

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Werkgroep Numerieke Weersverwachting

Tweede Interim-Verslag

Don D Bouma

De Bilt, augustus 1963

Werkgroep Numerieke Weersverwachting

Tweede Interim-Rapport

1. Inleiding

Voor de algemene opzet van de Interim-Verslagen van de Werkgroep Numerieke Weersverwachting zij verwezen naar het eerste verslag (V-132). Dit tweede verslag behandelt de werkzaamheden t/m 1 augustus 1963.

2. Stand der programma's

2.1 Programma 200563

Dit programma heeft betrekking op de door KUIPERS ontwikkelde methode om de LAPLACE-POISSON vergelijking op te lossen met behulp van machtreeksen. De ALGOL-tekst is nog niet foutloos, zodat het programma nog niet kon worden beproefd.

2.2 Programma 210563

Dit programma betreft een eigenwaarde-probleem, dat een rol speelt in de door KUIPERS ontwikkelde methode van objectieve analyse. Na eliminatie van enige fouten in de ponsband van het ALGOL-programma werd een programma verkregen dat werkte maar resultaten gaf, die moeilijkheden bij de interpretatie opleveren. De curieuze resultaten blijken bovendien niet reproduceerbaar te zijn, zodat dit programma nog nader bestudeerd dient te worden.

2.3 Programma 310563

Zoals in het eerste verslag reeds werd opgemerkt was het werk aan de POISSON-vergelijking zover gevorderd, dat het programma de vorm gegeven kon worden van een subprogramma ("procedure" in ALGOL-taal). Hiermede wordt bereikt, dat bij toekomstige problemen waarin POISSON-vergelijkingen voorkomen, bij de opstelling van het ALGOL-programma kan worden volstaan met het machinaal kopiëren van de subprogramma-band. Het genoemde programma diende om de definitieve vorm van het subprogramma te toetsen. Het programma bleek goed te werken. Het subprogramma voor de POISSON-vergelijking heeft inmiddels al in latere programma's gefunctioneerd (o.a. in 100663).

2.4 Programma 100663

Aan dit programma is een afzonderlijke paragraaf gewijd (paragraaf 3).

2.5 Programma 180663

Dit programma berekent de gewichtsfactoren die nodig zijn bij de toepassing van de methode van KUIPERS voor de subjectieve analyse. Bij een poging het programma aan de X1 toe te vertrouwen werd ontdekt, dat de Flexowriter verkeerd had gewerkt en een ander symbool op de band had gepost dan was aangeslagen, welke fout nog niet is kunnen worden hersteld. Helaas komt dit soort fouten nogal eens voor.

2.6 Programma 210663

In verband met het herhaaldelijk voorkomen in onze programma's van de functie $n!$, waarvoor het Mathematisch Centrum geen subprogramma beschikbaar heeft, werd besloten zelf een subprogramma (procedure) te ontwerpen. Dit subprogramma is gereedgekomen en werkt goed. Het kan in elk ALGOL-programma door machinale copiëring worden ingelast.

2.7 Programma 120763

Dit subprogramma - PLOT genaamd - is eveneens bedoeld om door middel van machinale copiëring in andere programma's te kunnen worden ingelast. Het bewerkstelligt het uittypen van isolijnen door middel van de bekende eindcijfer-techniek. Het werk hieraan is nog niet zover gevorderd, dat het programma in de praktijk kon worden getoetst.

3. Barotrope Forecast in Geostrofische Benadering

Het reeds eerder (2.4) genoemde programma 100663 is zeker het belangrijkste van wat tot dusverre werd ondernomen. Het is een poging tot integratie van de atmosferische bewegingsvergelijkingen volgens het barotrope model met inachtneming van de geostrofische benadering. Voorlopig werd hierop nog een aantal verdere vereenvoudigende onderstellingen gemaakt. Deze zijn:

- (1) De Coriolis-parameter werd als constant beschouwd.
- (2) De schaalfactoren van de kaartprojectie werden buiten beschouwing gelaten.

De vereenvoudigingen werden niet alleen om tactische redenen (niet te veel complicaties tegelijk invoeren) gedaan maar ook nog om een aantal andere. Hiervan kunnen de volgende worden genoemd:

- (1) Van de aldus vereenvoudigde vergelijkingen zijn exacte oplossingen, d.w.z. oplossingen in gesloten mathematische vorm, bekend. (CRAIG, J. Met. 2, 173-178, 1945 en NEAMTAN, J. Met. 3, 53-56, 1946). Door als beginsituatie een situatie te kiezen, die met deze exacte oplossing correspondeert en verder voor alle tijden de randvoorwaarden aan de exacte oplossing te ontleen, werd bereikt dat de machinaal berekende forecasts konden worden getoetst tegen de exacte oplossing. Bovendien werd op deze wijze het probleem van de randcondities ontweken, hetgeen nodig was, omdat voorshands de berekeningen beperkt moesten blijven tot een tamelijk klein gebied (± 7500 km lang en breed).
- (2) Er werd getwijfeld aan de uitvoerbaarheid van een meer ambitieuze opzet (fijner model en/of groter gebied) in verband met de beperkte geheugencapaciteit van de X1. (Zie hierover ook 4.2).

Betreffende de resultaten kan het volgende worden vermeld. Nadat een fout was geëlimineerd werd het programma goed werkend bevonden. Voor een tijdstap van 1 uur had de X1 25 minuten nodig. Er werd toen besloten een proef te nemen met een forecast voor 36 uur vooruit waarvoor nodig zouden zijn $36 \times 25 \text{ min} = 15$ uur. De beschikking over de X1 werd verkregen van vrijdag 19 juli 1600 tot zaterdag 20 juli 1200 uur, zijnde dus 20 aaneengesloten uren. Het programma was verder zo ingericht, dat het kon worden onderbroken. Hervatting kon dan geschieden door één der banden, waarop de uurlijkse forecasts werden geponst, in te lezen als nieuwe beginvoorwaarden.

Na 8 forecast-uren stopte de X1. Gepoogd werd toen haar opnieuw te doen werken volgens de bovenomschreven techniek van onderbreken en hervatten. Dit mislukte. Aan de hand van het reserveprogramma (een integraal van Dr. Schmidt) werd toen nagegaan of de X1 nog werkte. Dit bleek wel het geval te zijn. Toch lukte het ook daarna niet meer door inlezing van de output het eigenlijke programma te hervatten. Ook bleek het niet mogelijk

het programma, dat dus reeds 8 uurlijkse forecasts had afgeleverd, van voren af aan te starten.

Een detail is nog vermeldenswaard. Indien de X1 stopt, is het meestal mogelijk aan de hand van de lampjes op het bedieningspaneel te zien wat de oorzaak (in antropomorfe beeldspraak: de reden) is geweest. In het onderhavige geval werd een oorzaak opgegeven waarbij gerefereerd werd aan een faciliteit van de X1 waarvan in het programma geen gebruik werd gemaakt! Toen na enig verder proberen de bandponser, die de output verzorgt, ook nog de dienst staakte moesten verdere pogingen worden opgegeven. Het was toen ongeveer 1.30 uur.

's Maandagsochtends werd telefonisch contact opgenomen met de operateur van het M.C. Hoewel meestal machine-tijd 2 tot 3 weken van tevoren moet worden besproken, slaagde hij erin enige uren tijd op de volgende dag vrij te maken. Toen werd het programma opnieuw van alle kanten gecontroleerd. Het bleek nu geheel goed te functioneren waarbij ook met onderbreken en hervatten geen moeilijkheden meer werden ondervonden. Volgens de operateur konden alle moeilijkheden in de nacht van vrijdag op zaterdag ondervonden aan een gemeenschappelijke oorzaak worden toegeschreven, nl. een foute werking van de bandlezer. (Afgezien natuurlijk van het stoppen van het ponstoesel, dat warm gelopen was).

Inmiddels was dus een forecast voor 8 uur vooruit verkregen. Vergelijking met de bekende exacte oplossing toonde aan, dat geen verschillen van betekenis waren opgetreden. Hoewel bevredigend, mag hieruit nog geen definitieve conclusie worden getrokken. Deze kan pas worden opgesteld nadat het programma langere tijd heeft gewerkt. De noodzaak van een toetsing over een forecastperiode van bijv. 36 uur blijft dus bestaan. Het ligt in de bedoeling het in september a.s. te proberen. Over de vorm waarin dit zal moeten geschieden wordt in de volgende paragraaf nader gehandeld.

4. Conclusies, Plannen en Samenvatting van Ervaringen

4.1 Niet zonder redenen is in paragraaf 3 omstandig uiteengezet hoe het verloop van het 36-uurs-experiment is geweest. Er is nl. aanleiding aan de hand hiervan te filosoferen over de situatie waarin een onderzoeker zich bevindt, die gebruik moet maken van een gehuurde machine.

Zoals reeds eerder opgemerkt, moet rekentijd als regel 2 tot 3 weken van tevoren worden gereserveerd. Het is niet mogelijk tijdens de kantooruren van het M.C. de beschikking te krijgen over tijden langer dan 2 à 3 uur. Voor langere tijden is men aangewezen op rekentijden buiten kantooruren, in de avond, nacht of het weekeinde. Ook dan is reservering ongeveer 2 weken van tevoren nodig want ook hiervoor bestaan gegadigden genoeg. Tijdens deze perioden is er geen operateur aanwezig, met het gevolg dat de geringste machinestoring (een stofje in de bandlezer bijv.) noopt tot voortijdig beëindigen van de werkzaamheden.

Op grond van hetgeen hierboven is uiteengezet, is nu het volgende plan opgemaakt: Er zal opnieuw geprobeerd worden een run van 36 forecast-uren (= 20 rekenuren) te maken, nu echter verdeeld over 4 of 5 avonden. Bewust zal het programma aan het einde van de avond worden onderbroken. Het programma wordt op de beschreven wijze dan op een andere avond weer hervat. Machinestoring doet dan slechts een gedeelte van een avond verloren gaan. Aan deze werkwijze zijn echter enige bezwaren verbonden, die misschien niet alle onmiddellijk voor de hand liggen en daarom hier vermeld mogen worden:

- (1) De rekentijd wordt langer, omdat onderbreken en hervatten extra inleestijd en dus extra machinetijd vereist.
- (2) De nauwkeurigheid gaat achteruit. Indien het programma niet wordt onderbroken blijven alle tussentijdse gegevens in het geheugen met de

nauwkeurigheid van het geheugen (12 à 13 decimalen). Bij onderbreking en hervatting vindt de hervatting plaats met de gegevens, die op de uitvoerponsband staan en die om praktische redenen afgeronde waarden bevatten.

- (3) Er is een verhoogd risico dat er fouten insluipen. De output-ponser maakt wel eens een foutje (d.w.z. levert wel eens een ander getal af dan in het geheugen staat). Is dit een grote fout, dan is deze wel op de uitgetypte tekst van de uitvoer te zien. Alsdan zal men bij hervatting dat uur niet gebruiken voor de invoer van de aanvangstoestand maar een ander (d.w.z. eerder uur) zodat één uur forecast dubbel wordt gedaan (tijdverlies dus). Is de fout echter niet op het oog te constateren, dan wordt het foute getal dus ingelezen als een van de begingegevens. (Indien het programma niet wordt onderbroken, rekent de machine zonder meer door met het juiste getal zoals het in het geheugen opgeslagen is). De invloed van aldus ingeslopen fouten op de forecasts van een aantal uren verder is a priori moeilijk te taxeren en de verificatie en waardering van de verkregen resultaten wordt er dus ernstig door bemoeilijkt.
- (4) Het zal bij programma's van langere duur regelmatig voorkomen, dat de output-ponser van een nieuwe rol papertape moet worden voorzien. De X1 stopt daartoe automatisch en kan na inleg van een nieuwe rol papier zonder meer worden doorgestart. De output van 1 uur forecast staat dan evenwel gedeeltelijk aan het einde van de oude en gedeeltelijk aan het begin van de nieuwe band. Slechts door met behulp van een Flexowriter uit beide delen weer één doorlopende band samen te stellen en daarbij een aantal ponsingen, die door de onderbreking extra op de band zijn gekomen, te verwijderen kan een band worden verkregen, die voor inlezen geschikt is. Dit is een tijdrovende bezigheid en de risico's van fouten zijn hoog, zodat men dit nooit zal doen maar liever zal herstarten met de gegevens van een voorgaand uur. Ook hier dus is tijdverlies onvermijdelijk, welke handelwijze men ook kiest.

4.2 Reeds eerder werd opgemerkt (paragraaf 3) dat het model zo eenvoudig mogelijk werd gehouden o.a. omdat eraan werd getwijfeld of een meer verfijnd model bij het gegeven geheugen van de X1 wel uitvoerbaar zou zijn. Om dezelfde reden is ook het veld waarop de forecast werd gemaakt beperkt gehouden. Het bevatte $25 \times 25 = 625$ punten met een grid-afstand van 300 km. Enige verdere speculatie hierover is op zijn plaats. Om het model te verfijnen moeten minimaal een variabele Coriolisparameter, een Rossbyparameter en een kaartschaalfactor worden ingevoerd. Deze grootheden moeten op 625 punten bekend zijn. Dat zijn dus $3 \times 625 = 1875$ getallen die 3750 geheugenplaatsen innemen. Het totale geheugen van de X1 omvat 12288 plaatsen, waarvan vermoedelijk tegen de 10000 plaatsen reeds door het programma worden benut. De waarden van de 3 parameters kunnen dus vermoedelijk niet in het geheugen worden opgeslagen. Dan is er geen andere mogelijkheid dan dit niet te doen maar telkens wanneer dit nodig mocht zijn de waarde opnieuw te laten berekenen, met het gevolg dat de rekentijd aanzienlijk wordt vergroot.

Binnenkort zullen over deze kwestie meer concrete gegevens beschikbaar zijn. Ingaande 1 augustus is de mogelijkheid opengesteld tijdens de executie van een programma aan de X1 te "vragen" hoeveel geheugenruimte niet gebruikt wordt, zodat alsdan exacte getallen in plaats van schattingen kunnen worden verkregen op grond waarvan men kan bepalen of uitbreiding of verfijning van het programma realiseerbaar is.

Ook leveren verdere verfijningen van het model moeilijkheden op met de rekentijd. Opgemerkt dient echter te worden, dat wanneer men de benodigde rekentijd voor het bestaande programma vergelijkt met de tijden, die van snellere machines in het buitenland in operationeel gebruik bekend zijn, de benodigde tijd verhoudingsgewijs van de goede orde van grootte is.

4.3 In de loop van de verslagperiode is het steeds meer duidelijk geworden, dat hoewel zoals in het eerste verslag uiteengezet het programmeren in ALGOL 60 weinig moeilijkheden biedt en vele voordelen bezit, het ponsen van de ALGOL-banden een tijdrovend karwei is. Foutendetectie is, zoals eerder werd betoogd, in ALGOL 60 in de regel snel geschied, correctie van een gedetecteerde fout is daarentegen tijdrovend. Deze verhouding is financieel evenwel gunstig, omdat het duurdere toestel (X1) daardoor relatief korter wordt gebruikt dan het goedkopere (Flexowriter). Vele gebruikers van de X1 van het M.C. zijn ertoe overgegaan of zelf een Flexowriter aan te kopen, zodat zij de bandponsingen thuis kunnen verrichten en/of een speciale persoon op te leiden tot ponsen.

4.4 Het tempo van de werkzaamheden wordt, behalve door het tempo waarin de gebruiker van de X1 zelf werkt, in belangrijke mate bepaald door de 2 tot 3 weken die liggen tussen de datum waarop een reservering tot stand komt en de datum waarvoor de reservering geldt. Indien een programma wijziging of correctie behoeft moet eerst een nieuwe band worden geponst waarna pas een nieuwe reservering van de X1 kan geschieden. Daardoor komt elke verandering, uitbreiding of correctie neer op 3 tot 4 weken tijdverlies. Daarbij moet nog worden bedacht, dat correctie van foute banden niet alleen nodig is in geval van human failure maar soms ook in geval van machine failure (zie bijv. par. 2.5). Ook gaan enige weken verloren indien tijdens de executie van een programma machinestoring optreedt en het programma op een later tijdstip moet worden herhaald.