



# LUND UNIVERSITY

## Besök i England den 17-28 september 1973

Gustavsson, Ivar

1973

*Document Version:*  
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*  
Gustavsson, I. (1973). *Besök i England den 17-28 september 1973*. (Travel Reports TFRT-8008). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

*Total number of authors:*  
1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:  
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

BESÖK I ENGLAND DEN 17-28 SEPTEMBER 1973

I. GUSTAVSSON

Rapport 7330 (C) December 1973  
Inst. för Reglerteknik  
Lunds Tekniska Högskola

BESÖK I ENGLAND DEN 17-28 SEPTEMBER 1973

I. Gustavsson

<u>Innehåll</u>	<u>Sid.</u>
1. INLEDNING	1
2. UKAC 5TH CONTROL CONVENTION ON MODELLING AND SIMULATION FOR APPLIED CONTROL SYSTEMS I BATH, 17-20 SEPTEMBER, 1973	1
3. BESÖK PÅ THE UNIVERSITY OF MANCHESTER INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY I MANCHESTER	5
4. BESÖK PÅ DEPARTMENT OF ENGINEERING SCIENCE, OXFORD UNIVERSITY	7
5. BESÖK PÅ WARREN SPRING LABORATORY I STEVENAGE	10
6. BESÖK PÅ DEPARTMENT OF COMPUTING AND CONTROL, IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY I LONDON	11
7. BESÖK PÅ DEPARTMENT OF ECONOMICS, QUEEN MARY COLLEGE I LONDON	14
8. BESÖK HOS CONTROL ENGINEERING GROUP, CAMBRIDGE UNIVERSITY	14
9. ALLMÄNNA INTRYCK	16
10. ACKNOWLEDGEMENTS	16
APPENDIX A-C	

## 1. INLEDNING

I samband med deltagande i UKAC 5th Control Convention on Modelling and Simulation for Applied Control Systems i Bath, England, 17-20 september, 1973 företogs en studieresa i England, varvid sex olika institutioner och forskningsgrupper med stark anknytning till reglerteknik besöktes. En anledning till mina besök var en önskan att bilda sig en uppfattning om vilka forskningsprojekt som f.n. är aktuella och då främst inom processidentifiering. Vid symposiet i Bath höll jag ett inbjudet översiktsföredrag med titeln: Process Identification and Statistical Modelling - A Survey. I det följande ges en sammanfattning av symposiet och också en sammanställning av de viktigaste intrycken från studiebesöken.

## 2. UKAC 5TH CONTROL CONVENTION ON MODELLING AND SIMULATION FOR APPLIED CONTROL SYSTEMS I BATH, 17-20 SEPTEMBER, 1973

Symposiet i Bath ägnades huvudsakligen åt modellbygge och simulering och då i första hand applikationer av dessa. Symposiet bestod av två delar, den första handlade om identifiering och den andra om analytiskt modellbygge. Sex paper presenterades vid sessionerna om identifiering, tretton vid sessioner som behandlade analytiskt modellbygge. Var och en av de två delarna av symposiet inleddes med inbjudna översiktsföredrag, dels Process Identification and Statistical Modelling - A Survey (I. Gustavsson; Appendix A innehåller ett sammandrag), dels Analytical Modelling (G.W.T. White). Fyra rundabordsdiskussioner förekom med ämnena

- a) Spektralanalysmetoder
- b) Digital simulering
- c) Partiella differentialekvationer och deras lösning
- d) Är modellbygge nödvändigt?

I Appendix B återfinns programmet för hela symposiet.

Symposiet var till största delen en engelsk angelägenhet. De allra flesta bidragen var från England och av 76 deltagare var endast 5 inte från England. Den fullständiga förteckningen över deltagare ges i appendix C. Av deltagarna var ungefär hälften från industrin. Cirka 25 hade anknytning till universitet eller liknande och ett tiotal kom från diverse ställen av typen Ministry of Defence osv.

Samtliga papper utom de två översiktsföredragen återfinns i preprints för United Kingdom Automation Council 5th Control Convention on Modelling and Simulation for Applied Control Systems, organised by The Institute of Measurement and Control, Bath, 17-20 September 1973. För detaljer hänvisas till de fullständiga papperna i dessa preprints. Bara några av bidragen kommenteras här.

D.W. Clarke, Oxford presenterade en jämförelse mellan fyra olika identifieringsmetoder (bl.a. maximum likelihood, generaliserad minsta kvadrat och instrumental variables). Han hade använt dels simulerade data dels data från en pappersmaskin och en destillationskolonn. Slutsatsen i stort är att GLS (generaliserad minsta kvadrat) och ML (maximum likelihood) ger de noggrannaste modellerna. Dock måste man vid identifieringen göra tester på att modellen både för process- och störningsdynamiken är av tillräckligt hög ordning. Så kan t.ex. en felaktig modell för störningarna förorsaka kraftig bias på parametrarna i processens överföringsfunktion.

Ytterligare ett papper gjorde en slags jämförelse mellan korrelationsanalys och maximum likelihood och använde data från en fullskale destillationskolonn. Spektralanalys användes för bestämma överföringsfunktionen för en operatör. Att märka är att experimenten utfördes i closed loop men att spektralanalys i detta fall var användbar. Ytterligare ett papper handlade om modellering, identifiering och styrning av en destillationskolonn. Adaptiv styrning baserad på en viktfunktionsmodell användes. Olinjära termer i modellen förbättrade modellens egenskaper avsevärt.

Bland de papper som behandlade analytiskt modellbygge fanns en hel del av intresse. I flera fall hade modellerna dessutom använts för design av styrstrategier. Ett flertal olika processer behandlades. Ett papper handlade om modellbygge, simulering och styrning av en masugn. För simuleringen indelades masugnen i 25 horisontella zoner för vilka värme- och massbalanser sattes upp. Den slutliga styrningen resulterade enligt uppgift i en avsevärd förbättring. Ett malmsinterverk och ett kulsinterverk fanns också bland de processer som modellerats. Det senare bidraget kom från Holland och behandlar samma typ av process som också finns vid LKAB i Kiruna. Ubåtsdynamik finns behandlat relativt utförligt i ett av papperna. I ett annat beskrivs en modell för tåg i ett järnvägsnät. Modellen har använts i olika typer av simuleringar, t.ex. för att hitta minimal restid för given last och avstånd eller minimal bränsleåtgång för givet avstånd och tid. Ytterligare processer som finns modellerade är en gasturbin för ett flygplan och ett fryssystem. I ett annat bidrag har en ganska intressant studie gjorts av olika styrlagar ur rent ekonomisk synpunkt. I stället för att se till regulatorns möjlighet att reglera bra har man försökt att maximera vinsten.

Jag deltog i två av rundabordsdiskussionerna nämligen den om spektralanalys och den som ställde frågan om modellbygge överhuvudtaget är nödvändigt. I den förstnämnda beskrev Dr. P. Wellstead från UMIST ett system för rekursiv spektralanalysberäkning som troligen kommer att byggas. Det kommer i så fall att bestå av en PDP11/8K, ett grafiskt display, massminne, interface och bli kommandostyrt från t.ex. en teletype. Uppskattad kostnad var ca 75 000 kronor. Systemet skall klara av att beräkna t.ex. effektspektrum, korrelationsfunktioner, koherensspektrum och kunna filtrera och göra smoothing. Beräkningarna baseras på FFT. I diskussionen framkom att det tydligen finns ganska många medicinska tillämpningar där datamängder var av sådan omfattning att ett sådant här system skulle vara av intresse. Diskussionerna om nödvändigheten av modellbygge blev inte särskilt konstruktiv. Redan finns ett flertal större projekt utförda där det visat sig att modellbyggnadsdelen ofta varit mest tidskrävande, ibland upp till 70 %.

I mitt föredrag diskuterade jag bland annat effektiviteten av interaktiva program, typ IDPAC, för identifiering. Flera av symposiets deltagare uttryckte sitt intresse för våra programsystem. Diskussioner rörande olika problem fördes bl.a. med dem som markerats med (\*) i Appendix C. Speciellt för oss intressanta kontakter kan vara:

J.B. Carley, Ministry of Defence, som sysslat med modeller för båtdynamik men i första hand för maskineriet ombord. Styrexperiment med roderändringar tycks ha genomförts.

D.W. Clarke, Oxford University, har under föregående år för första gången gett en kurs om datorer (hard- and software)

D.J. Murray-Smith, Glasgow University, håller på med biologiska system

C.McCorkell, Liverpool Polytechnic, kommer troligen att studera en kombination av samtidig estimering och styrning (med användning av LS i en tillståndsmo-  
dell)

M.A. Dewshi, British Steel Corporation, har använt Extended Kalman Filtering i olika tillämpningar på ugnar. Han ansåg sig också ha vissa teoretiska resultat vad beträffar konvergens och stabilitetsområden för denna typ av estimering.

Slutomdömena om symposiet kan sammanfattas som följer. Ur identifieringssynpunkt framkom inga nyheter. Ytterligare några tillämpningar presenterades och några jämförelser finns redovisade. Papper som behandlar analytiskt modellbygge blir med nödvändighet specialiserade till den process som behandlas. Det är därför svårt att ge något allmänt omdöme men flera av bidragen förefaller intressanta, speciellt då modellbygge för en liknande process är aktuellt. Översiktsföredragen presenterade dagsläget vad gäller identifiering respektive analytiskt modellbygge. Man kan notera G.W.T. White's något tillspetsade tes: Alla processer kan numera modelleras hyggligt om man bara är beredd att betala kostnaderna för att ta fram modellerna.

### 3. BESÖK PÅ THE UNIVERSITY OF MANCHESTER INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY I MANCHESTER

Besöket i Manchester kom att inskränkas till prof. Rosenbrock's institution samt till ett sammanträffande med prof. Priestley, Department of Mathematics and Statistics.

#### Dataanläggning och laboratorier

Dr. Munro demonstrerade datorfaciliteterna som var imponerande. Man hade en PDP10 med två stora diskar, ett antal dectapar, ett stort antal terminaler samt sammankoppling med analogi-maskiner. Ett flertal interaktiva programsystem finns utvecklade, i första hand designpaket som bygger på prof. Rosenbrock's and prof. MacFarlane's idéer. Paketerna hade använts för ett flertal tillämpningar varav kan nämnas en LD-process och mindre gasturbiner. Sådana arbeten utfördes ofta tillsammans med främst kemiska industrier på grund av prof. Rosenbrock's goda kontakter med denna bransch.

En snabb genomgång av laboratorierna visade bl.a. en intressant process. En inloppslåda till en pappersmaskin fanns uppbyggd. Denna var sammankopplad med en PDP8E. Processen användes bl.a. för modellbygge och för styrexperiment på flervariabla system.

#### Identifiering

Rekursiv spektralanalys och rekursiva parametriska identifieringsmetoder diskuterades med Dr. P. Wellstead och en av hans M.Sc.-studenter, R. Koreman. Angående den rekursiva spektralanalysen hänvisas till sid.3. En referens i detta sammanhang är

Hughes, M.T.G. and Wellstead, P.E.: Accuracy of transfer function estimates derived from numerical Fourier transforms. Paper at the Conference of Digital Instrumentation, IEE, London, 1973.

Dr. Wellstead kan också ge program för reelltids-FFT för PDP11. R. Koreman skriver en mindre survey om rekursiva parametriska identifieringsmetoder och gör jämförelser mellan några av dem. Intressant är ett försök att göra Levin's egenvärdesmetod för estimering:

Levin, M.J. (1963): Estimation of system pulse transfer



function in the presence of noise. Preprints JACC, Minneapolis, pp.452-458.  
rekursiv.

Dr. C.Harris har arbetat med stokastisk stabilitet men håller f.n. på med identifiering främst i samband med handledning av en doktorand, C-W Chan. Dennes avhandling kommer väsentligen att bestå av tre delar:

- 1) Den första delen behandlar identifiering i allmänhet, dvs. hur skall man formulera identifieringsproblemet i form av avbildningar mellan olika rum osv.
- 2) Den andra delen behandlar identifiering av system där insignal och störning är korrelerade. Detta ger då också ett sätt att identifiera återkopplade system, se Fig.3.1.

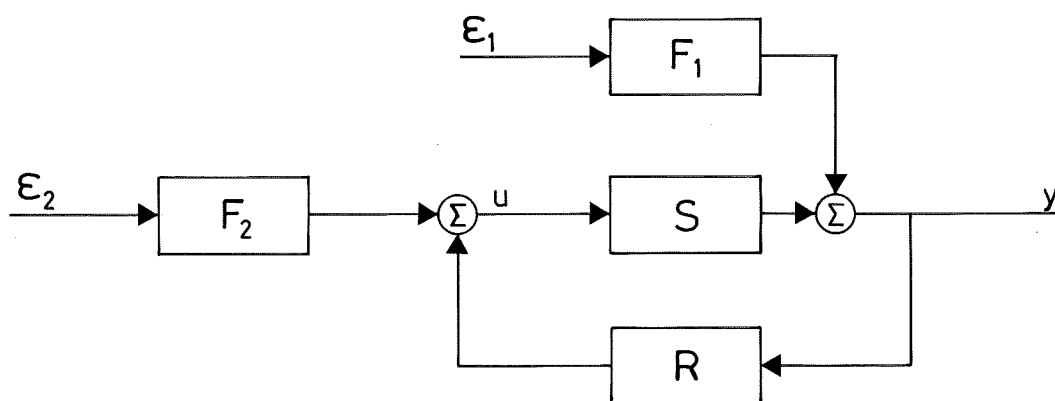


Fig.3.1 Struktur hos ett återkopplat system (Chan)

Först identifieras tidsserierna  $u$  och  $y$  med modellen:

$$\begin{bmatrix} y \\ u \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \end{bmatrix} \quad (\text{s.k. bivariate model})$$

$H$  är en matris av rationella överföringsfunktioner. Under vissa förutsättningar är  $H$  en omvändbart entydig avbildning av  $S, R, F_1$  och  $F_2$  varför dessa kan lösas ur ett ekvationssystem. Ett förmodande är att man dessutom ur strukturen på  $H$  skall kunna avgöra om systemet verkligen var återkopplat eller ej. Chan kommer förmodligen att använda ekonomiska system som tillämpningsexempel.

- 3) Den tredje delen behandlar ordningstalstest i första hand en utvidgning av Akaike's arbete på detta område, t.ex.

Akaike, H. (1969): Fitting autoregressive models for prediction. Ann. Inst. Statist. Math., 21, pp 243-247.

#### Flervariabla strukturer, identifierbarhet mm.

Prof. H. Akaike hade under ca ett års tid vistats vid UMIST och arbetat tillsammans med bl.a. prof. M.B. Priestley. Prof. Akaike hade under denna tid studerat representation av stokastiska processer (jfr P. Faurre), identifierbarhet av flervariabla blandade autoregressiva-glidande medelvärdes processer samt minimalrealisationer av flervariabla system. Det sistnämnda problemet har behandlats stokastiskt i form av val av minimal bas i prediktorrum. Detta i stället för den oftast förekommande rent algebraiska ansatsen. Referenser:

Akaike, H. (1973): Markovian representation of stochastic processes and its application to the analysis of autoregressive moving average processes. Dept. of Math., UMIST, Technical Report No. 41.

Akaike, H. (1973): Stochastic theory of minimal realization. Dept. of Math., UMIST, Technical Report No. 43.

Med prof. Priestley diskuterades också identifiering av återkopplade system. Han håller f.n. på med identifiering av flervariabla system. Han använder spektralanalytiska metoder och håller till i frekvensplanet. Referens:

Priestley, M.B., Subba Rao, T. and Tong, H. (1973): Identification of the structure of multivariable stochastic systems. Dept. of Math., UMIST, Technical Report No 31.

#### 4. BESÖK PÅ DEPARTMENT OF ENGINEERING SCIENCE, OXFORD UNIVERSITY

Vid besöket i Oxford diskuterade jag i första hand med Dr. D.W. Clarke och prof. O.L.R. Jacobs. Allmän referens om pågående forskning vid Department of Engineering Science är

Summaries of current research projects. May 1973.

#### Samtidig estimering och reglering

Prof. Jacobs studerar främst optimal styrning av stokastiska system. Ett angreppssätt har varit att studera olika suboptimala strategiers uppförande. Samtidig reglering och estimering leder ofta till s.k. dual control. De suboptimala strategier som provats har ofta varit av formen

$$u_{\text{suboptimal}} = u_{\text{ce}} + u_{\text{c}} + u_{\text{p}}$$

där  $u_{\text{ce}}$  = den styrning som skulle använts om modellen varit  
känd exakt och inga störningar funnits

$u_{\text{c}}$  = styrning p.g.a. osäkerhet i modellen

$u_{\text{p}}$  = styrning för att erhålla noggrannare modell

Som estimator har i vissa fall Extended Kalman-filtrering använts. Referenser bl.a.

Jacobs, O.L.R. and Patchell, J.W. (1972): Caution and probing in stochastic control. Int. J. Control, 16, No. 1, pp 189-199.

Patchell, J.W. and Jacobs, O.L.R. (1971): Separability, neutrality and certainty equivalence. Int. J. Control, 13, No. 2, pp 337-342.

Hughes, D.J. and Jacobs, O.L.R. (1973): Performance of LQG control systems using optimal k-step-ahead control laws. JACC, pp 666-676.

#### Samarbete med industrin

Ett par projekt tillsammans med kemiska industrier har genomförts. P.g.a. hemligstämpel finns inga referenser eller närmare detaljer tillgängliga.

#### Datorfaciliteter och laboratorier

Institutionen har själv en IBM 1130. Denna är mycket långsam och försvårar därför implementeringen av t.ex. interaktiva program. En ångpanna finns i laboratoriet på vilken modellbygges- och styrexperiment utföres, se t.ex.

Clarke, D.W., Dyer, D.A.J., Hasting-James, R., Ashton, R.P. and Emery, J.B. (1973): Identification and control of a pilot-scale boiling rig. Preprints of the 3rd IFAC symp., the Hague, pp 355-365.

#### Programpaket

Ett interaktivt identifieringspaket har utvecklats som används i första hand GLS. Programmet är skrivet för enkla system men håller på att utvidgas till flervariabla system. Programmet har överfört till flera industrier och institutioner och körs på ett flertal olika datorer. Utvidgningen av programmet utföres delvis på uppdrag av Warren Spring Labora-

tory. Referenser:

- Clarke, D.W.: Oxford Identification Package- Operation guide.  
 Clarke, D.W. (1973): Design and operation of an identification package for a small digital computer. IEE Conference Publication No. 96, Computer Aided Control Systems Design.  
 Clarke, D.W. (1973): Experimental comparison of identification methods. UKAC Conference, Bath.

Programpaket för syntes av optimala insignaler för identifiering samt för klassiska designmetoder, Nyquist, rotort etc., fanns också. Syntesen av optimala insignaler är en utvidgning av Goodwin's arbeten till flervariabla system. Ett exempel ges i

- Emery, J.B. (1973): Results using multivariable input signal generation program. Arbetsrapport.

#### Styrning av flervariabla system

Styrlagar som minimerar kriteriet

$$J = E \left\{ y_{t+k}^2 + \lambda (U(q^{-1}) u_t)^2 \right\}$$

undersökes. F.n. håller man på att utvidga detta arbete till flervariabla system. Referens bl.a.

- Ashton, R.P. (1973): Simulation studies of k-step-ahead controllers. Report 1065/73, Oxford University  
 Clarke, D.W. (1973): Extension to multivariable control. Prel. arbetsrapport.

#### Övrigt

Bland andra intressanta arbeten kan nämnas

- Freeman, E.A. (1973): Stability of linear multivariable system - the contraction mapping approach. Proc. IEE, March.  
 och  
 Hasting-James, R. (1973): DNF - A dynamic filter for the on-line estimation and prediction of transient pressures and flows in a gas network. Report no 1064/73, Oxford University.

## 5.BESÖK PÅ WARREN SPRING LABORATORY I STEVENAGE

Warren Spring Laboratory omfattar ett flertal divisioner, t.ex. en för luftföroreningar, en för metallurgi och en för regler-teknik. Den sistnämnda är uppdelad i tre avdelningar, en för styrning och identifiering, en för instrumentering och en för computing. Laboratoriet försöker finansiera sin verksamhet genom projekt från industrin. Mest framgångsrik inom den reglertekniska divisionen har avdelningen för instrumentering varit. Man har där tagit fram bl.a. mätmetoder och mätutrustning för olika metallurgiska processer.

### Datorfaciliteter

På laboratoriet finns en ICL 1903, en Argus 500 och en hybridanläggning (med en IBM 1130). Dessutom har man en terminal till Atlas-maskinen i Cambridge.

### Projekt

Väsentligen har man två projekt på avdelningen för styrning och identifiering:

- a) Computer Aided Process Dynamics Evaluation
- b) Identification and Control Systems Design

Det förstnämnda skall leda fram till ett slags modellbibliotek som skall finnas tillgängligt på en stor dator. Via terminaler skall man sedan kunna designa olika typer av processer och därvid få hjälp med modeller, simulering etc. Den andra delen syftar till att ta fram ett programpaket eller i varje fall ett programbibliotek innehållande program för identifiering och syntes.

### Identifiering

På K.Godfrey (numera Warwick) arbetade på laboratoriet försökte han bygga upp en slags dataanalysservice för industrin. Man skulle hjälpa företag att göra experiment, insamla data, analysera data och ge modeller. Projektet blev inte särskilt framgångsrikt p.g.a. svårigheter att få kunder. Dr. D. Williams (tidigare Bradford) skall nu fortsätta arbetet på att bygga upp ett programbibliotek för identifiering. Han kommer därvid att speciellt intressera sig för identifiering av flervariabla system. Ref.:

Williams, D.C. (1973): Interactive identification of multi-

variable systems using hybrid and digital computer techniques. Report.

Williams, D.C. and Wornald, C.N. : On-line process identification using interactive data modification. Paper.

P.A.N. Briggs håller f.n. på med att studera identifiering av modeller av typen

$$y(t) = \sum h_t u_t + a + b t + c t^2 + d f(t)$$

där  $f(t)$  är någon tidsfunktion som användes för att komma till rätta med underligheter i data som kan bero på att något hänt under experimentet, t.ex. ett språng i utsignalen som inte kan förklaras av de mätta insignalerna. Arbetet tycks fortfarande i hög grad centreras kring användandet av PRBS. Ett stort antal artiklar och rapporter har under årens lopp publicerats om vad som händer om man använder PRBS i olika situationer (olinjära system etc).

### Övrigt

Några få man sysslade med biologiska system, bl.a. att bestämma hur andningen påverkas av ändring i  $\text{CO}_2$ -halten och att undersöka e.m.g.-signaler. Vidare fanns ett projekt som gick ut på att studera människan som processoperatör. Man höll på att bygga upp en verklighetstrogen instrumentpanel och en process. Man ville sedan i första hand studera hur en operatör beter sig under normal drift då inga alarmerande saker inträffar.

## 6. BESÖK PÅ DEPARTMENT OF COMPUTING AND CONTROL, IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, LONDON

Besöket på Imperial College omfattade dels besök på prof. Mayne's institution, dels ett sammanträffande med P.D. Spooner som är med i den grupp som håller på med projektet för valsverksstyrning tillsammans med British Steel Corporation.

### Insignalsyntes

R.L. Payne håller på med design av optimala insignaler för identifiering. Detta arbete är en fortsättning av G.C. Goodwin's arbeten. Payne har utvidgat den optimala insignalsyntesen till att också omfatta allmänna linjära, diskreta, flervariabla system

på innovationsform. Han har också gått över till frekvensplanet och visat att optimala insignaler har ett linjespektrum med ett visst antal frekvenser vars antal beror på systemet. För enkla system behövs t.ex.  $n+1$  frekvenser. Vidare finns det tecken som tyder på att L. Keviczky's rekursiva metod för insignalsyntes kan vara asymptotiskt optimal. Optimalt val av samplingsintervall hänger nära samman med insignalsyntes och vissa resultat för detta problem finns också tillgängliga. Referens:

Payne, R.L. (1973): Research Report on Experiment Design for Dynamic System Identification. Imperial College

### Programpaket

Befintliga programpaket på deras PDP15:

PEST        D. Clarke's program för identifiering

CLIP        Identifiering av återkopplade system och design av optimala insignaler för sådana. Ref.:

Goodwin, G.C., Payne, R.L. and Murdoch, J.C. (1973): Optimal test signal design for linear single input-single output closed loop identification. Conference on Computer Aided Control System Design, IEE Conference Publication No. 96, Cambridge, England.

OPTTEST    Design av optimala insignaler (referenser Payne's och Goodwin's arbeten)

ML        Utför ML-identifiering av parametrar i tillståndsmodell på innovationsform. Använder steepest descent för minimeringen.

Dessutom finns ett antal program för syntes.

Dr. G.C. Goodwin och Dr. M.J. Denham är i första hand ansvariga för programutvecklingen för dels Computer Aided Design och dels det nya interaktiva identifieringspaketet man tänker ta fram. Det sistnämnda kommer att ha mycket stora likheter med vårt IDPAC. Payne var också intresserad av generella interaktiva program, dvs en bas av program som är portabla mellan olika datorer och som lätt kan utvidgas till olika applikationer genom infogande av egna subrutiner. Rutiner för plottning och inläsning i fritt format har skrivits och är exempel på rutiner som skulle göras generella och bifogas själva grundstommen till det interaktiva programsystemet.

### BSC-projektet

Dr. P.D. Spooner redogjorde för projektet för styrning av kallvalsverk som bedrivits tillsammans med bl.a. BSC. Den första delen av projektet omfattade 3 år och ledde fram till en fullständig specifikation för styrningen av valsverket. Under det senaste året har implementeringen skett. Gruppen på Imperial College har därvid följt upp projektet och även ibland varit tvungna att göra vissa modifieringar i förhållande till den ursprungliga specifikationen. I stort har emellertid projektet varit mycket lyckat även om inte några resultat i form av ekonomiska vinster finns redovisade. Ca 10-15 man arbetade på projektet.

Ytterligare ett projekt tillsammans med BSC för specificering av ett framtida kallvalsverk pågår. Man har dessutom just påbörjat ett liknande projekt för ett befintligt varmvalsverk. Vidare har man tagit fram en förenklad version av det ursprungliga styrprogrammet för att kunna användas på äldre valsverk med enbart konventionell utrustning utan dator.

Intressant i sammanhanget är gruppens erfarenheter av projekt av denna typ. Spooner betonade t.ex. vikten av noggrann planering med tidsplaner, PERT etc. Man har vidare under förra året gett en kurs som handlar om projektarbete vilket då givetvis exemplifierats från valsverksprojektet. Denna kurs kommer troligen att ges även i fortsättningen och i så fall också dokumenteras. Ref.:

Artiklar i Automatica 1972 och 1973. Under hösten 1973 utkommer en bok som behandlar första delen av projektet.

### Övrigt

Y. Shamah håller på med modellreduktion och inversa system.

Dr. M.A. Davies studerar stokastisk reglerteori (separation, existens etc)

Man har haft ett projekt tillsammans med en glasindustri. Det omfattade identifiering och design av en minimalvariansstrategi. Projektet gick bra, dvs styrningen utföll till belåtenhet. För referenser till ovanstående och annan aktivitet hänvisas till de årliga listor över utkomna rapporter som publiceras.



## 7. BESÖK PÅ DEPARTMENT OF ECONOMICS, QUEEN MARY COLLEGE I LONDON

Diskussioner fördes med Dr. K. Wall dels angående hans resultat för identifierbarhet mm för vektordifferensekvationer dels angående projektet om Englands ekonomi. En intressant observation är att modellbygget tagit ca 2/3 av den totala projekt-tiden på 3 år. Några detaljer om identifierbarhet etc ges inte här utan i stället hänvisas till referenserna nedan.

Preston, A.P. and Wall, K.D. (1973): An Extended Identification Problem for State Space Representations of Economic Models. Discussion Paper No. 6.

Hannan, E.J. (1969): The Identification of Vector Mixed Autoregressive-Moving Average Systems, *Biometrika* 57, pp 223-225.

Hannan, E.J. (1971): The Identification Problem for Multiple Equation Systems with Moving Average Errors, *Econometrica* 39, pp 751-765.

Rothenberg, T.J. (1971): Identification in Parametric Models. *Econometrica* 39.

Spain, D.S.: Identification and Modelling of Discrete Stochastic Linear Systems. Techn. Report No. 6302-10, Inf. Systems Lab., Stanford University

Sargan, J.D.: The Identification and Estimation of Sets of Simultaneous Stochastic Equations. London School of Economics.

Caines, P.E. and Wall, K.D. (1972): Theoretical Foundations for Methods of Estimation and Control in Economic Policy Optimization. Discussion Paper No. 3.

## 8. BESÖK HOS CONTROL ENGINEERING GROUP, CAMBRIDGE UNIVERSITY

Diskussioner fördes i första hand med Dr. P.C. Young om identifiering och om verksamheten i stort vid institutionen. Vidare deltog jag i två informationsseminarier om det pågående miljövårdsprojektet. Dessa seminarier var anordnade för att informera representanter för ICI om projektet. Jag diskuterade också med Dr. Billingsley om minidatorer.

### Miljövårdsprojektet

Detta projekt har dels omfattat modellbygge och styrning av DO (dissolved oxygen) och BOD (biochemical oxygen demand) i en flod, dels modellbygge för hur regn påverkar flödet i en flod. B. Beck and P. Whitehead har arbetat på detta projekt. Referenser är bl.a.

Young, P.C. and Beck, B. (1973): The Modelling and Control of Water Quality in a River System: Some Initial Thoughts. Submitted to Automatica.

### Övrigt

Ett mindre projekt om Urban Dynamics pågick. Ett projekt som betecknades som relativt framgångsrikt behandlade tillämpning av pattern recognition för diagnos av hjärtsjukdomar från ECG. Ref.:

Kittler, J. and Young, P.C. (1972): A New Approach to Feature Selection Based on the Karhunen-Loeve Expansion. CUED/B-Control TR 29.

En doktorsavhandling om tröghetsnavigering har nyligen slutförts. Vissa studier angående parameterestimering vid små datamängder utföres f.n. Ett avslutat projekt hade gått ut på att beräkna optimala trajektorier för Concorde. De optimala skiljde sig inte nämnvärt från de som redan användes. Ett annat Concorde-projekt hade att göra med mätningar av ljudnivån. Flervariabel design hade bl.a. tillämpats på ett missilproblem:

Young, P.C. and Yaney, C. (1972): A Second Generation Adaptive Pitch Autostabilization System for Missile or Aircraft. Naval Weapons Center, China Lake, California. Report No. TN-404-109.

P.C. Young ger f.n. en kurs om linjära system. En del av denna finns dokumenterad i

Young, P.C. (1972): Lectures on Algebraic Methods of Control System Synthesis, Lecture 2, State Variable Feedback and Pole Assignment for Single Input Systems. CUED/B-Control TR 24.

Ett designpaket har utvecklats, se

Young, P.C. et al (1972): Computer Aided Programs in the Control and Systems Group. CUED/B Control TR36.

Ett interaktivt identifieringspaket finns också, det sk CAPTAIN:

Shellswell, S.A. and Young, P.C. (1973): CAPTAIN- A Computer Aided Program for Time-Series Analysis and the Identification of Noisy Systems. IEE Conference Publication No 96 on Computer Aided Control System Design.

Man har också hållit på med estimering av modeller för ekonomiska system (case study vid IFAC-symposiet i Haag i juni 1973).

Gruppen som sysslade med Computer Science höll sig till minidatorer. Mycket av både hård- och mjukvaran gjordes av gruppen själv. Man byggde remsläsare, interface etc och skrev kompilatorer, editorer mm. Ett programsystem som implementerats på en 8k Raytheon gjorde dataanalys. Ref. bl.a.

Billingsley, J and Noughton, J.L. (1973): Processing Routines Aided by Graphics for Manipulation of Arrays. CUED/B Control TR 51.

Naughton, J.L. and Billingsley, J. (1973): CLUE/Raytheon User's Manual. CUED/B Control TR 46.

## 9. ALLMÄNNA INTRYCK

En stor satsning på reglerteknik har skett vid UMIST i Manchester, vid Imperial College i London och i Cambridge. Dessa grupper omfattar vardera ca 40 man. Dessutom finns institutioner för reglerteknik vid ett stort antal andra universitet man då med betydligt mindre grupper, jfr Oxford med ca 10 man. En stor del av finansieringen sköts f.n. av SRC (Science Research Council) men man fruktar rätt drastiska inskränkningar i dessa anslag. I regel har man påfallande god tillgång till datorer både vad gäller dessas kapacitet och tilldelningen av räknetid. Hybridmaskiner finns på många ställen. På alla ställen försökte man få samarbetsprojekt med industrin, speciellt vid Warren Spring Laboratory som i princip skall vara självfinansierande. Oftast var det emellertid svårt att hitta lämpliga projekt. Det enda större projekt som verkligen utförts är det tidigare omtalade BSC-projektet vid Imperial College.

## 10. ACKNOWLEDGEMENTS

Kostnaderna för denna resa har bestritts av Styrelsen för teknisk utveckling under kontrakt 733546.

## PROCESS IDENTIFICATION AND STATISTICAL MODELLING - A SURVEY

I. Gustavsson<sup>+</sup>Summary

The field of identification and parameter estimation has developed rapidly during the past decade. The progress is clearly indicated in the proceedings of the three IFAC symposia on the subject, which also include surveys of theory and applications. In this survey a review of the techniques that have been applied most frequently are given together with the author's opinions on identification problems in general and on the expected future development of the field.

For linear time invariant systems with one input and one output several techniques are now established and "standardized". The most popular are the maximum likelihood method, the generalized least squares method, the instrumental variable method and the least squares method. The success or failure of identification in practice is more a question of how it is used than one of choosing method. The choice of method can thus be done largely on the basis of the final purpose of the identification. Comparisons between the methods exist indicating perhaps a preference for the use of the maximum likelihood method. Of non-parametric methods correlation analysis has been used in many applications.

The single input single output methods can easily be extended to the case with many inputs. For the case with many outputs there is an additional difficulty. It is necessary to determine the structure of the system, i.e. the internal couplings. The number of unknowns is also growing fast with the complexity of the system, making the estimation procedure much more difficult.

For nonlinear systems a structure is most often assumed and then some error function is minimized. The true maximum likelihood solution is computationally unfeasible if disturbances act also on the state variables. Approximative solutions will

---

<sup>+</sup>Division of Automatic Control, Lund Institute of Technology,  
S-220 07 Lund, Sweden

probably turn out to be useful in practice. The non-parametric techniques have been used very rarely.

The situation is still somewhat confusing for online identification. Many online techniques have been presented. Many of them are quite similar but derived in different ways. A unification is needed together with extensive comparisons which are still missing. The most widely used methods are recursive versions of the offline methods mentioned above, nonlinear filtering and stochastic approximation algorithms. So far it seems that an approximative maximum likelihood method often gives quite good estimates. It is somewhat difficult to compare different methods since it seems that the starting-up can have a vital influence on the convergence rate.

Identification has proved to be a very useful tool to determine process dynamics and very often it is also the most advantageous short term approach. Over a long time horizon however theoretical modelling can be desirable. A combination of theoretical analysis and parameter estimation seems to be a very promising approach in many applications. E.g. in economical and biological systems this is a necessity since the data quality is often bad, i.e. small samples with heavy disturbances. Also for many industrial processes this approach is probably the best long term solution in order to get a model to reasonable costs.

In order to make identification to a really efficient tool in practice and to spread out the new methods to the industry it is necessary to provide effective identification program packages. Development of such programs requires an appreciable effort. Identification is always an iterative procedure and thus an interactive program is the most efficient way of solving identification problems involving data handling, plotting, estimation, model verification and simulation.

Identification also includes other problems like the design of experimental conditions. For most practical applications it is possible to design experimental conditions like sampling rate, input signal, experiment length from rules of

thumb and obtain a sufficient accuracy. It is also often possible to identify the open loop characteristics of a process operating in closed loop during the experiments.

Where is the field moving?

The lack of suitable models still remains one of the major obstacles to the implementation of modern control systems in process industries. This is one reason for the rapid development of identification. Still however many important problems are unsolved.

The most striking tendencies now are:

- the number of applications is growing fast; about 40 per cent of the papers at the latest IFAC symposium were practically oriented, in sharp contrast to the previous symposia which only included a few applications
- the techniques have been applied to a great variety of processes and there is a noticable trend towards non-technical applications, e.g. economical and biological systems
- much theoretical work is going on and progress is made with fundamental problems like experimental design, order determination, identifiability etc.; however there were quite few really important contributions at the latest IFAC symposium

It is a hope that the field is moving towards more unification. The forthcoming textbooks may contribute to that. It is probable that it will be practically feasible to identify multivariable or nonlinear systems with given structures. It is also probable that the situation for online algorithms will be cleared up.

Identification will be in an application phase during the nearest future but still there will be a lot of work going on in the field of identification theory and related areas.

UKAC 5th Control Convention

Modelling and Simulation for Applied Control Systems  
17 - 20 September 1973 University of Bath

(Organized by The Institute of Measurement and Control)

FINAL PROGRAMME

Monday, 17th September

17.00 Registration  
19.00 - 20.00 Buffet Supper

Tuesday, 18th September - Statistical Parameter Estimation

08.30 Breakfast  
09.30 - 10.00 Opening  
Chairman: P.H. Hammond  
Welcome by the Pro-Vice Chancellor, University  
of Bath, Professor Austwick  
09.45 Introduction by Professor J.H. Westcott

10.00 - 12.45 Session 1 Statistical Parameter Estimation  
Chairman: P.H. Hammond

10.00 Survey paper on "Process Identification and  
Statistical Modelling" by I. Gustavsson

11.00 Coffee

11.30 "Experimental Comparison of Identification  
Methods." by D.W. Clarke.

"A Practical Investigation of Statistical  
Modelling Techniques" by D. Maudsley and  
J.S. Anderson.

12.45 Lunch

14.00 - 17.30 Session 11 Statistical Parameter Estimation (Cont'd)  
Chairman: K.R. Godfrey

14.00 Dynamic Studies on a Fluidized Bed Combustor"  
by J.S.M. Botterill and J.G. Whellock

"Identification of Human Operator Describing  
Functions Using Cross Spectral Density  
Techniques" by R.B. Mattin and W.R. Parker.

15.15 Tea

15.45 " A Case Study in Modelling and Simulation of  
Complex Electro-Hydraulic Servomechanisms"  
by P.A. Payne and D.R. Towill

"Some Experiences in Modelling, Identification  
and Control of a Packed Distillation Column"  
by F.A. Abbosh.

17.30 - 19.15 Round Table Sessions

Digital Simulation - Leader A.W.J. Griffin.

Spectral Analysis Techniques - Leader  
S.A. Marshall.

19.30 Conference Dinner  
Guest Speaker I. Maddock, F.R.S.

Wednesday, 19th September - Analytical Modelling

08.15 Breakfast

09.00 - 12.45 Session III Survey Paper and Metals  
Chairman J.R. Leigh.

09.00 Survey Paper on "Analytical Modelling"  
G.W.T. White.

10.00 Metals  
"Control of Peripheral Zone Structure in  
Direct Chill Cast Aluminium"  
D.D. Beattie, G.J. Davies and A.H. Tizard.

"Simulation and Control of the Blast Furnace  
Process"  
B.I. Wood.

11.00 Coffee

11.30 "The Simulation of an Iron Ore Sinter Strand  
Process" by C.E. Carter and E. Rose.

"The Dynamic Behaviour of a Gas-Solid Cross-  
Flow Exchanger" by J. Brasz, J.H. Voskamp,  
O. Rademaker.

12.45 Lunch

14.00 - 17.30 Session IV - Transport and Aerospace  
Chairman R.F. Jackson.

14.00 "Modelling and Manoeuvrability of an Under-  
water Vehicle" by R.C. Cole and D.A. Linkens.

"The Development of a Hybrid Computer Model  
for the Study of Train Performance and Control"  
by D.J. Murray-Smith.

15.00 Tea

15.30 "An Application of Simulation and Modelling  
Techniques to the Flight Proving of a Guided  
Missile Autopilot" by J.S. Mullen, A. Ritchie  
and D. Cumming.

"A One-Dimensional Flow Approach to a Gas  
Turbine Model for Control Studies" by  
D.E. Colbourne and J.D. Ledger.



"Evaluation of Friction Clutch Duties  
in Marine Propulsion Systems" by  
B. Richardson.

17.30 - 19.15 Round Table Sessions

Partial Differential Equations and their  
Solution - Leader P. Mason.

Is Plant Modelling Necessary? - Leader M.W. Sage.

19.30 Dinner

Thursday, 20th September - Analytical Modelling (cont'd)

08.15 Breakfast

09.00 - 12.00 Session V - Process Plant

Chairman - D. M. Bishop.

09.00 "Design of a Practical Self-Adjusting Trip  
System" by J.S. Anderson.

"Control System Design Using Economic Criteria"  
R.M. Fraser.

10.15 Coffee

10.45 "An Investigation into the Modelling and  
Control of an Industrial Refrigeration System"  
by S.A. Marshall and R.W. James.

"The Effect of Process Characteristics on  
Plant Scheduling for a Multi-Product Chemical  
Plant" by A. Skull.

12.00 Summing up of Conference by D.M. Bishop.

12.45 Lunch and End of Conference.

## 5TH UKAC CONTROL CONVENTION

UNIVERSITY OF BATH

17 - 20 Sept. 1973

List of ParticipantsA

Abbosh F.G.       \* Glasgow University  
Anderson J.S.     ICI,

B

Bailey A.         Rolls-Royce Ltd.  
Baker K.J.        British Steel Corporation  
Beattie D.D.      British Aluminium Co. Ltd.  
Bishop D.M.       ICI Ltd.  
Boothe A.B.       B.P.  
Botterill J.S M.   University of Birmingham  
Brasz J            Eindhoven University of Technology

C

Carley J.B.       \* Ministry of Defence  
Carter C.E.       University of Sheffield  
Clarke D.W.       \* University of Oxford  
Colbourne D.E.    Ministry of Defence  
Cole R.           University of Sheffield  
Cottingham R.V.   Ministry of Defence

D

Davies G.J        Mars Ltd  
Davis D.          University of Bath  
Dewshi M.A.       \* British Steel Corporation

E

Eden E.           \* Institute of Measurement and Control  
Ellerby J.        University of Bath

F

Fitzgerald B.J.   \* Central Electricity Generating Board  
Fraser R.M.       Olefine Works (North) I.C.I Ltd.

G

Griffin A.W.      \* Y-ARD  
Godfrey K.R.      \* University of Warwick  
Goldie A.M.       British Aircraft Corporation  
Gustavsson I.     Lund Institute of Technology, Sweden

H

Hammond P H.     \* Warren Spring Laboratory  
Hardy J.W.        British Aircraft Corporation  
Hill M.           John Player & Sons  
Hutchinson D.S.   British Steel Corporation  
Hyde G.R.         Laporte Industries Ltd.

J.

Jackson R.F.	British Aircraft Corporation
James R.W.	College of Technology, Grimsby
Javor A.	Central Research Institute For Physics, Hungary.

K

Koudstaal J.	National Electrical Engineering Research Institute of the South African Council
--------------	--

L

Ledger J.D.	University of Manchester Institute of Science and Technology
Leigh J.R.	Polytechnic of Central London
Linkens D.A.	University of Sheffield
Luckett T.A.	University of Bath

M

Marshall S.A.	University of Sheffield
Mason P.	Y-ARD
Mattin R.B.	British Aircraft Corporation Ltd.
McCorkell C.	* Liverpool Polytechnic
Maudsley D.	* Teesside Polytechnic
Miller J	
Millington G.R.	British Aircraft Corporation
Mullen J.S.	British Aircraft Corporation
Murray - Smith D.J.	*Glasgow University

P

Parker W.R.	University of Bristol
Peel D.A.	British Steel Corporation

R

Ratcliffe B.J.	* North West Region Control Eng. Group, I.C.I. Ltd
Richardson B.C.	Vosper Thornycroft Limited
Ritchie A.	British Aircraft Corporation
Riley S.W.	Fisons Limited
Rose E.	University of Sheffield

S

Sage M.W.	I.C.I. Ltd
Scott D.A.	B.P. Chemicals
Skull A.	Consulting Engineer - Member Operational Research Society.
Sleigh J.E.	Esso Petroleum Co. Ltd.
Sparkes C.A.	Royal Military College of Science
Spencer J.B.	Ministry of Defence
Sniders E.	Institute of Measurement and Control

T

Tizard A.H.	British Aluminium Co. Ltd
Towill D.R.	University of Manchester Institute of Science and Technology

V

Van Lier A.G. Council for Scientific and Industrial Research -  
South Africa  
Vasudeva K.S. \* University College of Swansea

W

Walton D. Unilever Limited  
Wellstead P.E. \* UMIST  
Westcott J.H. Imperial College of Science and Technology  
Westrick P. John Player & Sons.  
Whellock J.G. Redman Heenan  
While C. I.C.I Ltd.  
White G.W.T. \* University of Cambridge  
Williams G.M.E. . Farraris Development and Engineering Ltd  
Wood B.I. British Steel Corporation

Y

Yates M.J. Institute of Measurement and Control