele type checker en een incrementele evaluator worden afgeleid. De gebruiker die een taaldefinitie toevoegt, krijgt dus automatisch een gedeelte van de omgeving voor die taal ter beschikking. Belangrijk uitgangspunt is verder dat nieuwe taaldefinities gedeelten van reeds bestaande definities kunnen 'lenen'. Dit voorkomt onnodige duplicatie en bevordert de uniformiteit van het systeem.

In verband hiermee ontstaat de vraag op welke wijze nieuwe talen in een dergelijk systeem gedefinieerd en vervolgens geoperationaliseerd moeten worden. In het bijzonder de specificatie van de semantiek van een nieuwe taal is een probleem. De syntax laat zich meestal zonder veel moeite uitdrukken.

Er is gekozen voor de algebraïsche methode van semantiekdefinitie. Terwijl algebraïsche specificatie van datatypen al enige tijd in de belangstelling staat, is meer recentelijk ook een algebra van processen ontwikkeld. Bovendien is sinds kort duidelijk dat algebraïsche definities voor een breed scala van problemen geschikt zijn. In dit kader is de specificatietaal ASF (Algebraïsch Specificatie Formalisme) ontwikkeld.

Naar zich op dit moment laat aanzien zal een taaldefinitie uit drie gedeelten bestaan:

- 1 Een definitie van de *concrete en abstracte syntax* van de te definiëren taal in SDF, een in het kader van het project voor dit doel ontwikkeld formalisme. Uit deze definitie dient de programmeeromgevinggenerator een syntaxgestuurde editor af te leiden.
- 2 Een algebraïsche specificatie van de *statische semantiek* van de te definiëren taal. Uit dit gedeelte moet een incrementele type checker worden afgeleid.

- 3 Een algebraïsche specificatie van de *dynamische semantiek* van de te definiëren taal. Hieruit moet een incrementele evaluator worden afgeleid.

In het bijzonder vormen het incrementeel ontwikkelen van taaldefinities en het genereren van *incrementele* type checkers en interpretators een grotendeels braakliggend terrein.

Dit onderzoek vindt gedeeltelijk plaats in het kader van ESPRIT-project 348 (GIPE - Generation of Interactive Programming Environments), waarvan de tweede fase in november 1986 is ingegaan. Deze fase zal drie jaar duren. Er wordt samengewerkt met INRIA (G. Kahn, Sophia-Antipolis en B. Lang Rocquencourt), het Nederlandse softwarehouse BSO en het Franse softwarehouse SEMA. Daarnaast wordt samengewerkt met medewerkers van project AP2 en de UvA.

WERKPLAN 1988

- Voltooien van de SDF-implementatie (gebaseerd op nieuwe incrementele technieken voor het genereren van scanners en parsers).
- Onderzoek naar het genereren van syntax-directed editors op basis van SDF-specificaties.
- Integratie van SDF met ASF.
- Operationalisering van algebraïsche specificaties (hierbij worden o.a. ASF-definities automatisch naar Prolog vertaald en wordt de constructie van modulenbibliotheken bestudeerd).

WERKPLAN NA 1988

- Implementatie van ASF en SDF.
- Voortzetting van het onderzoek om uit een gegeven taaldefinitie een *incrementele* implementatie af te leiden (van belang voor het genereren van incrementele typecheckers en evaluators).



TITEL: Expertsystemen

TITLE: Expert systems

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Onderzoek naar de toepasbaarheid van methoden van kennisrepresentatie en automatisch redeneren in expertsystemen. Gespreide probleem-oplossing in expertsystemen. De ontwikkeling van experimentele programmatuur voor de constructie van expertsystemen.

TECHNICAL ABSTRACT

Research into the applicability of methods of knowledge representation and automatic reasoning in expert systems. Distributed problem solving in expert systems. The development of prototype expert system tools.

SAMENSTELLING GROEP

dr. M. Bezem

drs. A. Eliëns

ir. L.C. van der Gaag

drs. P.J.F. Lucas

drs. P.M. Rukkers

SAMENWERKING

Erasmus Universiteit Rotterdam

Philips Research Laboratorium

Rijksuniversiteit Leiden

Universiteit Twente

Universiteit van Amsterdam

AANVANG: 1985/1986

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie	:	P170, S260
NABS-code	:	N076
1980 Math. Subj. Class.	:	68T01, 68T20, 68T30
1982 CR Classification Scheme	:	I.1.2, I.1.3, I.2.1, I.2.3, I.2.4, I.2.5, I.2.8

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De kunstmatige intelligentie richt zich op de ontwikkeling van computersystemen die complexe taken kunnen volbrengen, waarbij een vorm van 'intelligent' gedrag nodig is. Een gemeenschappelijke grondslag van de verschillende deelgebieden van de kunstmatige intelligentie wordt gevormd door de methoden om kennis te representeren en te manipuleren. De architectuur van recente AI-systemen is veelal zodanig ontworpen dat een scheiding aangebracht is tussen een component waarin kennis is vastgelegd, de kennisbank, en een inferentiemachine, die de opgeslagen kennis samen met de toegevoerde gegevens toepast om tot een oplossing voor een bepaald probleem te komen. De projectgroep concentreert zich bij het onderzoek op expertsystemen, waarin men doorgaans deze scheiding, in het bijzonder in expert system shells, aantreft.

De basis van het onderzoek naar expertsystemen wordt gevormd door ervaringen met de expert system shell DELFI-2. De ontwikkeling van specifieke expertsystemen op enkele probleemgebieden heeft naar voren gebracht dat het vastleggen van kennis in object-attribuu-waarde-tupels, die deel uitmaken van produktieregels, belangrijke beperkingen kent. Produktieregels, een veel gebruikt representatiefomalisme, bezitten een onduidelijke declaratieve semantiek, worden tevens gebruikt om de inferentie in een expertstelsysteem te beïnvloeden en bieden onvoldoende mogelijkheden om structuur aan te brengen in een kennisbank. Het is echter gebleken dat herformulering naar multi-sorted eerste-orde predicatenlogica onder bepaalde voorwaarden goed mogelijk is, hetgeen de betekenis van in produktieregels geformuleerde kennis helder maakt. In de meest algemene vorm is dit formalisme echter ongeschikt voor automatische verwerking. Voor de structurering van domeinkennis in een expertstelsysteem kan met name framerepresentatie van belang zijn. Onderzoek naar de wijze waarop het redeneren met frames ingrijpt op produktieregel-inferentie en deze laatste vorm van inferentie eventueel kan sturen, is in dit verband van belang. De resultaten van elders plaatsvindend onderzoek op het terrein van 'logic programming' zijn relevant voor dit onderzoek, omdat daar analoge probleemstellingen centraal staan. In tegenstelling tot dit laatste gebied, zijn veel van de representatiemethoden in expertsystemen gerelateerd aan een bepaald probleemgebied, of klasse van probleemgebieden, waardoor generalisering niet zonder meer mogelijk is. In verband met het toepassen van de ontwikkelde methoden, is ook onderzoek naar het vastleggen van en omgaan met onzekere informatie belangrijk.

Gespreide probleemoplossing, waarbij een probleem in enkele deelproblemen wordt gesplitst die zo veel mogelijk onafhankelijk van elkaar door een inferentiemachine opgelost worden, is een thema dat binnen het te verrichten onderzoek naar parallelisme in expertsystemen naar voren komt. Het onderzoek vindt plaats in het kader van het PRISMA-project onder leiding van het Philips Research Laboratorium (dr. H.H. Eggenhuisen). In dit project participeren de Universiteit Twente (prof.dr. P.M.G. Apers), de DAISY-groep van het CWI (dr. M.L. Kersten), de Universiteit van Amsterdam (prof.dr. L.O. Hertzberger), de Rijksuniversiteit Utrecht (prof.dr. J.A. Bergstra) en de

Rijksuniversiteit Leiden (prof.dr. G. Rozenberg). Het onderzoek is eind 1986 van start gegaan. Het project richt zich op de ontwikkeling van een parallelle data- en kennisverwerkende computer. De projectgroep werkt in dit verband aan het ontwerp en de implementatie van een parallelle expert system shell in de object-georiënteerde programmeertaal POOL-X.

Ervaringen met de ontwikkeling van applicaties kunnen argumenten opleveren ten aanzien van de toepasbaarheid van een expert system shell voor het oplossen van een klasse van problemen. Daarom is ook binnen het PRISMA-project uitgegaan van een specifiek probleemgebied, waarin het systeem uiteindelijk inzetbaar moet zijn. Studie van een probleemdomain kan bijvoorbeeld inzicht verschaffen in mogelijke taalbeperkingen van een representatiefomalisme. Tenslotte vindt al geruime tijd in samenwerking met de Erasmus Universiteit Rotterdam en de Rijksuniversiteit Leiden onderzoek plaats naar de ontwikkeling en de validering van een medisch expertsysteem.

WERKPLAN 1988

- Bestudering van de problemen rond het parallelliseren van inferentie-algoritmen in expertsystemen.
- Voortzetting van de experimenten met de ontwikkelde kennisrepresentatie-formalismen die overwogen worden in de parallelle expert system shell.
- Aanvang van het ontwerp en de implementatie van een prototype van een parallelle expert system shell in het kader van PRISMA.
- Onderzoek naar frame-systemen en inheritance dat moet leiden tot een beter begrip van deze concepten.
- Onderzoek naar het omgaan met onzekere informatie in expertsystemen.

WERKPLAN NA 1988

- Voortzetting van de ontwikkeling van een prototype van een parallelle expert system shell.
- Experimenten met de PRISMA-machine.
- Toepassing van het ontwikkelde systeem op een probleemdomain.

TITEL: Logische aspecten van kunstmatige intelligentie

TITLE: Logical aspects of artificial intelligence

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Fundamenteel gericht onderzoek betreffende onderwerpen als: logisch programmeren, deductive databases en de constructie van expert system shells, niet-monotoon en tijdsafhankelijk redeneren, kennisrepresentatie en epistemische logica, behandeling van onvolledige en inconsistente informatie.

TECHNICAL ABSTRACT

Fundamental research into topics such as: logic programming, deductive databases and the construction of expert system shells, non-monotonic reasoning and reasoning involving time, knowledge representation and epistemic logic, dealing with partial and inconsistent information.

SAMENSTELLING GROEP

dr. K.R. Apt (projectleider)
dr. P. van Emde Boas (adviseur)
drs. R. Bol
wetenschappelijk medewerker 1
wetenschappelijk medewerker 3

AANVANG: 1987

CLASSIFICATIECODES

ZWO-classificatie	:P 120, P170, T120
NABS-code	: N 076
1980 Math. Subj. Class.	: 63A05, 03B35, 03B45, 03B60, : 68C20, 68F20, 68G99
1982 CR Classification Scheme	: F.4.1, I.2.1, I.2.3, I.4.2, I.2.7

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Doelstelling van het project is het verrichten van fundamenteel onderzoek betreffende de logische grondslagen van enkele onderwerpen uit het gebied van de kunstmatige intelligentie. Speciaal wordt hierbij gedacht aan expertsystemen - waarbij complementair gewerkt wordt aan het meer experimenteel gerichte project AP5 - en theoretische aspecten van kennisbanken en deductieve databases. Enkele meer specifieke deelonderwerpen worden in het onderstaande beschreven; kenmerkend is het bestuderen van redeneermethoden en het ontwikkelen van (eigenschappen van) logische formalismen welke gemeenschappelijk zijn aan (zoveel mogelijk van) de uiteenlopende domeinen waarop expert- en kennissystemenonderzoek gaande is. De volgende deelonderwerpen zullen in het bijzonder aandacht krijgen:

- 1 Toepassen van logisch programmeren en deductieve databases bij de constructie van expert system shells. Vragen die hierbij aan de orde komen, betreffen de rol van recursieve regels en 'integrity constraints', implementatie van 'queries' als in databases, modularisatie, selectieve besturingsmechanismen, parallelisme en niet-monotoon redeneren. Voorts de speciale eigenschappen van PROLOG en zijn uitbreidingen in onderscheid van logisch programmeren in het algemeen.
- 2 Niet-monotoon redeneren: logica en implementaties. Bij niet-monotoon redeneren onderzoekt men de consequenties van impliciete aannames. Een bevredigende inbedding in logisch programmeren en deductieve databases ontbreekt nog; complicaties worden in het bijzonder veroorzaakt door het dynamisch karakter van kennis over een bepaald domein en het gebruik van metaregels zoals 'negation as failure'.
- 3 Tijdsafhankelijk redeneren. Speciaal wanneer kennis in natuurlijke taal wordt beschreven, dient aandacht te worden gegeven aan de behandeling van het tijdsaspect. Problemen zoals de representatie van tijd en de interactie met niet-monotoon redeneren komen hier aan de orde. Dit deelonderwerp vraagt inbreng van logica, informatica en linguïstiek.
- 4 Kennisrepresentatie en epistemische logica. Epistemische logica behoort van oudsher tot het domein van filosofen en linguïsten. In de informatica is de belangstelling hiervoor sterk toegenomen met de studie van gedistribueerde systemen waar de kennis van een processor over de algemene stand van zaken en over de kennis van andere processoren van belang is. De notie 'common knowledge' is hierbij heronddekt. Binnen het project zal de aandacht speciaal gericht worden op logica's die zich bezig houden met de combinatie van tijd, kennis en actie.
- 5 Omgaan met partiële en inconsistente informatie. Men kan een deductieve database beschouwen als een collectie feiten tezamen met alle hieruit te trekken consequenties. Toevoeging van een nieuw feit inconsistent met de reeds gegeven collecties resulteert dan in de situatie beschreven in de Fagin, Ullman en Vardi anomalie: in de nieuwe toestand is ieder willekeurig feit als consequentie van de inconsistentie aanwezig. Als mogelijke oplossing is voorgesteld om beperkte vormen van logica te gebruiken zoals 'relevance logic'. Semantische modellering van dergelijke

logica's is vooralsnog een open probleem. Het deelproject heeft in het algemeen als doelstelling om informatie uit de linguïstiek toe te passen op kennisbankproblematiek om langs die weg tot een bevredigende behandeling van bovengenoemd probleem te komen.

WERKPLAN 1988

Het verrichten van wetenschappelijk onderzoek betreffende het gebruik van reductieve databases, en logisch programmeren voor de constructie van 'expert system shells'. Vragen die aan de orde komen betreffen het gebruik van 'integrity constraints' in het redeneringsproces, efficiënte implementatie van 'queries' en 'integrity constraints checking', gebruik van 'defaults' en 'null values' en andere fundamentele aspecten zoals boven beschreven.

WERKPLAN NA 1988

Afhankelijk van de resultaten in 1988.

Afdeling

Algoritmiek en Architectuur

Het onderzoek op het gebied van algoritmiek en architectuur richt zich op systemen met betrekking tot gegevensverwerking: talen, besturingssystemen, informatiesystemen e.d. Gespreide algoritmen en systemen vormen een belangrijk aandachtspunt.

In het algemeen zijn de projecten gekozen vanwege hun fundamenteel of strategisch belang. Abstractie en formele methoden spelen bij het onderzoek een grote rol. Het streven is echter tevens om in het algemeenonderzoekresultaten te doen uitmonden in het vervaardigen van prototypen, eventueel - bij gebleken bruikbaarheid - gevolgd door pre-ontwikkeling.

het onderzoek in de afdeling is ondergebracht in vijf projectgroepen:

- AA1 Algoritmen en complexiteit;
- AA2 Transparantie van architecturen;
- AA3 Computersystemen en ergonomie;
- AA4 Gespreide adaptieve informatiesystemen;
- AA5 Constructieve algoritmiek.



TITEL: Algoritmen en complexiteit

TITLE: Algorithms and complexity

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Ontwerp van efficiënte algoritmen, vooral voor gedistribueerde berekeningen, en fundamenteel onderzoek naar de concrete complexiteit van algoritmen.

TECHNICAL ABSTRACT

The design of efficient algorithms, in particular for distributed computations, and fundamental research into the concrete complexity of algorithms.

SAMENSTELLING GROEP

prof.dr.ir. P.M.B. Vitányi

dr. E. Kranakis

wetenschappelijk medewerker

SAMENWERKING

Binnen het CWI wordt samengewerkt met project AA2 en de afdeling MB. Daarbuiten bestaat in Nederland vooral contact met de Universiteit van Amsterdam (groep Van Emde Boas) en de RU Utrecht (groep Van Leeuwen). In het buitenland wordt samengewerkt met, onder meer, University of Rochester (J. Seiferas), Harvard (M. Li), University of Washington (L. Longpré), Massachusetts Institute of Technology (N. Lynch, F.T. Leighton, B. Awerbuch, J. Lundelius).

AANVANG: 1980

CLASSIFICATIECODES

1985 CR Classification Scheme: F.2.2, C.2.2, D.4.1, G.2.2, F.1.1, F.1.2.

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De opkomst van digitale rekenmachines heeft het mogelijk gemaakt daadwerkelijk oplossingen uit te rekenen voor exacte vraagstellingen waarvoor voordien alleen het bestaan van oplossingen viel te bewijzen. De wens steeds grotere problemen aan te pakken, is de motivering voor het ontwerp van efficiëntere algoritmen. Nieuwe technologische ontwikkelingen (het vergroten van het gebruikersgemak in programmeeromgevingen, de complexiteitsaspecten van gedistribueerde berekeningen in computernetwerken en op chip) brengen nieuwe en moeilijke algoritmische problemen met zich mee. (Algoritmische problemen in de informatica zijn eerder van architectonische dan van programmeertechnische aard.)

Het op het CWI verrichte onderzoek aan computernetwerken en niet-conventionele architecturen in het algemeen en aan gedistribueerde informatiesystemen, heeft dan ook een grote algoritmische component. De vraagstukken betreffen in logische volgorde achtereenvolgens het *ontwerp* en de *constructie* van de apparatuur, de *operatie* daarvan en de *applicaties*. Op het CWI moeten deze algoritmische problemen uit de praktijk van netwerken, parallelle architecturen en bijvoorbeeld ook heuristische algoritmen opgelost worden. Dit gebeurt in evenwicht met fundamenteel onderzoek in het ontwerpen van algoritmen en berekeningscomplexiteit.

WERKPLAN 1988

Het onderzoek op het gebied van *machinecomplexiteit*, het vergelijken van de efficiëntie in berekeningen van verschillende datastructuren (tellers, stapels, buffers, gelinkte lijsten in de gedaante van restricties op Turing machines) wordt voortgezet, evenals het onderzoek naar complexiteit, architecturen en berekeningsmodellen voor geïntegreerde schakelingen. De monografie over fundamentele aspecten van combinatorische algoritmen voor het bijhouden van tellingen in computers (Vitányi) vordert, en zal waarschijnlijk uitgegeven worden in de Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics.

Het onderzoek naar 'time-driven' algoritmen voor gedistribueerde besturing, zoals kloksynchronisatie-algoritmen en crash-recovery in multiprocessor systemen wordt uitgebreid. Verder worden nieuwe methoden voor het implementeren van gedistribueerde name servers, mutual exclusion en gedistribueerd version management via voting schemes onderzocht. Voor deze analyse werd een nieuwe theoretische benadering opgesteld, waarvan de genoemde problemen speciale gevallen blijken te zijn. Nieuw is het onderzoek naar implementatie van atomaire (geserialiseerde) gemeenschappelijke register-toegang door asynchrone hardware. Dit betreft het probleem van concurrent lezen en schrijven. Nieuw is ook onderzoek naar realistische berekeningsmodellen voor multicomputer systemen. In het bijzonder naar lokaliteit, communicatie en interconnect lengtes in multicomputer systemen, die in de bestaande modellen totaal verwaarloosd worden. Daar de kosten van berekeningen in grootschalige multicomputer systemen meer en meer gedomineerd worden door communicatie, en minder door rekenen, zijn de kostenmaten van de bestaande modellen in toenemende mate onrealistisch.

Het onderzoek naar gedistribueerde algoritmen, protocollen en architecturen geschiedt—gedeeltelijk—in samenwerking met project AA2. Verder wordt samengewerkt met de afdeling MB, de groep 'Theory of Distributed Computation' op het Massachusetts Institute of Technology, en AT&T Bell Research Labs, Holmdel, N.J. In het onderzoek naar lineaire datastructuren wordt samengewerkt met Harvard.

Het datastructuur-onderzoek is gemotiveerd als fundamenteel onderzoek waarbij niet aan directe toepassing gedacht wordt. Het onderzoek aan name servers en dergelijke betreft vraagstukken in het ontwerp van gedistribueerde operating systems die nu ontworpen en ontwikkeld worden. De 'atomic shared registers' geven inzicht in een vorm van concurrency waarbij serializability wordt gegarandeerd zonder enige vorm van wachten, dit in contrast met serializability door mutual exclusion, semaforen, synchronisatie, rounds, etc. Dit onderzoek heeft ook relaties met het ontwerp van nieuwe. Het onderzoek naar algoritmen, architectuur en technologie aspecten in modellen van concurrent berekening houdt verband met de grootschalige multicomputers die nu ontworpen worden voor de nabije toekomst.

Het onderzoek naar tijdsafhankelijke algoritmen betreft het analyseren van het fenomeen dat theoretische algoritmen en in de praktijk van computernetwerken gebruikte algoritmen radicaal verschillende aannamen over 'tijd' maken, en het ontwikkelen van een theorie die het mogelijk maakt praktisch gebruikte algoritmen uit te drukken en praktisch bruikbare dergelijke algoritmen te ontwikkelen. 'Tijd' wordt in de de theorie van gedistribueerde berekeningen nog weinig begrepen; toch ligt het aan de basis van het gedrag en de prestaties van vrijwel al dergelijke berekeningen. Dit soort onderzoek is nieuw, en vergelijkingen met bestaand onderzoek zijn niet te maken.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek; uitbreiding met vraagstellingen uit project AA 3.1 als protocollen voor het gedistribueerd bewaren van globale consistentie in een netwerk. Mogelijk ook analyse van het 'nested transactions' model. Gedistribueerde algoritmen zijn doorgaans synchroon of puur asynchroon. Onderzocht worden algoritmen tussen synchroon en puur asynchroon in: logisch tijdonafhankelijk maar toch gebruik makend van tijd, efficiënter dan kan met puur asynchrone algoritmen, robust en met 'graceful degradation' bij toenemende asynchroniciteit in het systeem. In dit onderzoek wordt samengewerkt met het Laboratory for Computer Science van het Massachusetts Institute of Technology. Ontwikkeling van formele modellen voor multicomputer systemen, en realistische kostenmaten voor de berekeningscomplexiteit. In het bijzonder het verantwoorden van communicatie kosten i.v.m. de communicatie netwerk architectuur, in termen van tijd- en ruimtcomplexiteit van de berekening. Hierin wordt samengewerkt met AT&T Bell Research Labs.

Verdere aanpak van de met het project AA2 samenhangende problemen (zoals bijvoorbeeld 'Distributed Match-Making').

TITEL: Transparantie van architecturen

TITLE: Architectural transparency

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Het ontwikkelen van software-architecturen die niet-conventionele hardware-architectuur transparant maken, toegespitst op netwerken van gekoppelde apparatuur.

TECHNICAL ABSTRACT

The development of software architectures that make unconventional hardware architecture transparent, focussing on networks of interconnected machines and peripheral equipment.

SAMENSTELLING GROEP

dr. S.J. Mullender (projectleider)

A.J. Jansen

I. Shizgal M.S.

drs. G. van Rossum

wetenschappelijk medewerker 4

SAMENWERKING

Dit project wordt uitgevoerd in samenwerking met andere researchinstellingen. In het bijzonder met de vakgroep Informatica van de VU Amsterdam is er een nauwe samenwerking op het gebied van *implementatiewerkzaamheden*. Verder is er samenwerking met een dertiental onderzoeksinstellingen in heel Europa in het kader van een COST-11 project (het Mandis project) voor onderzoek op het gebied van gespreide systemen in *Wide Area Networks*. Aan dit onderzoek ligt eveneens het *Service Model* (zie verderop) ten grondslag. Het onderzoek aan het CWI vormt op deze manier een belangrijke bijdrage aan het gespreide-systemen-onderzoek in Europa en het bepalen van internationale standaards op dit terrein.

Tenslotte zal in 1988 ook worden samengewerkt met de Cambridge University en DEC Systems Research Center. In het geval van Cambridge gaat het om uitwisseling van onderzoekers; in het geval van DEC om het beschikbaarstellen van een tweetal multiprocessoren.

AANVANG: 1980

CLASSIFICATIECODES

1985 CR Classification Scheme: D.4, C.2

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

In de begindagen van de computer was een computer een dure machine die met velen gedeeld werd; nu wordt steeds meer gebruik gemaakt van de personal computer, en we voorzien dat er al gauw per persoon een groot aantal microcomputers beschikbaar zullen zijn. Al deze computers zullen onderling verbonden worden door een computernetwerk om ze zo, door ze gegevens uit te laten wisselen, samen te laten werken.

Op het ogenblik is zo'n netwerk hinderlijk zichtbaar: gebruikers moeten bij het noemen van bestanden en het draaien van programma's weten op welke machine het bestand zich bevindt en op welke machine het programma draait. Er zijn speciale handelingen nodig om van de communicatiemogelijkheden tussen machines gebruik te kunnen maken.

Het onderzoek 'Transparantie van Architecturen' is een middel om naar software-architecturen te zoeken die de hardware-architectuur transparant maken: de gebruiker hoeft niet meer te weten waar zich zijn bestanden bevinden en als hij een commando wil geven, hoeft hij ook niet te weten of het programma op een andere machine draait, en zeker niet welke.

Het onderzoek wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met de Vakgroep Informatica van de VU Amsterdam. De projectleiders zijn prof.dr. A.S. Tanenbaum aan de VU en dr. S.J. Mullender aan het CWI. Het onderzoek draait nu zeven jaar en heeft geresulteerd in het ontwerp en de gedeeltelijke implementatie van het 'Amoeba Distributed Operating System'.

Als architectuurmodel in Amoeba dient het *Service Model*. In dit model wordt elk *object* (file, database, printer, proces) beheerd door een *service*. Elke service definieert een aantal vast omschreven operaties op de door die service geïmplementeerde objecten. Het model kan goed worden vergeleken met *Abstract Data Types*.

Voor de implementatie van het Service Model worden *Message Transactions* gebruikt. Een message transaction bestaat uit een tweetal *messages*, een *request message* die een *client* proces stuurt naar een *service* en die wordt opgevangen door een van de *server* processen voor die service, en een *reply message* terug naar de client. Een message is een rij bytes met een lengte van 0 tot 32 Kbytes. Terwijl de server een request van een client uitvoert, is die client geblokkeerd. Deze transactions worden niet alleen gebruikt voor de communicatie tussen twee processen, maar ook tussen een proces en de Amoeba Kernel. Traditionele *system calls* zien er dus uit als message transactions.

Verwerkt in het adresseringsmechanisme van clients en servers bevindt zich een vernuftig protectiemechanisme. Hierdoor kunnen processen uitsluitend objecten en services adresseren waar zij toegang toe hebben. Processen bewijzen hun recht van toegang met behulp van *capabilities*, een soort onvervalsbare toegangskaartjes voor objecten en services.

Bovenop de Amoeba Kernel, die verantwoordelijk is voor interprocescommunicatie en de realisatie van processen, bevinden zich de services. Een aantal services zijn geïmplementeerd, andere worden geïmplementeerd en weer andere zijn nog in het onderzoeks- of ontwerpstadium.

Twee belangrijke services moeten genoemd worden: De UNIX† service, die

† UNIX is a Trademark of Bell Laboratories.

in het Amoeba systeem een UNIX omgeving voor bestaande UNIX software emuleert, en de Amoeba File Server, een gespreide file server met een concurrency-control mechanisme, atomic update en een fout-tolerante implementatie. De UNIX emulator is essentieel voor het succes van Amoeba als productiesysteem: niemand wil een systeem gebruiken waarvoor alle systeemsoftware opnieuw geschreven moet worden; bestaande software moet in het nieuwe systeem blijven werken. De file server is een essentieel onderdeel voor de realisatie van fout-tolerantie in Amoeba door een betrouwbare opslag van de gegevens te bieden die na een crash noodzakelijk zijn om het systeem zijn karwei te laten afmaken.

WERKPLAN 1988

In 1988 zal het onderzoeks- en ontwikkelingswerk aan Amoeba worden voortgezet. De Amoeba groep zal een project starten om Amoeba als een productiesysteem in gebruik te nemen. Dit brengt een grote hoeveelheid ontwikkelingswerk met zich mee en zal ongetwijfeld inspiratie voor nieuwe onderzoeksthema's opleveren. Met de multiprocessoren die door DEC ter beschikking worden gesteld zal onderzoek worden gedaan naar het functioneren van 'multithreaded servers'.

Verder zijn er plannen om de pas geïmplementeerde memory management faciliteiten te koppelen aan een snelle file service, hetgeen interessante aanknopingspunten biedt voor onderzoek aan 'fault tolerance'.

Het moge duidelijk zijn dat voor het slagen van dit werk de Amoeba groep kritisch afhankelijk is van het verkrijgen van de benodigde apparatuur. Zonder voldoende en geschikte apparatuur is gespreide-systemen-onderzoek niet mogelijk.

In het kader van het Europese samenwerkingsproject Mandis zal de implementatie van de Amoeba primitieven over wide-area networks worden voortgezet.

WERKPLAN NA 1988

Ook in de jaren na 1988 zal een groot deel van de aandacht gericht blijven op het in de praktijk bruikbaar maken van Amoeba. Er zal aandacht worden gegeven aan efficiency en snelheid, maar ook aan de mechanismen en methoden die het bouwen van gespreide en fout-tolerante toepassingen vergemakkelijken.

De komst van nog kleinere en goedkopere processoren zal het probleem van de schaalvergroting meer in de aandacht brengen: algoritmen dienen gevonden te worden die in systemen met zeer grote aantallen componenten nog efficiënt werken. Ook zal het vijfde-generatie systemenonderzoek de nodige vragen op het gebied van operating systems oproepen.



TITEL: Computersystemen en ergonomie

TITLE: Computer systems and ergonomics

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Methodologie van integratie van functies en voorzieningen in computersystemen zodat de eindgebruiker een goed hanteerbaar gereedschap heeft.

Project AA3 bestaat uit twee deelprojecten:

AA3.1 Het ABC-project;

AA3.2 Mens-Computer Interfaces.

TECHNICAL ABSTRACT

Methodology of the integration of functions and applications in computer systems in order to provide the end user with an easily manageable tool. Project AA3 consists of two subprojects:

AA3.1 The ABC project;

AA3.2 Man-Computer Interfaces.

SAMENSTELLING GROEP

drs. F. van Dijk

drs. T.J.G. Krijnen

prof. L.G.L.T. Meertens (projectleider)

S. Pemberton

wetenschappelijk medewerker 1

wetenschappelijk medewerker 2

SAMENWERKING

Met medewerkers van de afdeling IS is een gezamenlijke werkgroep *Interfaces* gevormd, waarin een geregelde uitwisseling van ideeën plaatsvindt. Contact met andere Nederlandse onderzoekers wordt onderhouden via de werkgroep *Mens-Computer Interactie* van het NGI, sectie SAIA, en de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie.

AANVANG: 1985

CLASSIFICATIECODES

1985 CR Classification Scheme: H.1.2, K.8, D.2.6, D.3, I.3.6, D.2.

TITEL DEELPROJECT
AA 3.1 Het ABC-project

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De prijsdaling van apparatuur heeft de mogelijkheid van 'personal computing' binnen het bereik van velen gebracht, zowel voor privé als voor beroepsmatig gebruik. De beschikbare programmatuur vormt echter voor het merendeel van de potentiële eindgebruikers een hinderpaal bij een goede benutting van de in principe aanwezige mogelijkheden. De inflexibiliteit van applicatieprogrammatuur dwingt de gebruiker al snel tot het zelf ontwikkelen van programma's. Voor tal van personal computers is BASIC thans veelal de enige beschikbare taal. Deze taal leent zich niet voor een methodische aanpak bij het programmeren, en is ondanks zijn schijnbare eenvoud onnodig moeizaam te hanteren. Dit geldt nog sterker voor een eventueel aanwezige 'Job Control'-taal. Het gebruik van een taal als Pascal is voor het merendeel van de potentiële eindgebruikers buiten bereik.

Het doel van het ABC-project is het ontwerpen, implementeren en verspreiden van een eenvoudige, gestructureerde, interactieve programmeertaal, geïntegreerd in een bijbehorende omgeving, die beantwoordt aan moderne inzichten en mogelijkheden op het gebied van persoonlijk computergebruik. In het kader van dit deelproject is inmiddels een taal 'ABC' (voorheen: 'B') ontworpen die zich leent voor methodisch programmeren en die door zijn eenvoud, zowel om te leren als in gebruik, geschikt is voor onervaren gebruikers. Voordelen van deze programmeertaal zijn:

- 1 ABC geeft de mogelijkheid kennis te maken met programmeren en het gebruik van programma's zonder de noodzaak zich te verdiepen in bijzonderheden.
- 2 Het gebruik van ABC stimuleert een goede aanpak van het programmeren, die ook voor het gebruik van andere talen nuttig is.
- 3 Bij het ontwerp van ABC heeft gebruikersgemak voor de doelgroep op de eerste plaats gestaan, desnoods ten koste van verwerkingssnelheid. Dat garandeert dat de mogelijkheden die de snel in berekeningskracht groeiende computers bieden, ook daadwerkelijk door de eindgebruikers zullen kunnen worden gebruikt.

Voor het gebruikersgemak is ook de interface met het systeem van groot belang. Om het interactieve gebruik van ABC eenvoudig te maken, is de taal ingebed in een omgeving die volledig op ABC gericht is. De 'commandotaal' voor het ABC-systeem bestaat uit ABC zelf, aangevuld met editor-commando's. De editor vormt een integraal onderdeel van de ABC-omgeving; met name geldt dat alle communicatie van de gebruiker met het systeem via de editor verloopt. Hierdoor wordt een hoge mate van uniformiteit in de gebruikersinterface mogelijk, waarbij de kwaliteiten van de editor bepalend zijn voor het gebruikersgemak. De kennis die deze editor heeft van de structuur van de te editen documenten wordt b.v. gebruikt om tijdens editen syntaxfouten te rapporteren of te voorkomen door automatisch afgeleide

syntaxprofielen op het scherm te laten verschijnen. Dit biedt voor de invoer van gegevens tevens een geavanceerde 'data entry'-faciliteit.

Om een taal ingang te doen vinden, is meer nodig dan een taaldefinitie en een implementatie. Van groot belang zijn ook: ondersteunende teksten zoals leerboeken, programmatuurpakketten, mogelijkheden tot het bespelen van uiteenlopende in- en uitvoerapparaten, protectiefaciliteiten e.d. Omdat naar de filosofie van ABC er geen scheiding is tussen de programmeertaal en de commandotaal, raken deze problemen aan de taal zelf en is er gecentraliseerde aandacht nodig om wildgroei en adoptie van inferieure mechanismen te voorkomen. De speciale hoedanigheid van ABC als taal voor onderwijsdoeleinden vergt speciale inspanning om via experimenten, demonstraties en cursussen de taal in het (Nederlandse) onderwijs te introduceren.

De verwachte stand van zaken ultimo 1988

Een implementatie van ABC is beschikbaar op zowel UNIX-systemen als de IBM PC en compatibles; voor de laatste ook in een speciaal op de onderwijs-situatie gerichte versie. Daarnaast zijn er (vooralsnog niet voor verspreiding beschikbare) versie voor o.a. de Apple Macintosh en experimentele prototypes van de ABC-omgeving met een 'algemene' document editor.

SAMENSTELLING GROEP

drs. F. van Dijk
drs. T.J.G. Krijnen
prof. L.G.L.T. Meertens
S. Pemberton

AANVANG: 1975

WERKPLAN 1988

- 1 De eventuele ontwikkeling van distribueerbare versies van de experimentele prototypes, alsmede onderhoud en verdere ontwikkeling van de bestaande verspreide versies, wordt zo mogelijk aan derden overgedragen.
- 2 Voor zover nodig, onderhoud van de verspreide versies, in beginsel zonder uitbreiding van functionaliteit.
- 3 Verzelfstandiging van onderdelen van het systeem met het oog op de bruikbaarheid in andere systemen.

WERKPLAN NA 1988

Voor zover nog van toepassing, voortzetting van de genoemde werkzaamheden.

TITEL DEELPROJECT
AA 3.2 Mens-Computer Interfaces

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De hanteerbaarheid van computersystemen door eindgebruikers hangt in hoge mate af van het niveau van integratie van de functies en voorzieningen in zo'n systeem. Het gebruikelijke beeld is er een van slecht op elkaar afgestemde en weinig flexibele deelsystemen, elk met een eigen interface. Het gebruik van een dergelijk systeem vormt voor de gebruiker een voortdurende onnodige cognitieve belasting. In de eerste plaats ziet een gebruiker zich genoodzaakt voortdurend van operationele context te wisselen en bij iedere context de passende, zelfs voor conceptueel identieke taken telkens verschillende formuleringen te selecteren. Dit is een belangrijke bron van formuleringsfouten, weliswaar doorgaans niet met desastreus effect, maar niettemin irriterend; erger is dat dit de gebruiker noopt de taak van het formuleren in het cognitieve aandachtsveld te brengen, wat interfereert met de planning en afwikkeling van de eigenlijke, probleemgerichte taken. In de tweede plaats is er een voortdurende onderbreking van een vloeiende taakbehandeling op conceptueel hoog niveau door taken om het formaat van door het ene deelsysteem aangeleverde tussenresultaten aan de vereisten van het andere deelsysteem aan te passen. Dit kan makkelijk leiden tot het 'de draad kwijtraken': delen van het opgestelde plan, of de status van de afwikkeling, raken verloren.

Hoekstenen van moderne gebruikersinterfaces zijn het WYSIWYG-principe ('What you see is what you get') en het daarmee samenhangende principe van 'directe manipulatie'. Door een consequente doorvoering van deze principes (in veel hogere mate dan gebruikelijk is) is het mogelijk gebruikersinterfaces te ontwikkelen waarbij de geschetste problemen in veel geringere mate optreden. Als uitgangspunt dient hierbij de filosofie die ten grondslag heeft gelegen aan het ontwerp van de ABC-omgeving (zie onder AA 3.1). De probleemstelling is dan hoe deze kan worden uitgebreid naar algemenere informatiesystemen met behoud van modulariteit van de systeem-architectuur.

SAMENSTELLING GROEP

drs. F. van Dijk

drs. T.J.G. Krijnen

prof. L.G.L.T. Meertens

S. Pemberton

wetenschappelijk medewerker 1

wetenschappelijk medewerker 2

AANVANG: 1988

WERKPLAN 1988

- 1 Experimenten met prototypes van een algemene editor en varianten daarvan; implementatie van een eerste (statische) versie van een semantische netwerksysteem.
- 2 Ontwerp van verzamelingen primitieve semantische relaties (bouwstenen) en toetsing van het ontwerp door het daarin modelleren van applicaties.

WERKPLAN NA 1988

Revisie editor-ontwerp, zo mogelijk door deze zelf in termen van systeem-primitiva te modelleren. Experimentele implementatie van het stelsel van primitiva; integratie tot een demonstratieversie van het systeem.

TITEL: Gespreide adaptieve informatiesystemen (DAISY)

TITLE: Distributed adaptive information systems (DAISY)

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Het ontwikkelen van software-technieken en theorie voor het realiseren van flexibele gespreide informatiesystemen.

TECHNICAL ABSTRACT

The development of software techniques and theory for the realisation of flexible distributed information systems.

SAMENSTELLING GROEP

dr. M.L. Kersten (projectleider)

drs. C.A. van den Berg

drs. F.H. Schippers

drs. A.P.J.M. Siebes

wetenschappelijk medewerker 3

SAMENWERKING

Op het gebied van de architectuur van kennisbanksystemen wordt nauw samengewerkt met de vakgroep Informatica van de VU Amsterdam en de vakgroep Informatiesystemen van de Universiteit Twente. Binnen het CWI zal met name voor het aspect van gebruikersinterfaces samengewerkt worden met medewerkers van project AA3. Waar mogelijk zullen de DAISY-hulpmiddelen met project AA2 worden geïntegreerd. Verder is er nauwe samenwerking met Universiteit Twente, het Philips Natuurkundig Laboratorium, Universiteit van Amsterdam en RU Utrecht in het Philips SPIN project PRISMA (PaRallel Inference and Storage MACHine).

AANVANG: 1985

CLASSIFICATIECODES

1985 CR Classification Scheme: H.2, D.3, I.2.5

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Een geautomatiseerd informatiesysteem kan beschouwd worden als een geïntegreerde verzameling hulpmiddelen ten behoeve van de organisatie, beheer, veredeling en distributie van gegevens in de meest ruime zin van het woord. Traditioneel richt een informatiesysteem zich op de opslag en efficiënte verwerking van gestructureerde bestanden; de benaming 'databasesystemen' is hiervoor dan ook beter op zijn plaats. De kennis vastgelegd in de applicaties (gegeven de beperkingen van database- en besturingssystemen) en de organisatie van de gebruikersinterface zijn echter in een ruimere visie wezenlijke bestanddelen van het totale informatiesysteem. Zo kunnen 'decision support systems' en dialoogsystemen het beste als veredelingshulpmiddelen in een informatiesysteem worden beschouwd.

Richten we onze aandacht op de toekomst van informatiesystemen, dan moeten we constateren dat de huidige systeembenaderingen te beperkt zijn, zowel qua functionaliteit als qua flexibiliteit. Voorbeelden hiervan zijn de onmogelijkheid relatief ongestructureerde en ongelijksoortige gegevens, zoals documenten, beeld en geluid, op eenzelfde voet te behandelen als uniforme gestructureerde informatie. Dit staat de ontwikkeling van geïntegreerde applicaties in de weg. Een ander voorbeeld is het ontbreken van de notie 'tijd': traditionele informatiesystemen geven slechts een moment-opname van de gemodelleerde, zich dynamisch wijzigende informatie. Anderzijds moeten de informatiesystemen in de toekomst in twee opzichten adaptief zijn: in de eerste plaats moeten zij zonder 'down' te gaan, kunnen worden aangepast aan wijzigingen met betrekking tot zowel de onderliggende architectuur als de (hulp)programmatuur; in de tweede plaats moeten zij in hun eigen architectuur en functionaliteit het evolutieproces dat ieder informatiesysteem als onderdeel van een (dynamische) organisatie doorloopt, ondersteunen.

De doelstelling van het DAISY-project is het ontwerp van (theoretische) modellen en het ontwikkelen van software-technieken die het verwezenlijken van een adaptief en efficiënt informatiesysteem mogelijk maken. De ons voor ogen staande architectuur van informatiesystemen (de 'AMOS-architectuur') bestrijkt globaal de volgende niveaus:

Applications. Applicaties moeten in dit model worden beschouwd als geformaliseerde dialogen met een specifiek informatiesysteem, ontdaan van hun operationele en representatie-aspecten.

Man-Machine interface. De belangrijkste aspecten van de gebruikersinterface, te weten de dialoog en de presentatie van informatie, zijn in belangrijke mate te parametriseren. Effectieve technieken en hulpmiddelen bestaan reeds, doch zijn te vaak hetzij onlosmakelijk verbonden met het gehele systeem, hetzij met een enkele specifieke applicatie.

Operations. De bewerkingen in een toekomstig informatiesysteem zullen gedefinieerd zijn in diverse programmeertalen. Imperatieve talen (b.v. Pascal) zullen naast functionele talen (LISP, Twentel, Miranda), object-georiënteerde talen (Smalltalk, POOL), deductie-talen (PROLOG), pakketten (SPSS), tekstverwerkers (ditroff, TEX) gebruikt worden. De architectuur van het informatiesysteem ondersteunt de integratie van deze verscheidenheid door

verschillende 'views' (representaties) voor gegevens te bieden.

Storage of objects. Bij de opslag van objecten zal, naast de traditionele database-benadering en de eisen, gesteld door het bewerkingsniveau, rekening moeten worden gehouden met kennis regels, de integratie met commerciële kennisbanken (zoals Kluwer's Jurisprudentie), verspreide opslag en verwerking van gegevens, alsmede historische relevantie van de mutaties op de database. Integriteitseisen, ook bij falende apparatuur, en efficiëntie zijn hierbij zwaarwegende aspecten.

Het onderzoek, in de vorm van drie deelprojecten, spitst zich de komende jaren toe op de onderste twee lagen en normalisering van database modellen.

Godal (A General Object-centered Database Language). Het gaat hierbij om het ontwerp van een programmeertaal voor op kennis gebaseerde applicaties. Centraal thema is hoe coöperatieve processen moeten worden beschreven en welke semantische betekenis deze hebben in het toepassingsdomein. In het bijzonder wordt onderzocht of het *guardian* concept, een proces reageert algoritmisch op het herkennen van een (declaratief beschreven) toestand van de database, in een object-gecentreerde database-benadering effectief is.

Database Modelling. Een tekortkoming van de meeste, gangbare database modellen is het ontbreken van een adequate beschrijving van de voorwaarden waaronder informatie uit de database kan worden geëxtraheerd. Hierdoor is het mogelijk 'onzinnige' informatie uit een database te halen en leidt dit tot problemen bij bepaalde vormen van database wijzigingen (view updates). Dit project beoogt een model te ontwerpen, gebaseerd op topology en category theory, waarmee deze problemen formeel kunnen worden beschreven en geanalyseerd.

PRISMA (PaRallel Inference Storage MACHine). Dit onderzoek beoogt kennis te verwerven van en ervaring op te doen met database machines die gebaseerd zijn op een zeer grote hoeveelheid direct toegankelijk geheugen en vele processoren. Dit onderzoek wordt mede uitgevoerd in het kader van het Philips SPIN project waarin samengewerkt wordt met Universiteit Twente, Philips Natuurkundig Laboratorium, Universiteit van Amsterdam, CWI (AP5) en RU Utrecht.

WERKPLAN 1988

De activiteiten concentreren zich in 1988 op het verder uitwerken van de programmeertaal Godal. In het bijzonder zal de aandacht zich richten op formalisering van de taalprimitieven. Ook de efficiency van de prototype implementatie behoeft verbetering. Hierbij wordt gedacht aan optimalisatie van concurrente processen door middel van symbolische evaluatie. De taal laat dit toe. Het data modelleringsproject richt zich op het verfijnen van de bestaande formele basis. Vervolgens zal een aantal bekende structureringsregels, zoals functional, multi-valued, en join dependencies, met dit model worden geëvalueerd.

De werkzaamheden binnen het SPIN-project concentreren zich op de uitbreiding van de object-georiënteerde programmeertaal POOL met relationele database faciliteiten. Daarnaast zal het ontwerp van de database machine veel aandacht opeisen. Hiervoor zal een studie worden verricht naar de architectuur van bestaande database machines en naar algoritmen voor parallele verwerking van data in een relationeel database management systeem.

WERKPLAN NA 1988

Afhankelijk van de ervaringen, bijstelling van Godal en integratie met een bestaande gebruikersvriendelijke omgeving. Concretisering van een prototype data- en kennisverwerkend systeem.

TITEL: Constructieve algoritmiek

TITLE: Constructive algorithmics

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

De ontwikkeling van formalismen en methoden om algoritmen uit een specificatie af te leiden, onder unificatie van het specificatie- en het eigenlijke algoritmische formalisme tot één formalisme, en de ontwikkeling van (pre-)algoritmische concepten en bijbehorende notaties op een hoog abstractieniveau. Het begrip 'algoritme' in het bovenstaande omvat naast traditionele computerprogramma's iedere volgens een recursieve syntaxis uit discrete basiselementen opgebouwde proces-definiërende systeembeschrijving.

TECHNICAL ABSTRACT

The development of formalisms and methods to derive algorithms from a specification, with unification of the specification formalism and the algorithmic formalism proper, and the development of (pre-)algorithmic concepts and notations on a high level of abstraction. The notion of 'algorithm' as used above comprises not only traditional computer programs, but any process-defining system description built in accordance with a recursive syntax from discrete basic elements.

SAMENSTELLING GROEP

prof. L.G.L.T. Meertens (projectleider)

S. Pemberton

drs. J.T. Jeuring (NFI)

wetenschappelijk medewerker 5

SAMENWERKING

Coördinatie van onderzoek op dit gebied in Nederland vindt plaats door middel van samenwerking van onderzoekers binnen de Werkgemeenschap Programmatuur en Architectuur van SION. Naast coördinatie is een belangrijk oogmerk de vergroting van expertise in Nederland op dit gebied, zoals door middel van voordrachten en het uitnodigen van buitenlandse experts. Internationaal vindt uitwisseling van resultaten plaats via IFIP Working Group 2.1. Op het gebied van de ontwikkeling van machinale ondersteuning wordt specifiek samengewerkt met de KU Nijmegen (Partsch; Koster) en de RU Utrecht (Swierstra) in het kader van het NFI-project 'STOP' (Specification and Transformation of Programs).

AANVANG: 1977

CLASSIFICATIECODES

1985 CR Classification Scheme: B.6.3, B.7.2, D.1.2, D.2.1, F.3.1, I.2.2

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De constructie van algoritmen is een belangrijk onderdeel van alle toepassingen van de informatica. Bij het ontwerp van algoritmen vormen correctheid en efficiëntie de twee belangrijkste aspecten. Efficiënte algoritmen zijn in het algemeen zeer complex, en daardoor moeilijk correct te krijgen. Evident correcte algoritmen, daarentegen, zijn in het algemeen niet van een acceptabele efficiëntie. Een benadering die in opkomst is, bestaat hieruit dat een initiële specificatie, waarbij uitsluitend aan de correctheid aandacht hoeft te worden besteed, door een reeks van transformaties wordt overgevoerd in een efficiënte implementatie. Het zogenaamde 'transformationeel programmeren' behoort hiertoe, zij het dat daarbij doorgaans geëist wordt dat de initiële specificatie reeds executeerbaar is.

De hoofddoelstelling van het onderzoek in dit project is de ontwikkeling van formalismen en methoden om de bruikbaarheid van deze benadering te verhogen. Belangrijk hierbij zijn (i) een unificatie van het specificatie- en het eigenlijke algoritmische niveau tot één formalisme; (ii) een unificatie van uiteenlopende algoritmische stijlen (zoals imperatief, functioneel, deductief); (iii) de ontwikkeling van (pre-)algoritmische concepten en bijbehorende notaties op een hoger abstractieniveau dan de thans gangbare, te zeer op een bepaalde architectuur toegesneden, concepten en notaties.

De stand van zaken op dit gebied internationaal beijkend kan gesteld worden dat aanzienlijke vorderingen gemaakt zijn en vele nieuwe inzichten opgedaan, maar dat nog veel onderzoek vereist is om uit de nieuw ontdekte methoden en technieken een samenhangend en consistent geheel te vormen. Het meeste werk dat tot dusver verricht is, heeft zich slechts gericht op een of enkele aspecten van het specificatie- en transformatieprobleem, daarbij, vaak expliciet, geen aandacht schenkend aan nauw samenhangende essentiële problemen. Zo lenen vele in een speciale specificatietaal geschreven specificaties zich slecht tot uitgangspunt voor een transformatieproces, terwijl specificaties die geschreven zijn met het transformatieproces als uitgangspunt vaak al een aantal implementatiekeuzen in zich bergen.

Een belangrijke toetssteen voor de toetsing van de bruikbaarheid van ontwikkelde formalismen is de mate waarin zij het mogelijk maken interessante theorieën over bepaalde deelgebieden te ontwikkelen en te formuleren.

De bruikbaarheid van constructieve algoritmische methoden kan verhoogd worden door mechanische ondersteuning, zoals voor het uitvoeren van de eigenlijke formulemanipulatie, voor het bijhouden van de 'draad' bij exploratieve ontwikkelingsstappen, en voor het administreren van nog onvervulde bewijsverplichtingen. Op dit gebied wordt in het kader van een NFI-project samengewerkt met de KU Nijmegen en de RU Utrecht.

WERKPLAN 1988

- 1 Verdere ontwikkeling van notaties en theorieën, zoals b.v. voor 'termen' (expressies; bomen) en voor het inverteren van functies (in samenwerking met Dr. R.S. Bird, University of Oxford, UK).
- 2 Onderzoek naar unificatie van de functionele stijl met andere stijlen, met name de deductieve.
- 3 Onderzoek naar uitbreiding van het executeerbaarheidsbegrip door identificatie van 'canonieke' deelsystemen waarvoor executiemechanismen bestaan.
- 4 Onderzoek naar en ontwikkeling van methoden voor mechanische ondersteuning.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek.

Afdeling

Interactieve Systemen

Het onderzoek in deze afdeling richt zich op fundamentele problemen bij de communicatie van een computersysteem met de buitenwereld, alsmede op het ontwerp en de constructie van systemen die deze communicatie mogelijk moeten maken.

De uitwisseling van informatie kan plaatsvinden met een menselijke gebruiker of met systemen die een proces besturen (robot, chemisch proces e.d.). Al zijn de technische realiseringen veelal zeer verschillend, de fundamentele problemen voor beide klassen van systemen vertonen veel overeenkomst.

Een van de belangrijkste ontwikkelingen in het werken met computers is de mogelijkheid om interactief gegevens te manipuleren via een weergave op een beeldscherm. Daarom is het onderzoek in belangrijke mate gericht op deze vorm van informatie-uitwisseling en met name op de constructie van interactieve systeemcomponenten voor het toepassen van computergrafiek. Op langere termijn zullen ook vormen van machine-machine communicatie als experimenteel systeem worden gebruikt.

Binnen de afdeling zijn er thans vijf projectgroepen:

- IS1 Computergrafiek;
- IS2 Gebruikersinterfaces;
- IS3 Dialoogprogrammering;
- IS4 Intelligente CAD-systemen;
- IS5 Gebruikersbesturingssystemen.





TITEL: Computergrafiek

TITLE: Computer graphics

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Het ontwerpen van functioneel complete grafische basissystemen, met speciale aandacht voor interactief gebruik. Beschikbaarstelling van het resultaat, enerzijds als (bijdrage aan) internationale standaards, anderzijds in de vorm van implementaties, wederom met speciale aandacht voor op hoogwaardige interactie gerichte efficiëntie.

TECHNICAL ABSTRACT

The design of functionally complete basic graphics systems, with special support for interactive use. Results to be made available, on the one hand as (contribution to) international standards, on the other hand as implementations, again with special attention to efficiency required for high quality interaction.

SAMENSTELLING GROEP

dr. M. Bakker (STO)

F.J. Burger (STO)

drs. A.A.M. Kuijk (projectleider)

B.P. Rouwhorst (STO)

drs. D. Soede (STO)

ir. C.G. Trienekens (STW)

wetenschappelijk medewerker 6 (STW)

SAMENWERKING

Met ontwerpers en onderzoekers. In Nederland wordt samengewerkt met diverse universitaire vakgroepen (TU Eindhoven, TU Delft, Universiteit Twente), zelfstandige instellingen (TNO-IBBC, ECN, MARIN, ACCU), de ISO-werkgroep TC 97/SC21/WG5-2 en industrie (Philips, Systeem Experts, Hoogovens).

Via de Europese Associatie voor Computer Grafiek en ACM-SIGGRAPH bestaan contacten met TH Darmstadt, INRIA Parijs, Rutherford Labs in Abingdon (UK) en George Washington University (USA).

Het deelproject rastergrafiek wordt uitgevoerd als STW-project samen met de Universiteit Twente. Er is samenwerking met de TU Eindhoven en Universiteit Twente vanwege verwante STW-projecten.

AANVANG: 1980

CLASSIFICATIECODES

1980 Math. Subj. Class : 69K31, 69K32

1982 CR Classification Scheme : I.3.1, I.3.2, I.3.6, I.3.7

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De veelzijdige functionaliteit, inherent aan het genereren en manipuleren van tekeningen, te integreren tot één systeem is de belangrijkste probleemstelling. Voortschrijdende integratie van complexe functionaliteit leidt tot eenvoudigere programmeermethoden, omdat de koppeling van functies kan worden gedelegeerd aan het grafische systeem. Het geeft eveneens aanleiding tot nieuwe architecturen voor grafische werkstations, die de voor deze integratie benodigde extra capaciteit moeten opbrengen. De uiteindelijke vorm van een beter geïntegreerd praktisch systeem bestaat uit een programmeurs interface met bijbehorende ontwikkelingsgereedschap.

Tot nu toe is de integratie van (abstracte) geometrie en verschijningsvorm (kleur, lijndikte, real-time beweging) voor twee-dimensionale tekeningen met succes uitgevoerd. Thans wordt gewerkt aan drie verdere integratiestappen: drie-dimensionale lijntekeningen, beelden opgebouwd uit gebieden (afgebeeld op roosters, e.g., TV-schermen) en feedback technieken voor interactie. Voor de eerste twee wordt gewerkt aan een geïntegreerd programmeersysteem dat zich leent voor standaardisatie. Voor de laatste wordt in eerste instantie een betere hardware architectuur gezocht.

Op het CWI vindt het onderzoek plaats aan de hand van GKS-3D, PHIGS (hiërarchieke datastructuren voor interactieve grafiek) en RGF (Raster Graphics Facilities), als STW-project en klassen van 'picture editors'.

WERKPLAN 1988

In 1988 zal de overdracht van de GKS-3D implementatie naar de software industrie worden voltooid. Samenwerking in het kader van ISO zal worden voortgezet. Van het CWI zijn bijdragen te verwachten voor de geplande revisie van GKS, vooral op het gebied van window management, interactie- en inputfuncties en bij de representatie van gekromde lijnen en vlakken met behulp van Splines. Hoewel veel van deze bijdragen resulteren uit onderzoek onder IS2 and IS3, zal de ontwikkeling tot internationale standaards binnen IS1 worden uitgevoerd.

De implementatie van PHIGS zal in 1988 worden voortgezet. Vooral de inzet van de hiërarchieke datastructuur voor het rastergrafiek-project en de ondersteuning van interactie zal dan aan de orde zijn.

Het STW-project 'Een nieuwe architectuur voor interactieve rastergrafiek op basis van VLSI' ging een half jaar later dan gepland van start. Als gevolg hiervan zullen de inbedding van de nieuwe RGF (Raster Graphics Facilities)-primitieven in de PHIGS-hiërarchie, alsmede de ontwikkeling van het kleurenmodel in 1988 plaatsvinden. Daarnaast zal in eerste instantie de collectie algoritmen, nodig voor een snelle rasterisering (i.e. evaluatie van domein en kleurfunctie) worden gereedgemaakt voor VLSI-implementatie. De resterende algoritmen, die vooral de interactieve functies ondersteunen, zullen op deze laag geëmuleerd kunnen worden. Dit zal op zijn beurt de analyse mogelijk maken voor verdere VLSI-implementatie. Daarnaast zal de totale architectuur verder worden ontwikkeld, waarin het samenspel met de chips wordt geregeld. Het ligt in de bedoeling het research contract met de Nederlandse Spoorwegen,

in het kader waarvan een prototype grafische database is ontwikkeld, in 1988 te continueren.

WERKPLAN NA 1988

Het STW-project 'Een nieuwe architectuur voor interactieve rastergrafiek op basis van VLSI' zal na 1988 vooral aandacht schenken aan de interactie technieken en de realisatie in VLSI van de ondersteunende incrementele beeldwijzigingsalgoritmen. Er zal een beeldbeschrijvingstaal (RGF) worden ontwikkeld waarin naast structurering ook een compleet kleurenmodel is opgenomen.

De revisie van GKS in ISO-verband zal verder worden ondersteund. In samenwerking met de projecten IS2 en IS3 zullen aspecten van grote grafische gegevensbanken worden bestudeerd.

TITEL: Gebruikersinterfaces

TITLE: User Interfaces

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

De toenemende omvang en complexiteit van informatiesystemen enerzijds en de wens om deze toegankelijk te maken voor gebruikers met een minimum aan training anderzijds, stellen steeds hogere eisen aan de afbeeldingsfuncties tussen gebruikerstaal en abstracte systeemconcepten. Derhalve worden pogingen gedaan de gebruikerstalen te realiseren waarin spraak-herkenning en spraak-generatie, natuurlijke talen en beeld-elementen (b.v. schetsen) mogen voorkomen.

In dit project gaat de aandacht vooral uit naar beeldinterpretatie. Dit is een nog vrijwel onbetreden terrein. Het grote verschil met 'computer vision' (herkenning van een door een camera geregistreerd beeld) is dat de computer actief betrokken is bij de opbouw van het beeld. De nadruk komt dus te liggen op de correlatie met andere informatie.

TECHNICAL ABSTRACT

Information systems are increasing in size and complexity. At the same time such systems must be accessible to users after minimal training. This can only be realized through the availability of high level, natural user languages to address such systems. The user interface is then to provide the mappings between the user language and the abstract system concepts. Attempts are being made to enrich user languages by supporting speech-recognition and -generation, natural language instructs and picture elements (e.g. sketches). This project focusses on picture interpretation. This is a new area. The major difference with computer vision being that with picture interpretation the computer is actively involved in the picture construction process. The emphasis therefore is on correlating pictures with other information.

SAMENSTELLING GROEP

drs. C.L. Blom, drs. P.J.W. ten Hagen, drs. A.A.M. Kuijk, drs. M.M. de Ruiter (projectleider), drs. H.J. Schouten, wetenschappelijk medewerker 3, wetenschappelijk medewerker 5

SAMENWERKING

1 *In Nederland:*

Met TNO-IBBC, vooral betreffende de virtuele terminal en de picture editor.

2 *Internationaal:*

De afdeling is actief betrokken bij een reeks van internationale workshops over gebruikersinterfaces en de toepassing van AI-technieken in gebruikersinterfaces.

AANVANG: 1984

CLASSIFICATIECODES

1980 Math. Subj. Class. : 69D54, 69K32

1982 CR Classification Scheme : I.3.6., D.4.7

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Een gebruikersinterface is de verzameling hulpmiddelen waarmee een gebruiker toegang krijgt tot een informatiesysteem. Het kan vele vormen aannemen. Voorbeelden zijn: een bedieningspaneel, een commandotaal of een tekenstelsysteem. Een gebruikersinterface bevat alle benodigde functies om van de abstracte informatie in het systeem een concrete representatie te maken voor de gebruiker in de vorm van woord, beeld en geluid.

Door de toenemende omvang en complexiteit van informatiesystemen enerzijds en de wens om deze toegankelijk te maken voor gebruikers met een minimum aan training anderzijds worden steeds hogere eisen gesteld aan de afbeeldingsfuncties in het werkstation. Een voor de hand liggende verbetering is werkstations uit te rusten met het vermogen om spraak te genereren of te herkennen, natuurlijke taal te begrijpen en beelden te kunnen interpreteren. In dit project gaat de aandacht vooral uit naar beeldinterpretatie. Dit is een nog vrijwel onbetreden terrein. Het grote verschil met 'computer vision' (beeldherkenning van een door een camera geregistreerd beeld) is dat het werkstation zelf het beeld opbouwt, en dat de nadruk dus niet ligt op de beeldherkenning, maar op de correlatie met andere informatie. Voor dit onderzoek gebruiken wij een beeldtaalmodel, aan de hand waarvan de syntax en de semantiek van de formele beeldtaal worden onderzocht.

De beschikbare interactieve functies dienen ter realisering van een beeldtaal-syntax, waarmee een beeldbeschrijving componentsgewijs en hiërarchiek kan worden opgebouwd. Zowel de componenten als de structurering zijn van belang voor de betekenis van het beeld (de correlatie met andere informatie). Op het werkstation moeten technieken worden gerealiseerd om tegelijk met het beeld ook de interpretatie ervan te kunnen aangeven.

Deze thematiek zal worden aangepakt op drie manieren:

- (1) *Picture editing*, de syntactische behandeling van het beeld. Hierbij doen zich tal van nieuwe problemen voor, zoals het feit dat een beeld geen sequentiële structuur heeft en een gebruiker dus de beeldstructuur (=syntax) niet gemakkelijk kan raden. Daarnaast moet het systeem zeer tolerant zijn voor inherent onnauwkeurige specificaties;
- (2) *Constructive Input*, het ondersteunen van gebruikersinvoer op basis van semantische informatie. Het systeem probeert zo snel mogelijk de betekenis van invoer te ontdekken en maakt dit bekend door het constructieproces te beïnvloeden (bijvoorbeeld styleren en anticiperen). Het uiteindelijke doel is een gebruiker een 'schetsomgeving' te verschaffen;
- (3) *Workstation management*, het oproepen van de juiste context voor een gegeven taak. Dit omvat aansluiting op het werkstation resource management (bijvoorbeeld window manager), en het dynamisch installeren van de juiste beeldsyntax-parser en semantische interpretator.

Bij de implementatie zal onder meer gebruik worden gemaakt van logische en object-georiënteerde programmeertalen.

WERKPLAN 1988

Er wordt een twee-niveau syntax ontwikkeld voor picture editing, waarvan het tweede niveau uitbreidbaar of adaptief is, zodat per applicatie de gewenste concrete syntax kan worden gegenereerd. De syntax dient als basis voor de beeldtaal beschrijving. De implementatie van de picture editor zal objectgeoriënteerd zijn. Verder zal de nadruk vooral liggen op het definiëren van een dynamische edit omgeving die o.m. ondersteuning moet bieden bij het specificeren van edit commando's. Specifiek moeilijke operaties zijn het nauwkeurig specificeren van beeldelementen (kleur, vorm) of het selecteren bij afwezigheid van een natuurlijke ordening.

De problemen rond constructieve invoer zullen initieel bestudeerd worden aan de hand van de volgende drie vraagstellingen:

- (1) Welke representatie(s) worden gekozen om (basis) vormen zoals kubussen en cilindervormen te beschrijven (specificaties van 3D-objecten als testgeval; daarna overstappen naar 'gewone' entiteiten);
- (2) Hoe stel je de regels op die aan de hand van de aanwezige informatie een object, of de aanzet tot een object, kunnen herkennen (neem als oefening een aantal objecten) (free from surfaces);
- (3) Welke methoden van interactie moeten worden gebruikt. Kun je interactie-technieken ontwikkelen die onmiddellijk aansluiten op (kennis)representatie.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek.



TITEL: Dialoogprogrammering

TITLE: Dialogue programming

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

In het project wordt beoogd een complete programmeermethode voor interactieve dialogen te ontwikkelen. Volgens deze methode worden dialoogprogramma's geschreven die niet alleen een dialoogtaal syntactisch vastleggen, maar ook alle daarmee verbonden effecten, zoals het veranderend beeld op een grafisch beeldscherm, de invoerprocedures met mouse en tablet, en ook de associaties met applicatieprocessen. Verder zal een programmeeromgeving worden ontworpen die de ontwikkeling en onderhoud van dialogen zal vergemakkelijken.

TECHNICAL ABSTRACT

The project is aimed at the development of a complete programming method for interactive dialogues. According to this method dialogue programs will be written which specify the syntax of a dialogue language for a given application. In addition the dialogue program also determines all external effects associated with this syntax such as, the specification of all input-output procedures and the associations with application processes.

SAMENSTELLING GROEP

drs. P.J.W. ten Hagen (projectleider)

drs. M. van Dijk

drs. W. Eshuis

R. van Liere

drs. H.J. Schouten

drs. D. Soede (STO)

SAMENWERKING

- 1 *Nederland:* Er is intensieve samenwerking met TNO/IBBC. Er bestaat een actieve Nederlandse Werkgroep dialoogcellen met deelnemers van o.a. NLR, TNO, Océ, Philips, UvA. Daarnaast zijn er vergevorderde plannen om dialoogcellen toe te passen en verder te ontwikkelen binnen enkele SPIN-projecten en IOP's.
- 2 *Internationaal:* Samenwerking met TH Darmstadt (prof. Encarnaçao) en met Universiteit van Tokyo (prof. Kimura). In EUROGRAPHICS-verband wordt deelgenomen aan een serie workshops.

AANVANG: 1983

CLASSIFICATIECODES

1980 Math. Subj. Class. : 69K36, 69D43

1982 CR Classification Scheme : I.3.6, H.1.2, D.2.2

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

De communicatie tussen mens en machine-proces of tussen machine-processen onderling vindt veelal plaats in de vorm van een dialoog, een reeks uitwisselingen tussen mens en machine of tussen machines onderling. Onder dialoogprogrammering wordt verstaan het specificeren van mogelijke vragen en antwoorden, alsmede de toestand van de (zichtbare) interface (beeldscherm) gedurende elk moment in de dialoog. De door ons gekozen dialoogprogrammeermethode is gebaseerd op het concept van dialoogcellen.

De uitdaging is 'gebruikersvriendelijke' systemen te maken d.w.z. begrijpelijke systemen waarmee de gebruiker op voldoende hoog niveau en zoveel mogelijk onder uitsluiting van desastreuze fouten kan communiceren.

Dialoogcellen

Het dialooggedeelte wordt geprogrammeerd met behulp van een z.g. input-output-eenheid (dialoogcel) die een complete beschrijving geeft van een stap in een dialoog, inclusief de veranderingen aan het gebruikersgrensvlak.

Dialoogcellen kunnen hiërarchisch geordend zijn analoog aan de wijze waarop subroutines andere subroutines aanroepen. Van deze hiërarchie zijn afgeleid de invoergrammatica, activering en deactivering van invoerprocessen, het genereren en in stand houden van terugkoppeling en tenslotte de structuur van intern op te bouwen waarden.

Dialoogcellen worden uitgevoerd onder controle van een monitor die de invoerparser stuurt, de invoerprocessen toewijst, het beeldscherm beheert, de communicatie met het algoritmische gedeelte verzorgt en tenslotte foutbehandeling mogelijk maakt.

De bedoeling is om in 1988 een professionele implementatie van het dialoogstelsel (DICE systeem) te produceren. Het DICE systeem zal als een fundamenteel stuk gereedschap moeten dienen om in eigen kring user interfaces te bouwen. Aan de hand van de opgedane ervaringen zal het DICE systeem alsmede de behaalde resultaten naar de industrie kunnen worden gebracht.

Thans is een prototype implementatie van het DICE systeem gereed. Hieronder valt een compiler die de nodige parse- en actie-tabellen genereert, een runtime systeem die de flow van de dialoog beheert en een parallelle interface naar het grafisch basissysteem. Zowel de parallelle invoerparser als de parallelle interface naar het grafisch basissysteem kunnen als aparte modules voor andere systemen worden gebruikt.

Verder is vanuit het CWI een Nederlandse werkgroep geformeerd bestaande uit vier leden van het CWI en een aantal medewerkers uit andere organisaties (TNO-IBBC, NLR, Philips, Océ). Deze werkgroep heeft als doel te onderzoeken in hoeverre het dialoogconcept, zoals het nu bestaat, toepasbaar is in grote applicaties (vooral voor CAD).

Het CWI dient met minimaal twee medewerkers bij het project betrokken te blijven, daar anders de stuwende kracht achter zowel onderzoek als ontwikkeling onvoldoende is. Verder zal, naarmate het systeem meer gebruikt wordt, meer mankracht nodig zijn om het systeem te onderhouden en produktierijp te

maken. Voor het project zijn nodig een hoogwaardige programmeeromgeving, alsmede twee interactieve grafische werkstations (b.v. een SUN met een bitmap display en een IBM6150 met een vector display).

WERKPLAN 1988

- 1 Het specificeren en implementeren van een DICE programmeeromgeving. Deze zal in ieder geval de nodige basic cell bibliotheken bevatten. Verder zullen er trace, history en backtracking mechanismen in de omgeving aanwezig moeten zijn.
- 2 Het maken en evalueren van een aantal grote user interfaces. Het evalueren van het huidige DICE systeem zal gepaard gaan met het publiceren van een aantal conclusies. Dit zal leiden tot een boek over user interface management system tools.
- 3 Extensies van het DICE systeem. Gedacht wordt aan dialoogparameters, parametrisatie van het onderliggende grafische system (b.v. PHIGS, RGF) en adaptie control, met name automatische fouterstelling.

WERKPLAN NA 1988

Voortzetting van het onderzoek. Dit zal vooral toegespitst zijn op:

- 1 Het hiërarchisch model uitbreiden/vervangen door een netwerkbachtige controlestructuur. Dit zal vooral toepassing vinden in machine-machine dialogen.
- 2 Andere toepassingsgebieden, met name adaptive control en robotbesturing zullen de aandacht krijgen.

Het project IS2 'Gebruikersinterfaces' zal dialoogcellen als programmeermethode gebruiken.



TITEL: Intelligente CAD-systemen

TITLE: Intelligent CAD systems

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Door inzet van methoden en technieken uit de kunstmatige intelligentie wordt gestreefd naar meer complete, geïntegreerde CAD-systemen met een hoogwaardige gebruikersinterface.

TECHNICAL ABSTRACT

The project will, through the use of AI based methods and techniques, attempt to produce CAD systems which will be more complete, integrated and have a high quality user interface.

SAMENSTELLING GROEP

dr. V. Akman (NFI) (projectleider)

dr. P. Bernus (bezoeker)

drs. P.J.W. ten Hagen

ir. J.L.H. Rogier (NFI, gedetacheerd van TNO)

drs. P.J. Veerkamp (NFI)

D.B.M. Otten

SAMENWERKING

TNO-IBBC, University of Tokyo, Helsinki University of Technology, Computer and Automations Institute (Budapest)

AANVANG: 1985

CLASSIFICATIECODES

1980 Math. Subj. Class. : 69D22, 69D43, 69K10, 69L60, 69H20

1982 CR Classification Scheme : I.2.4, H.3.4, D.3.3, I.2.1, J6, H2

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Computergesteund ontwerpen (CAD) is een breed gebied dat onder andere alle technische toepassingen omvat. Een individueel CAD-systeem is doorgaans een ad hoc verzameling ondersteunende programmatuur voor definitie, analyse en detaillering van gedeelten van een specifiek ontwerp. Een compleet ontwerp-systeem, laat staan een geïntegreerd ontwerp-systeem (i.e. de resulterende informatie past in een groter geheel voor verdere verwerking, zoals fabricage), is nog geen state of the art.

Het project beoogt een methode te ontwikkelen om een compleet ontwerp-proces te beschrijven als samenspel tussen gebruiker en assisterende programmatuur waarbij alle details die voor de ontwerper niet relevant zijn verborgen kunnen blijven (b.v. hoe wordt informatie tussen twee processen overgedragen). Het samenspel wordt gedefinieerd met behulp van zgn. scenario's. Een regel in een scenario bestaat uit een conditie, een gebruikersinteractie en een CAD-systeemactie. Een inferentie-mechanisme bepaalt welke regels uit het scenario geldig zijn. Voor een geldige regel is tevens afgeleid hoe gebruikersactie en CAD-actie samenwerken.

Deze methode zou ertoe leiden dat zgn. CAD-rompsystemen kunnen worden ontwikkeld die op eenvoudige wijze tot een systeem voor een actuele toepassing kunnen worden uitgebreid. Uiteindelijk zou het mogelijk moeten zijn dat een gebruiker zijn CAD-systeem voor een volgende ontwerpsituatie kan instellen. In zo'n basissysteem moet nieuwe, ondersteunende programmatuur op eenvoudige wijze kunnen worden opgenomen. Met de komst van toepasbare AI-technieken moet aan dit scala van ondersteunende berekeningen een nieuwe, omvangrijke categorie worden toegevoegd. Een CAD-systeem-ontwikkelaar ziet zich geconfronteerd met een grote verscheidenheid aan berekeningsmethoden en bijbehorende gegevenspresentaties van essentieel dezelfde informatie.

In het kader van dit project worden een aantal fundamentele kwesties onderzocht. De eerste is: in hoeverre AI-technieken kunnen worden ontwikkeld die nodig zijn voor de complexe controle structuur van geavanceerde CAD-systemen.

Daarnaast wordt de integratieproblematiek benaderd vanuit de AI-optiek door de actuele correspondenties tussen diverse representaties eveneens met inferentie-methoden te kunnen vaststellen. Een gebruiker van een CAD-systeem loopt het gevaar voortdurend in een ander oerwoud van gebruikersdetails terecht te komen.

Om dit te voorkomen moet een uniforme, consistente gebruikersinterface bestaan waaraan elk deelprogramma ondergeschikt moet worden gemaakt. Deze tekortkomingen moeten op scenario-niveau worden uitgewerkt.

De gebruikersinterface zal worden geënt op een nog nader uit te werken concept van een geformaliseerd ontwerp-proces. In dat kader is het mogelijk te spreken over zaken zoals: momentane doelstelling, ontwerp-historie en context-afhankelijke visualisaties.

De basis voor het beschrijven van scenario's is een logische programmeertaal

waaraan concepten uit modale logica (multiple world mechanism) zijn toegevoegd. Kennisrepresentatie wordt onderzocht op basis van zgn. qualitative physics. Dit is een methode om de fysische werkelijkheid te vereenvoudigen zodat een hanteerbare maar nog steeds doelmatige beschrijving wordt verkregen.

WERKPLAN 1988

Op basis van de theoretische voorstudie wordt een proef-implementatie gemaakt van IDDL. De theoretische studie wordt voortgezet.

WERKPLAN NA 1988

Voorzetting van het onderzoek. Evaluatie van het prototype.

TITEL: Gebruikersbesturingssystemen

TITLE: User controlled systems

SAMENVATTING VAN PROBLEEM- EN DOELSTELLING

Gebruikersbesturingssystemen (GBS) zijn informatiesystemen waarin gegevensbanken en programmatheken met elkaar zijn geïntegreerd. Dit type systemen is nodig om de vele autonome componenten van een complex computersysteem (b.v. een compleet ontwerp- en fabricage-systeem) met elkaar te laten samenwerken. Men hoopt langs die weg o.a. het CIM-ideaal (computer integrated manufacturing) dichterbij te brengen.

TECHNICAL ABSTRACT

User controlled systems are information systems in which databases and program libraries are integrated. This type of systems is needed for making the various autonomous components of a complex computer system cooperate (for instance, a complete design and manufacturing system). With this technology it is hoped to realise CIM (computer integrated manufacturing).

SAMENSTELLING GROEP

drs. W. Eshuis (projectleider)

drs. P.J.W. ten Hagen

P. Spilling

wetenschappelijk medewerker 4

SAMENWERKING

In het kader van diverse SPIN- en IOP-projecten alsmede in het kader van oude en nieuwe ESPRIT-projecten wordt samengewerkt met NLR, Fokker, Stork, Demtec, CIAD, TNO, Universiteit Twente en Universiteit van Karlsruhe.

PROBLEEMSTELLING EN WETENSCHAPPELIJK BELANG

Gebruikersbesturingssystemen belichamen de informatie technologie nodig voor het ontwerpen, gebruiken en onderhouden van complexe systemen. Volgens het concept van GBS worden standaards ontworpen voor de uitwisseling van gegevens en voor externe besturing. Deze standaards zijn een combinatie van functieschema's en gegevensformaten.

Een GBS stelt een gebruiker in staat on-line operater van een systeem te worden. Volgens het schema van commando- of query-talen kan hij programma's definiëren opgebouwd uit programma-activaties en data base transacties. Een extra dimensie wordt toegevoegd door de op commando samenwerkende programma's en hun transacties interactief te maken.

Voorbeelden van toepassingen van GBS zijn: een gegevensschema voor ontwerp informatie tezamen met een stelsel pre- en post-processoren; de beschrijving van een te fabriceren object, de collectie beweringsprocedures voor fabricage tezamen met een procedure om een concrete bewerking te bepalen. In elk van deze voorbeelden is er sprake van integratie. Een belangrijk aspect van dergelijke grote systemen is de distributie en het gelijktijdige gebruik door vele gebruikers. Al naar gelang de aard van het gebruik is een ander zicht op het systeem nodig. Met name interactief gebruik eist flexibiliteit om beslissingen en bewerkingen telkens anders tussen gebruiker en systeem te verdelen.

In de komende jaren zal vooral aan interactieve gebruikersbesturingssystemen worden gewerkt. Dat wil zeggen dat zowel de gegevens als de daarmee samenhangende bewerkingen interactief beheerd c.q. bestuurd kunnen worden. Een van de doelstellingen zal zijn een grote mate van consistentie en uniformiteit te realiseren tussen verschillende gebruikersinterfaces die bij zo'n complex systeem horen.

WERKPLAN 1988

Het werk aan gebruikersbesturingssystemen wordt gedeeltelijk uitgevoerd in het kader van samenwerkingsprojecten, n.l.

- Een werkvoorbereidingssysteem, als SPIN/FLAIR-project samen met Universiteit Twente;
- ISNAS, een geïntegreerd systeem voor het oplossen van stromingsproblemen op basis van Navier-Stokes-vergelijkingen samen met NLR, Rijkswaterstaat en Marin.

Voorbereidingen voor verdere projecten in het kader van het Nationale Technologieprogramma en ESPRIT zijn gaande.