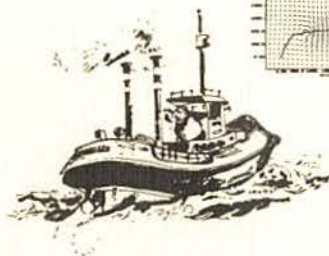
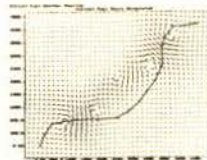
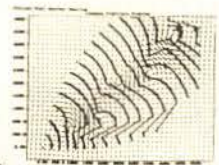


VAKANTIECURSUS 1992

SYSTEEMTHEORIE



Stichting Mathematisch Centrum

Bibliotheek
CWI-Centrum voor Wiskunde en Informatica
Amsterdam

Vakantiecursus 1992

voor leraren in de exacte vakken VWO, HAVO en HBO en andere belangstellenden

De vakantiecursus die de Stichting Mathematisch Centrum in 1992 organiseert heeft als thema:

Systeemtheorie

Het zal ook dit jaar een tweedaagse cursus zijn, die zowel in Amsterdam als in Eindhoven zal plaatsvinden. De cursus te Amsterdam, die bestemd is voor de regio's Noord (Noord en Zuid Holland) en Midden (Utrecht, Gelderland, Flevoland, Overijssel, Drenthe, Friesland, Groningen), wordt gehouden op vrijdag 28, en zaterdag 29 augustus in het CWI, Kruislaan 413 te Amsterdam. Op vrijdag bestaat de mogelijkheid een warme maaltijd te gebruiken (f 20.-), terwijl op zaterdag de mogelijkheid bestaat te lunchen (f 15.-). Deze kosten dienen tezamen met het inschrijfgeld te worden voldaan.

De cursus te Eindhoven, die gericht is op regio Zuid (Limburg, Noord-Brabant en Zeeland), wordt gehouden op donderdag 3, en vrijdag 4 september in het Rekencentrum van de Technische Universiteit Eindhoven, Den Dolech 2 te Eindhoven. In Eindhoven is er de gelegenheid om in de kantine te lunchen. De hieraan verbonden kosten dienen ter plaatse te worden voldaan.

Aanmelding voor deelname aan de cursus kan geschieden door het aanmeldingsformulier achterin deze brochure in te vullen en vóór 15 augustus op te sturen.

Ten geleide

Gedurende de afgelopen jaren is het onderwerp van de vakantiecursus gekozen uit gebieden die dichtbij, of in het verlengde lagen van de leerstof voor het VWO: meetkundige structuren, getallentheorie, geschiedenis van de wiskunde, differentierekening, complexe getallen etc.

Dit jaar is met deze "traditie" gebroken en wordt een onderwerp uit de toegepaste wiskunde aan de orde gesteld: "Systeemtheorie", een onderwerp waarmee vermoedelijk niet alle bezoekers van de cursus vertrouwd zullen zijn, maar dat – naar de organisatoren hopen en verwachten – de deelnemers wel zal aanspreken en tot nadere bestudering zal aanzetten.

Heel algemeen en ruw gezegd gaat het hier om de interactie tussen een wel omschreven deel van de omringende wereld en de omgeving daarvan. De bijdrage van Prof. Olsder aan deze brochure geeft al een eerste inzicht in dit probleemgebied.

Omdat het hier gaat om een toepassing van de wiskunde zal het benodigde mathematische gereedschap in een drietal inleidende voordrachten worden aangereikt en wel: hulpmiddelen uit de lineaire algebra, uit de theorie van de differentiaalvergelijkingen en uit de stochastiek. Daarna volgen de hoofdvoordrachten, die gewijd zijn aan de eigenlijke systeemtheorie. Deze laatste theorie houdt zich grosso modo bezig met de verwerking van informatie die uit metingen verkregen is.

De slotvoordracht getiteld "Enkele moderne ontwikkelingen" schetst perspectieven en trekt lijnen door. Van harte hopen de organisatoren dat dit onderwerp – voor velen niet alledaags, maar wel verbonden met problemen van alledag – de belangstelling van de deelnemers zal prikkelen en, zoals al eerder gezegd, zal aanzetten tot nadere bestudering.

Kort gezegd: wij hopen op een goede opkomst en wensen alle deelnemers twee plezierige inspirerende dagen toe.

A.W. Grootendorst

Programma Amsterdam

28 en 29 augustus 1992

Vrijdag 28 augustus

- 15.00-15.30 Ontvangst, koffie
- 15.30-15.35 Opening
- 15.35-16.20 Inleiding Wiskundige Systeemtheorie
J.M. Schumacher, CWI Amsterdam
- 16.20-16.45 Pauze
- 16.45-17.30 Enkele hulpmiddelen uit de lineaire algebra
A.W. Grootendorst, TU Delft
- 17.30-18.30 Warme maaltijd
- 18.30-19.15 Differentiaalvergelijkingen
H.J.C. Huijberts, TU Eindhoven
- 19.15-19.45 Pauze
- 19.45-20.30 Stochastiek
A.G.P.M. Nijst, TU Eindhoven

Zaterdag 29 augustus

- 10.00-10.45 Systeemtheorie: Sturen en Waarnemen
J.W. van der Woude, TU Delft
- 10.45-11.15 Pauze
- 11.15-12.00 Besturingstheorie
M.L.J. Hautus, TU Eindhoven
- 12.00-13.00 Lunch
- 13.00-13.45 Filtertheorie
A.W. Heemink, TU Delft-Rijkswaterstaat, Den Haag
- 13.45-14.15 Pauze
- 14.15-15.00 Enkele Moderne Ontwikkelingen
M.L.J. Hautus, TU Eindhoven
- 15.00-15.05 Sluiting

Programma Eindhoven

3 en 4 september 1992

Donderdag 3 september

- 10.00-11.00 Ontvangst, koffie
- 11.00-11.05 Opening
- 11.05-11.45 Inleiding Wiskundige Systeemtheorie
G.J. Olsder, TU Delft
- 11.45-12.15 Pauze
- 12.15-13.00 Enkele hulpmiddelen uit de lineaire algebra
A.W. Grootendorst, TU Delft
- 13.00-14.00 Lunch
- 14.00-14.45 Differentiaalvergelijkingen
H.J.C. Huijberts, TU Eindhoven
- 15.15-1600 Stochastiek
J.Th.M. Wijnen, TU Eindhoven

Vrijdag 4 september

- 10.00-10.45 Systeemtheorie: Sturen en Waarnemen
J.W. van der Woude, TU Delft
- 10.45-11.15 Pauze
- 11.15-12.00 Besturingstheorie
A.A. Stoorvogel, TU Eindhoven
- 13.00-13.45 Filtertheorie
A.W. Heemink, TU Delft-Rijkswaterstaat, Den Haag
- 13.45-14.15 Pauze
- 14.15-15.00 Enkele Moderne Ontwikkelingen
G.J. Olsder, TU Delft
- 15.00-15.05 Sluiting

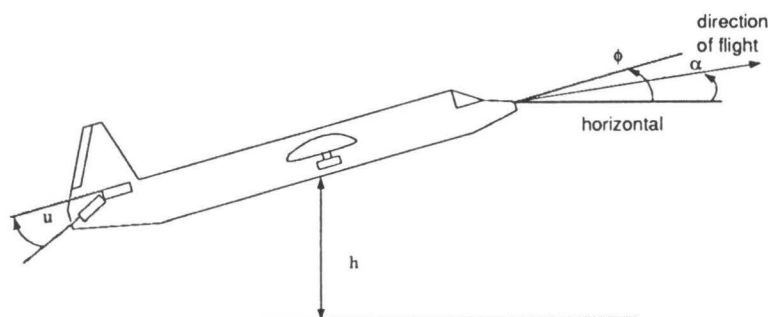
Inleiding wiskundige systeemtheorie

G.J. Olsder

Een systeem is een stukje van de realiteit dat we voorstellen als een apart, gescheiden, stuk van die realiteit. De realiteit buiten dit systeem wordt de 'omgeving' genoemd. Systeemtheorie houdt zich bezig met de interacties tussen het systeem en zijn omgeving. Deze interacties zullen vaak gekarakteriseerd worden door functies die van de tijd afhangen. Het systeem wordt door zijn omgeving beïnvloed door 'inputs', functies van de tijd, terwijl het systeem op zijn beurt de omgeving kan beïnvloeden door 'outputs', eveneens functies van de tijd.

Drie voorbeelden van systemen zijn:

1. Het besturen van een vliegtuig. De stand van de stuurknuppel (de input) bepaalt in welke richting (de output) het vliegtuig gaat vliegen.
2. In de economie: de rentestand (de input) heeft een invloed op het investeringsgedrag (de output).
3. Regenval (de input) heeft een invloed op de hoogte van de waterstand (de output) in een rivier.



Wiskundige systeemtheorie houdt zich niet alleen bezig met de studie van input/output verschijnselen, maar tevens met het kiezen van 'verstandige' inputs. Als de input te kiezen is, zoals in de eerste twee voorbeelden, spreekt men ook wel over regeltheorie of (optimale) besturingstheorie in plaats van systeemtheorie. De nadruk zal in alle gevallen liggen op het dynamische, dwz. tijdsafhankelijke gedrag van dit soort verschijnselen.

Wiskundige systeemtheorie bestond oorspronkelijk uit een aantal wiskundige disciplines, zoals de theorie der differentiaalvergelijkingen, de lineaire algebra en de Laplace en Fourier transformaties. Vanaf de jaren vijftig en zestig zijn daar 'eigen' resultaten bijgekomen en de systeemtheorie heeft zich nu ontwikkeld tot een zelfstandig wiskundig georiënteerd vakgebied. Vele wiskundige disciplines, niet alleen de zojuist genoemde, maar ook bijv. stochastiek, differentiaalmeetkunde en de grafentheorie kunnen deel uitmaken van vakgebieden binnen de systeemtheorie.

Wiskundige systeemtheorie vormt de wiskundige basis voor een aantal technische gebieden zoals de regeltechniek en de netwerkanalyse. Zij bestudeert vooral de structurele eigenschappen van de verbanden tussen input en output. Zij is ook het startpunt voor andere richtingen zoals de optimale besturingstheorie (waarbij een input functie moet worden

gekozen zodat de output functie aan een gegeven eis zo goed mogelijk tegemoet komt) en de filtertheorie (de input bij de filtertheorie wordt geïnterpreteerd als meet- en/of model-fout die zo goed mogelijk moet worden 'weggefilterd'). Wiskundige systeemtheorie speelt ook een rol in de economie, vooral bij de beschrijving en bestudering van theoretische informatica en de bedrijfskunde.

In deze cursus zullen enkele onderliggende wiskundige disciplines aan de orde komen en tevens de drie 'hoofdrichtingen' van de optimale besturingstheorie en de filtertheorie. In de inleiding zullen de genoemde relaties verder worden uitgediept en enkele concepten uit de systeemtheorie zullen worden geïllustreerd (zoals het begrip 'terugkoppeling').

Enkele hulpmiddelen uit de lineaire algebra

A.W. Grootendorst

In deze inleiding staan enkele problemen centraal die verband houden met het "diagonaliseren" van matrices en het brengen van matrices in de zgn. Jordan normaal vorm. Hiermee wordt het volgende bedoeld.

1. Als we ons beperken tot matrices met reële elementen, dan bestaan er bij iedere symmetrische $n \times n$ -matrix A een orthogonale matrix P zodanig dat de matrix $P^{-1}AP = D$ de diagonaal vorm heeft, d.w.z. dat alle elementen buiten de hoofd-diagonaal nul zijn. Zoals bekend is, noemen we een $n \times n$ -matrix P orthogonaal als $P^t = P^{-1}$, waarbij P^t de getransponeerde van P is, d.w.z. uit P verkregen door spiegeling t.o.v. de hoofd diagonaal; er geldt dus $P^tP = PP^t = E$, waarin E de eenheids matrix is. De berekening van P zal besproken worden. Daar de m -de macht van een diagonaalmatrix direct te zien is, kan men op een eenvoudige manier A^m berekenen, immers $A = PDP^{-1}$, dus $A^m = PD^mP^{-1}$. Bovengenoemde diagonalisatie is echter niet voor iedere $n \times n$ -matrix mogelijk. Een $n \times n$ -matrix A laat slechts dan diagonalisatie toe als A n lineair onafhankelijke eigen vectoren heeft.
2. Beschouwen we echter matrices met complexe elementen, dan bestaat er bij iedere $n \times n$ -matrix A een matrix P zodanig dat $P^{-1}AP$ de zgn. Jordan normaal vorm heeft, d.w.z. $P^{-1}AP = J$ waarin J opgebouwd is uit "vierkante blokken" $J_1, J_2, \dots, J_k$ rond de hoofddiagonaal en daarbuiten uit louter nullen bestaat, dus

$$J = \begin{pmatrix} J_1 & & 0 \\ & J_2 & \\ 0 & & J_k \end{pmatrix}.$$

Elke blokmatrix J_i is ook weer opgebouwd uit blokken J_{ij} rond de hoofddiagonaal. Deze blokken hebben een bijzondere structuur nl.:

$$J_{ij} = \begin{pmatrix} \lambda_i & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_i & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \lambda_i & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \lambda_i \end{pmatrix}$$

Een voorbeeld van een Jordan matrix is:

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & & & \\ 0 & 2 & & & \\ & & 2 & 1 & \\ & & 0 & 2 & \\ & & & & 3 & 1 \\ & & & & 0 & 3 \\ & & & & & & 3 \end{pmatrix}$$

(met op de niet ingevulde plaatsen nullen)

3. Een en ander zal o.m. toegepast worden bij het berekenen van e -machten met een matrix in de exponent. Daarbij geldt – bij gegeven vierkante matrix A – de definitie:

$$e^A = E + \frac{A}{1!} + \frac{A^2}{2!} + \frac{A^3}{3!} + \dots,$$

welke definitie uiteraard alleen zinvol is indien deze reeks convergeert.

Gewone differentiaalvergelijkingen

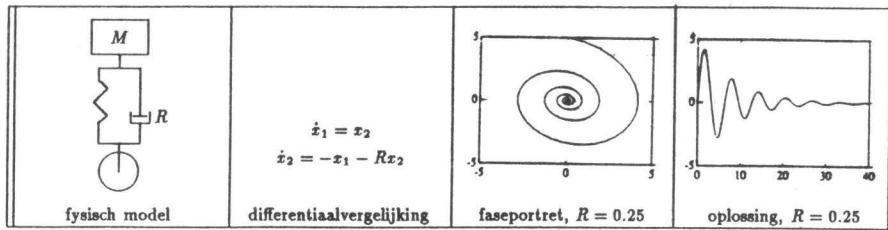
H.J.C. Huijberts

Eén van de gevolgen van Newton's appel was de geboorte van een nieuw onderdeel van de wiskunde: de infinitesimaalrekening. Hieruit is onder andere de theorie van gewone differentiaalvergelijkingen voortgekomen. Deze theorie vormt de basis voor vakgebieden als de klassieke mechanica en de hemelmechanica. Tegenwoordig worden veel processen in de praktijk gemodelleerd met behulp van gewone differentiaalvergelijkingen. Men kan hierbij denken aan fysische processen (robotica, ruimtevaart), economische processen en chemische processen. Ook in de optimale besturingstheorie spelen gewone differentiaalvergelijkingen een belangrijke rol.

Als we eenmaal een proces hebben gemodelleerd met behulp van gewone differentiaalvergelijkingen, willen we ook wat doet met dit model: we willen weten hoe het proces zich gedraagt (zal onze kerncentrale ontploffen?) en op welke manier we het proces kunnen beïnvloeden (hoe voorkom ik dit soort rampen?). Wat we dus willen is het oplossen van de differentiaalvergelijking. Hier stuiten we echter op een probleem. Alhoewel we meestal wel het bestaan en de eenduidigheid van oplossingen kunnen aantonen, is het slechts in een zeer beperkt aantal gevallen mogelijk deze oplossingen ook in een gesloten analytische vorm te geven. In het algemeen zal daarom ofwel de toevlucht worden gezocht tot het genereren van benaderende oplossingen m.b.v. methoden uit de numerieke wiskunde, of er zal worden geprobeerd zoveel mogelijk informatie te verkrijgen over het gedrag van de oplossingen (men spreekt dan van kwalitatieve eigenschappen).

Eén belangrijke kwalitatieve eigenschap is de stabiliteit van oplossingen: komt het proces tot rust, blijft het (rustig) voortsudderen, of "ontploft" het? In deze voordracht zal de stabiliteitstheorie voor gewone differentiaalvergelijkingen aan de orde komen. We beperken ons hierbij voornamelijk tot tweedimensionale stelsels. De zaken zijn in dit geval gecompliceerd genoeg om alle essentiële resultaten te illustreren en eenvoudig genoeg om het ge-

heel nog inzichtelijk en aanschouwelijk te kunnen maken, onder andere met behulp van grafische middelen. Ter illustratie hieronder wat resultaten voor de vering en schokdemper van een auto.



Stochastiek

A.G.P.M. Nijst en J.Th.M. Wijnen

Sinds de edelman De Meré, een beroepsgokker uit de zeventiende eeuw, in de praktijk ontdekte dat de kans om met één dobbelsteen in 4 worpen minstens één zes te gooien ($p = 0,5177$) groter is dan de kans om met twee dobbelstenen in 24 worpen minstens één dubbel-zes te gooien ($p = 0,4914$) is er veel over kansproblemen nagedacht.

Laplace gaf een definitie van kans die gebaseerd is op de veronderstelling dat elementaire mogelijkheden "gelijkelijk mogelijk" zijn. Deze definitie leidde tot de oplossing van veel problemen met behulp van combinatorische (tel-)methoden. De uiteindelijke axiomatische kansrekening werd in 1933 geformuleerd door Kolmogorov en gaat uit van een triplet (Ω, F, P) . Hierbij is Ω de verzameling van mogelijke uitkomsten, F een collectie deelverzamelingen van Ω (zogenaamde gebeurtenissen) en P een functie (kans) die aan iedere gebeurtenis een getal tussen 0 en 1 toekent. Het triplet heet dan kansruimte. Om de uitkomstenverzameling Ω voor te kunnen stellen door de reële getallenrechte (of een gedeelte daarvan) is het begrip stochast of toevalsvariabele ingevoerd. Het woord stochast komt van het Griekse werkwoord *stochazomai* = gissen. Een stochast is een "nette" functie die aan elke uitkomst een reëel getal toevoegt. Voor iedere reële x kunnen we de kans bepalen dat de stochast waarden aanneemt die kleiner dan of gelijk zijn aan x . Deze kans is een functie van x en heet verdelingsfunctie.

Een stochast wordt door zijn verdelingsfunctie volledig gekarakteriseerd, maar in de praktijk zijn andere grootheden als verwachting en variantie beter bruikbaar om het gedrag van stochasten te beschrijven. Bij twee stochasten is het vaak zo dat de waarde die de ene stochast aanneemt afhangt van de waarde die de andere stochast aanneemt: de stochasten heten dan (stochastisch) afhankelijk. De mate van afhankelijkheid wordt gemeten met de grootheid correlatiecoëfficiënt. Deze coëfficiënt heeft een waarde tussen -1 en 1 . Een positive waarde geeft aan dat grote waarden van de ene stochast samengaan met grote waarden van de andere.

Als een stochast afhangt van de tijd spreken we van een stochastisch proces of signaal. Voor ieder tijdstip t is daarmee een stochast vastgelegd. Tussen stochasten behorende bij verschillende tijdstippen bestaat meestal een zekere samenhang. Deze samenhang wordt uitgedrukt in de autocorrelatiefunctie. Een belangrijke, door transformatie uit de autocorrelatiefunctie verkregen grootheid is het zogenaamde vermogensspectrum. Deze grootheid wordt onder meer in de filtertheorie veel gebruikt. Een voorbeeld van een stochastisch proces is "ruis", zoals we dat kennen van de luidspreker. Witte ruis is in de praktijk niet realiseerbaar, maar is van groot belang in theoretische beschouwingen.

De hier genoemde begrippen zullen in de cursus globaal worden toegelicht als inleiding op de voordracht filtertheorie.

Systeemtheorie: Sturen en Waarnemen

J.W. van der Woude

We beschouwen een systeem beschreven door middel van een stelsel lineaire vergelijkingen.

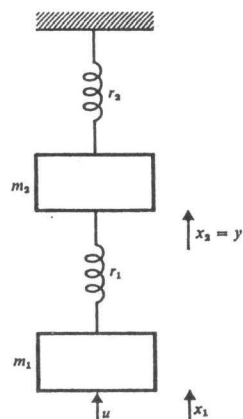
$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu, \quad x(0) = x_0,$$

$$y = Cx.$$

A , B en C zijn reële constante matrices, x is een vector waarvan de componenten functies zijn van t , $\frac{d}{dt}$ staat voor componentsgewijze differentiatie en x_0 is een beginwaarde. We onderscheiden een drietal vectoren, alle afhankelijk van de tijd. De vector $x(t)$ representeert de toestand waarin het systeem zich bevindt op tijdstip t . Deze vector bevat al die variabelen die voor de voortgang van het systeem van belang zijn. Met de vector u kan het systeem van buitenaf beïnvloed worden. Daarom wordt deze vector de besturing voor het systeem genoemd. De vector y staat voor dat deel van de toestand dat aan de buitenwereld bekend is en heet de waarneming aan het systeem.

We zullen ons bezig houden met de vraag onder welke omstandigheden het mogelijk is om het systeem van de ene toestand naar een willekeurige andere toestand te brengen door het toepassen van een geschikte besturing. Is dit mogelijk dan heet het systeem **bestuurbaar**.

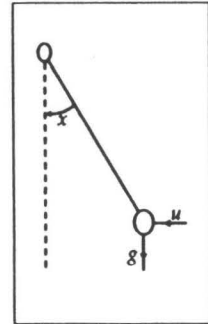
Ook zullen we de vraag behandelen onder welke omstandigheden de toestand van het systeem volledig (terug) te berekenen is uit de waarnemingen die het gevolg zijn van die toestand. We spreken dan van een **waarneembaar** systeem. Een centrale rol bij dit alles zal worden ingenomen door het begrip terugkoppeling. Hierbij wordt de besturing voor het systeem berekend aan de hand van de waarnemingen aan het systeem. Men wil op die manier het systeem een "gewenst" gedrag laten beschrijven.



Optimale besturing van lineaire systemen

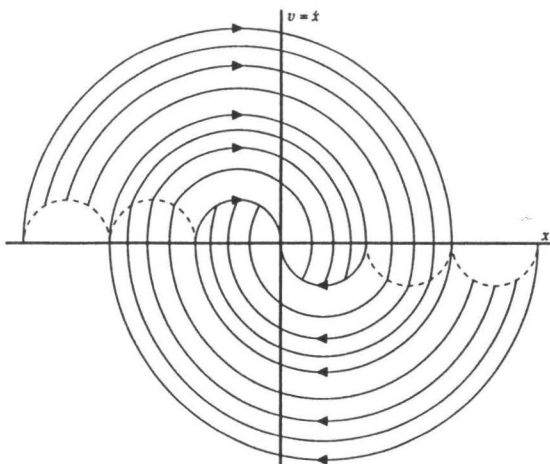
M.L.J. Hautus

Vele systemen kunnen worden gestuurd. Dit betekent dat invloed kan worden uitgeoefend op het verloop van het proces. De mogelijkheid tot sturen kan bijvoorbeeld voorkomen bij mechanische, chemische of economische systemen. Wiskundig kan zo'n situatie vaak beschreven worden als een (gewone) differentiaalvergelijking met een tijdsafhankelijke parameter erin, die we de besturing noemen. Een eenvoudig voorbeeld hiervan is een slinger, waarop we een kracht kunnen uitoefenen. Vaak zal deze kracht beperkt zijn. De kracht zal de beweging van de slinger beïnvloeden. In de besturingstheorie zal men deze invloed willen gebruiken om een bepaalde doelstelling te bewerkstelligen. Zo zal men bijvoorbeeld proberen een raket naar de maan te sturen, of, in een chemisch proces, materiaal te produceren van een gewenste kwaliteit. In ons voorbeeld van de slinger kan een doelstelling zijn een bewegende slinger tot stilstand te brengen in de evenwichtstoestand (waarbij de slinger recht naar beneden hangt).



Gewoonlijk zullen er meerdere besturingen zijn die een gesteld doel bereiken. Het ligt dan voor de hand dat men onder deze besturingen een optimale kest. Om te definiëren wat dit betekent, moet men een optimaliteitscriterium aangeven. In het geval van de raket die naar de maan vliegt, kan dat bijvoorbeeld minimaal brandstofgebruik zijn, voor een chemisch proces een maximale hoeveelheid geproduceerde stof en voor onze slinger kan het de eindtijd zijn. Het probleem voor de slinger luidt dan: *Probeer een besturing te vinden die de slinger vanuit een gegeven begintoestand (d.w.z. positie en snelheid) in minimale tijd in de evenwichtstoestand in rust brengt.*

De algemene behandeling van optimale-besturings-problemen is nogal ingewikkeld. We zullen ons in deze voordracht beperken tot een heel eenvoudige klasse van problemen, en wel die waarbij het systeem lineair is. In dit geval kan de behandeling erg eenvoudig gehouden worden, terwijl de essentiële resultaten en begrippen uit de algemene theorie toch aanwezig zijn. Voor het bovengenoemde probleem van de slinger wordt het hoofdresultaat weergegeven in onderstaande tekening.

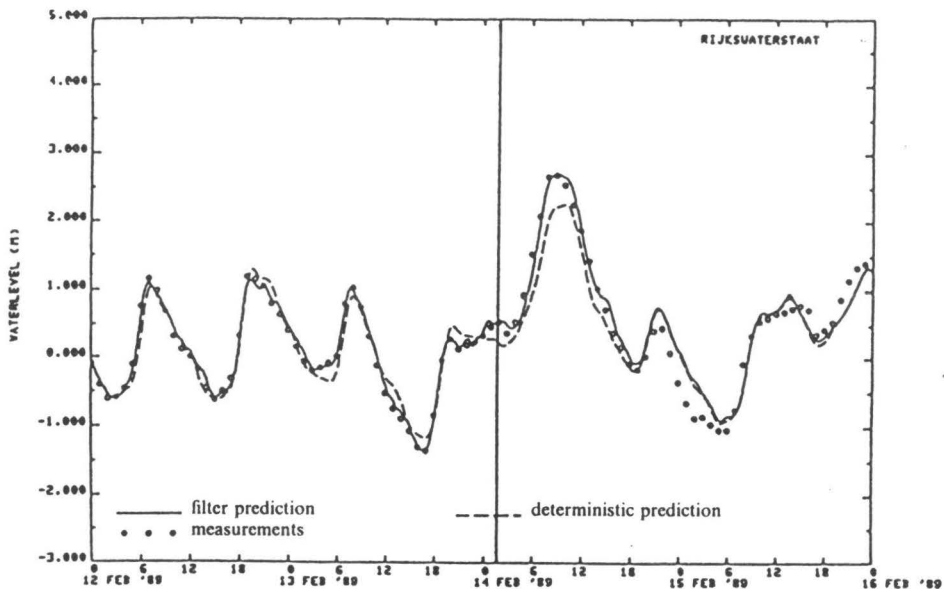


Filter Theorie

A.W. Heemink

Kalman filtering. Het bestuderen en voorstellen van een fysisch proces kan door gebruik te maken van elementaire natuurwetten. Dit zijn bijvoorbeeld de wetten van behoud van massa, impuls of energie. Op basis van deze wetten kunnen we wiskundige vergelijkingen formuleren die het gedrag van het verschijnsel bij benadering beschrijven. Uitgaande van een zekere beginsituatie is een benadering van het gedrag van het verschijnsel door het model bepaald.

Het bestuderen van het gedrag van een fysisch verschijnsel kan ook door uitsluitend gebruik te maken van meetinformatie. Meten is weten is een bekende uitspraak. Meten is echter niet voorspellen. Hierbij is een model onmisbaar. Daarnaast geven metingen zelden een volledig beeld van het proces. We kunnen slechts op een beperkt aantal lokaties metingen inwinnen en bovendien zijn veel grootheden in het geheel niet te meten. Slechts via het gebruik van modellen kunnen metingen worden aangevuld en kunnen zinvolle conclusies worden getrokken. Dit geeft aan dat er behoefte is aan een methode waarmee het mogelijk is om modelresultaten te mengen met beschikbare metingen. Dit kan gerealiseerd worden door gebruik te maken van Kalman filtering.



Voorstelling van de waterstand in Den Helder op 14 febr. 1989, 2:00 met en zonder Kalman filter

De theorie van Kalman filtering werd voor het eerst gepubliceerd door Kalman in 1960. Het duurde niet lang voordat duidelijk was dat Kalman filtering van groot praktisch belang zou worden. Al in het begin van de jaren zestig werden filters ontwikkeld voor de navigatie van ruimteschepen. Bij het schatten van de positie van een ruimteschip was er behalve meetinformatie ook kennis beschikbaar van het dynamisch gedrag van het ruimteschip. Kalman filtering bleek bij uitstek geschikt om alle beschikbare waarnemingen te combineren met de informatie die het oplossen van de bewegingsvergelijkingen omtrent de positie van het ruimteschip gaf. Inmiddels wordt deze aanpak op grote schaal gebruikt voor navigatiedoeleinden. Zo was één van de redenen van het succes van de Patriot raket in de

golffoorlog dat deze raket was uitgerust met een Kalman filter. Wellicht een nog belangrijker reden voor dit succes was dat de Scud raket niet de beschikking had over deze techniek om de Patriot te kunnen ontwijken. Behalve voor het oplossen van navigatie problemen wordt Kalman filtering tegenwoordig ook gebruikt bij het voorspellen van waterstanden en bij het verbeteren van de weersvoorspellingen.

Bij het toepassen van Kalman filtering wordt een afweging gemaakt tussen twee soorten informatie die van een proces beschikbaar zijn. Modelinformatie en meetinformatie. Metingen worden gebruikt om modelfouten te corrigeren. De modelinformatie wordt gebruikt om de metingen te corrigeren. Ook metingen zijn immers nooit perfect. Meetfouten kunnen voor een deel worden geëlimineerd. Het goede van de metingen blijft behouden, het slechte wordt eruit gehaald. Vandaar de naam filter.

Enkele moderne ontwikkelingen

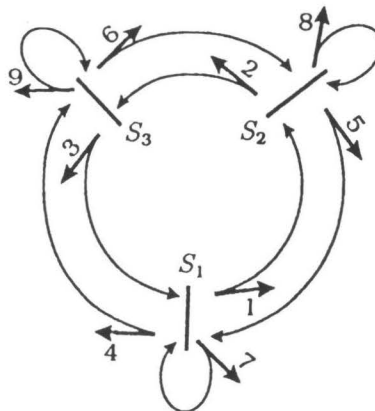
G. J. Olsder

Zonder uitputtend te zijn, zullen enkele ontwikkelingen genoemd worden die aan de systeemtheorie zijn ontsproten of waaraan momenteel veel aandacht wordt besteed.

1. Modelvorming, realisatie en systeemidentificatie. Dit onderwerp betreft het bepalen van een mathematisch model voor een dynamisch systeem uitgaande van het waargenomen ingangs- en uitgangssignaal. Klassiek wordt dit probleem benaderd door het systeem stochastisch te beschrijven en parameterschattingstechnieken toe te passen. Recente benaderingen zijn vaak gebaseerd op approximatietechnieken.

2. Robuuste regelingen. De robuuste regeltheorie beoogt het ontwikkelen van een wiskundige theorie voor het ontwerp van regelaars (de terugkoppelingen) die niet alleen goed functioneren als het model de praktijk goed of exact beschrijft, maar ook bevredigend blijven functioneren als er een discrepantie is tussen model en wat er in de praktijk gebeurt.

3. Systeemtheorie voor systemen met discrete gebeurtenissen. Dit zijn systemen beschreven door differentievergelijkingen waarbij de onderliggende algebra niet de conventionele is, maar gevormd wordt door de reële getallen met de operaties maximalisatie en optelling (geen vermenigvuldiging dus). Motiverende problemen die op zo'n manier beschreven kunnen worden zijn het ontwerp van communicatieprotocollen voor computernetwerken, regeling van flexibele productiesystemen en regeling van railverkeer. Er zijn hier aanrakingsvlakken met Petri netten en de grafentheorie.



4. Speltheoretische begrippen in de besturingstheorie. Hierbij gaat het om het modelleren (en oplossen) van conflicten. Wat de ene speler (of beslissingsnemer) zo goed mogelijk probeert te bewerkstelligen, daar wordt door de andere speler precies het tegengestelde geprobeerd.

In deze lezing zal aandacht besteed worden aan de laatste twee punten.

Cursusgeld

Het cursusgeld bedraagt f 75.-, excl. 18.5% BTW. waarbij de syllabus is inbegrepen. Dit bedrag is echter exclusief de kosten van maaltijden.

Aanmelding

Door het inschrijfformulier achterin deze brochure in te vullen en op te sturen naar:

Stichting Mathematisch Centrum
T.a.v. Mevrouw M. Bruné
Postbus 4079
1009 AB Amsterdam

Betaling

Na ontvangst van het inschrijfformulier sturen wij u een factuur voor de kosten van deelname en voor de kosten van door u gewenste maaltijden.

Plaats

Amsterdam: CWI, Kruislaan 413, zaal Z011. Eindhoven: Rekencentrum van de Technische Universiteit Eindhoven, Den Dolech 2.

Syllabus

De syllabus zal worden uitgereikt bij aankomst op de cursus.

Boekententoonstelling

Zoals gebruikelijk zal ook dit jaar weer een boekententoonstelling worden ingericht.

Informatie

Voor nadere informatie over de Vakantiecursus kunt u zich wenden tot mevrouw M. Bruné, tel. 020-5924058.

Sprekers

Prof.Dr. A.W. Grootendorst

(TU Delft) Aardbeistraat 11; 2564 TM Den Haag; 070-3232936.

Prof.Dr.Ir. M.L.J. Hautus

TU Eindhoven, Fac. Wiskunde en Informatica; Postbus 513, 5600 MB Eindhoven; 040-472628.

Prof.Dr.Ir. A.W. Heemink

Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren; Postbus 20907, 2500 EX Den Haag; TU Delft, Fac. Technische Wiskunde en Informatica; Postbus 356, 2600 AJ Delft; 015-785813.

Dr.Ir. H.J.C. Huijberts

TU Eindhoven, Fac. Wiskunde en Informatica; Postbus 513, 5600 MB Eindhoven; 040-472750.

Dr. A.G.P.M. Nijst

TU Eindhoven, Fac. Wiskunde en Informatica; Postbus 513, 5600 MB Eindhoven, 040-472813.

Prof.Dr. G.J. Olsder

TU Delft, Fac. Technische Wiskunde en Informatica; Postbus 356, 2600 AJ Delft; 015-781912.

Prof.Dr. J.M. Schumacher

Centrum voor Wiskunde en Informatica; Postbus 4079, 1009 AB Amsterdam; 020-5924090.

Dr. A.A. Stoorvogel

TU Eindhoven, Fac. Wiskunde en Informatica; Postbus 513, 5600 MB Eindhoven, 040-472858.

Dr. J.W. van der Woude

TU Delft, Fac. Technische Wiskunde en Informatica; Postbus 356, 2600 AJ Delft; 015-783834.

J.Th.M. Wijnen

TU Eindhoven, Fac. Wiskunde en Informatica; Postbus 513, 5600 MB Eindhoven, 040-472910.

AANMELDINGSFORMULIER

VAKANTIECURSUS 1992

SYSTEEMTHEORIE

Ondertekende,

Naam: _____ Functie: _____

Adres: _____ Telefoon: _____

Postcode: _____ Woonplaats: _____

wenst deel te nemen aan de Vakantiecursus 1992, die zal worden gehouden te

- | | | |
|----|---|---------|
| A. | Amsterdam op 28 en 29 augustus 1992 | ja/nee* |
| | Deelname aan warme maaltijd (f 20,-) | ja/nee* |
| | Deelname aan lunch (f 15,-) | ja/nee* |
| B. | Eindhoven op 3 en 4 september 1992 | ja/nee* |
| | (lunchen tegen contante betaling in de kantine) | |

Datum:

Hantekening:

Indien de factuur naar een ander adres gestuurd moet worden dan hierboven door u vermeld, kunt u dat hieronder aangeven:

Naam: _____

Organisatie _____

Adres: _____

Postcode: _____

Woonplaats: _____

Gelieve dit formulier vóór 15 augustus 1992 op te sturen naar:

Stichting Mathematisch Centrum
T.a.v. Mevr. M. Bruné
Postbus 4079
1009 AB Amsterdam

*Doorhalen wat niet van toepassing is

