



LUND UNIVERSITY

Rapport från en resa till USA 8 Oktober 1974 - 9 Oktober 1975

Ljung, Lennart

1975

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Ljung, L. (1975). *Rapport från en resa till USA 8 Oktober 1974 - 9 Oktober 1975*. (Travel Reports TFRT-8019). 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

RAPPORT FRÅN EN RESA TILL USA
8 Oktober 1974 - 9 Oktober 1975

L. LJUNG

Rapport 7526(C) November 1975
Inst. för Reglerteknik
Lunds Tekniska Högskola

RAPPORT FRÅN EN RESA TILL USA
8 Oktober 1974 - 9 Oktober 1975

Lennart Ljung

1. INLEDNING OCH SAMMANFATTNING

Denna rapport är en kort sammanfattning av en arbets- och studieresa till USA och Kanada, som jag företog under tiden oktober 1974 - oktober 1975.

Resan finansierades genom bidrag från Sverige-Amerika stiftelsen, Kgl Vetenskapsakademien, Skandinaviska Enskilda Banken, Svenska Träforskningsinstitutet, Gålöstiftelsen och E.F. Lundströms stiftelse. Delar av mitt arbete vid Stanford University stöddes också av "The Air Force Office of Scientific Research (AF 44-620-69-C-0101)", "The Joint Services Electronics Program (N-00014-67-A-0112-0044)" och "The Industrial Affiliates Program at the Information System Laboratory, Stanford University". Jag vill framföra mitt tack till alla dessa källor.

Huvuddelen av tiden, oktober 74 - augusti 75, tillbragte jag vid "The Information Systems Laboratory", Stanford University, Stanford, California, med forskning kring skilda problem. En kort beskrivning av forskningsresultaten ges i avsnitt 2.

Under året deltog jag i följande konferenser och kongresser:

"The 1974 IEEE Conference on Decision and Control", 20-22 november 1974, Phoenix, Arizona,

"International Symposium on Stochastic Systems", 10-14 juni 1975, Lexington, Kentucky och

"The 6th IFAC World Congress", 25-29 augusti 1975, Boston, Massachusetts.

Erfarenheterna från dessa konferenser är sammanfattade i avsnitt 3.

Jag besökte också följande industrier och universitet:

Measurex Inc, Cupertino, California (4 dec 74)

Systems Control Inc, Palo Alto, California (20 jan 75)

U C Berkeley, Berkeley, California (2 juli 75)

Yale University, New Haven, Connecticut (2 sept 75)
MIT, Cambridge, Mass (3-4 sept 75)
Renssellaer Polytechnic Institute, Troy, N.Y. (5 sept 75)
Univ of N.Y. at Buffalo, Buffalo, N.Y. (7-8 sept 75)
Univ of Toronto, Toronto, Canada (9-11 sept 75)
McMaster University, Hamilton, Canada (12 sept 75)
Princeton University, Princeton, N.J. (18-19 sept 75)
Brown University, Providence, R.I. (22-26 sept 75)
Harvard University, Cambridge, Mass (1-6 okt 75)

Närmare detaljer om dessa studiebesök ges i avsnitt 4.

Under året har jag undervisat några kurser och gett en rad seminarier på skilda ställen. Dessa är uppräknade i avsnitt 5.

Slutligen, i avsnitt 6, görs ett försök att sammanfatta några allmänna intryck från resan.

2. EGEN FORSKNING

Under min vistelse vid Information Systems Laboratory, Stanford University (Director: Prof. T. Kailath) har jag arbetat med problem inom följande områden.

- I. Scattering-teori och linjär estimering
[6], [7], [8], [9], [10], [11], [19]
- II. "Snabba" algoritmer för linjär estimering
[9], [12], [16], [17], [18], [19]
- III. Parametrisering av modeller för identifiering
[5], [13]
- IV. Rekursiva, stokastiska algoritmer
[3], [4], [14], [15], [18], [20]
- V. Konsistens av identifieringsmetoder
[1], [2]

Område I behandlar analogier mellan den formalism som utvecklats i litteraturen över neutronspridning och spridning av elektromagnetiska vågor och den formalism som används vid linjär estimering för stokastiska processer. Speciellt har en rad nya resultat kunnat härledas för estimeringsproblemet, vilka vore svåra att erhålla direkt.

Område II rör s.k. snabba estimeringsalgoritmer, dvs algoritmer som kräver väsentligt färre operationer för att beräkna relevanta storheter. De viktigaste resultaten i dessa studier är att en generell formulering åstadkommits, inom vilken tidigare kända resultat för filtrering kan naturligt härledas, och vilken också ger nya resultat för smoothing, kovariansfaktorering och filterberäkning.

Dessa två områden representerar huvudverksamheten för min forskning under året. Dessa har bedrivits tillsammans med Prof. T. Kailath.

Problemen inom området III har studerats tillsammans med Prof. J. Rissanen, IBM Research, San Jose, Calif. De behandlar frågan hur linjära stokastiska modeller med flera utsignaler skall parameteriseras för identifiering.

Områdena IV och V utgör fortsättning på problem jag behandlade i min avhandling.

Jag har också haft tillfälle att följa kurserna

EE360 Seminars in System Theory (Fall, Winter, Spring)

EE371 Seminars in Information Theory (Fall, Winter, Spring)

EE378B Problems in Non-linear Estimation (Spring)

vid Stanford University.

PUBLICERADE och ACCEPTERADE ARTIKLAR

- [1] L. Ljung, "On the Consistency of Prediction Error Identification Methods", Utkommer i "Advances in System Identification" (R.K. Mehra, D.G. Lainiotis, Eds), Marcel Dekker Inc, N.Y. 1975.
- [2] L. Ljung, "On Consistency and Identifiability", Proc. Int'l Conference on Stochastic Systems, University of Kentucky, Lexington, Kentucky, Juni 1975 (North-Holland).
- [3] L. Ljung, T. Söderström och I. Gustavsson, "Counterexamples to General Convergence of a Commonly Used Recursive Identification Method", IEEE Trans Automatic Control Vol AC-20 No 5, Oktober 1975.
- [4] L. Ljung och S. Lindahl, "Convergence Properties of a Method for State Estimation in Power Systems", Int.J.Control, Vol 22 No 1, Juli 1975, pp 113-118.
- [5] J. Rissanen och L. Ljung, "Estimation of Optimum Structures and Parameters for Linear Systems", Proc. Symp. Advanced School on Algebraic System Theory, Udine, Italien, Juni 1975 (Springer Verlag).
- [6] L. Ljung, T. Kailath och B. Friedlander, "Scattering Theory and Linear Least-Squares Estimation. Part I: Continuous Time Problems", Utkommer i Proc. IEEE, Vol 64 No 1, Januari 1976.
- [7] B. Friedlander, T. Kailath och L. Ljung, "Scattering Theory and Linear Least-Squares Estimation, Part II: Discrete Time Problems", Utkommer i J. Franklin Inst., Januari 1976.
- [8] L. Ljung och T. Kailath, "A Unified Approach to Smoothing Formulas", Utkommer i Automatica, Mars 1976.

- [9] T. Kailath och L. Ljung, "A Scattering Theory Framework for Fast Least-Squares Algorithms", Proc. 4th Int'l Symposium on Multivariate Analysis, Dayton, Ohio, Juni 1975 (North-Holland).

INSÄNDA ARTIKLAR och RAPPORTER

- [10] T. Kailath och L. Ljung, "Asymptotic Behaviour of Constant-Coefficient Riccati Differential Equations", Insänd till IEEE Trans on Automatic Control, Januari 1975.
- [11] L. Ljung och T. Kailath, "Backwards Markovian Models for Second-Order Stochastic Processes", Insänd till IEEE Trans on Information Theory.
- [12] T. Kailath, B. Levy, L. Ljung och M. Morf, "Time-Invariant Implementations of Gaussian Signal Detectors", Insänd till IEEE Trans on Information Theory.
- [13] L. Ljung och J. Rissanen, "On Canonical Forms, Parameter Identifiability and the Concept of Complexity", Insänd till 4th IFAC Symposium on System Identification, Tbilisi, USSR, 1976.
- [14] L. Ljung, "On the Convergence of Certain Recursive Algorithms", Rapport 7505 (C), Reglerteknik LTH.
- [15] K.J. Åström, U. Borisson, L. Ljung och B. Wittenmark, "Theory and Applications of Adaptive Regulators Based on Recursive Parameter Estimation", Insänd till Automatica.

UNDER FÄRDIGSTÄLLANDE

- [16] T. Kailath och L. Ljung, "A New Approach to the Determination of Fredholm Resolvents of Non-Displacement Kernels".
- [17] T. Kailath och L. Ljung, "Levinson and Chandrasekhar type Equations for a General Linear Estimation Problem".
- [18] T. Kailath, L. Ljung och M. Morf, "Fast Algorithms for Recursive Identification".
- [19] L. Ljung och T. Kailath, "Formulas for Efficient Change of Initial Conditions in Least-Squares Estimation".
- [20] L. Ljung, "Theorems for the Asymptotic Analysis of Recursive, Stochastic Algorithms".

3. KONFERENSER

3.1 The 1974 IEEE Conference on Decision and Control, 20-22 November 1974, Phoenix, Arizona

IEEE:s CDC konferens hålles årligen sedan 1969, och är tillsammans med JACC (som inte hölls 1975) den viktigaste konferensen i USA för reglerteori. 1974 års konferens omfattade 36 sessioner, såväl med teoretisk som tillämpad inriktning. Jag fann det speciellt intressant att ett relativt stort antal sessioner (7 st) var ägnade åt identifiering och adaptiv reglering. Dessa innehöll också flera tekniskt intressanta bidrag. Av mer allmänt intresse var bidraget av W.E. Miller och R.A. Phillips: "Automatic control for metal rolling mills; A challenge to both theoreticians and industry engineers". I detta studeras den potentiella tillämpbarheten av modern reglerteori i stålindustrin. Ganska stark kritik riktades mot det Brittiska Stålindustri-regleringsprojektet och man betonade att grunden för vettiga lösningar är ingenjörskunnande och branschkännedom - inte patentmetodik av teoretisk natur.

I samband med konferensen hade jag diskussioner bl.a. med följande personer:

B.D.O. Anderson (Newcastle, Australien), Y. Bar-Shalom (SCI), A.A. Lopez-Toledo (MIT), S. Morse (Yale), E. Parzen (Buffalo), A. Pearson (Brown), J. Schoeffler (Case), A. Segall (MIT), G. Sidhu (Buffalo), H. Weinert (John Hopkins), A. Willsky (MIT).

3.2 International Symposium on Stochastic Systems, 10-14 juni 1975, Lexington, Kentucky

Symposiet anordnades av Department of Mathematics vid University of Kentucky. Ca 80 personer från USA, Canada, England, Frankrike och Sverige deltog. 49 bidrag presenterades vid symposiet, de flesta huvudsakligen matematiskt inriktade.

Jag presenterade artikeln "On Consistency and Identifiability". Speciellt intresse ägnades åt olinjära stokastiska optimeringsproblem, med eller utan bivillkor ("Stokastiska maximumsprinciper") (9 bidrag), kontrollproblem i köteori (5 bidrag), aspekter av "jump-processes" (5 bidrag) samt "Markov decision processes" (4 bidrag). Typiska verktyg för analysen är martingalteori med användning av Meyer-Doobs dekomposition, samt Girsanovs teorem.

Jag fann speciellt intresse i A. Segalls bidrag om tillämpning av estimering för hopp-processer på dator-nätverk. Speciellt visades i detta en separationsprincip för regler- och estimeringsproblemet (filallokering regleras och poisson-intensiteter skattas).

L.E. Zachrisson visade hur olika dynamiska system, "sammanbyggade" med Markov-hopp kan beskrivas som en process. Metoden torde kunna tillämpas för adaptiv reglering av processer som arbetar i (ett fåtal) olika moder.

I Beneš bidrag visades en väsentlig utvidgning av lösningen till det "klassiska" innovations-ekvivalensproblemet i kontinuerlig tid.

Proceedings kommer att publiceras av North-Holland P.C. kring årsskiftet 1975/76.

Vid konferensen träffade jag och hade diskussioner bl.a. med följande personer:

R. Boel (Berkeley), V. Beneš (Bell), J.M. Bismut (Paris), R. Brockett (Harvard), M. Davis (Imperial College), T. Duncan (Kansas), R. Elliot (Hull), H. Kushner (Brown), A. LeBreton (Grenoble), A. Lindquist (Lexington, Ky), R. Rishel (Lexington, Ky), I. Rhodes (St Louis), P. Robinson (Harvard), K. Sladky (Prag), E. Wong (Berkeley), R. Mehra (Harvard).

3.3 The 6th IFAC World Congress, 25-29 Augusti 1975,
Boston, Mass.

IFACs världskongress hålles vart tredje år och hölls för första gången i USA 1975. Kongressen var mycket omfattande: ca 360 bidrag presenterades i 60 sessioner och mer än 1400 deltagare var registrerade. Jag presenterade bidraget "On the Accuracy Problem in Identification" och deltog i rundabordsdiskussionen kring adaptiva system. Fem av sessionerna behandlade aspekter av identifiering och adaptiv reglering.

Rundabordsdiskussionen "The Effect of Modern Control Theory on Engineering Practice" återspeglade samma synpunkter som nämndes i avsnitt 3.1: Teorin ger inga patentlösningar i praktiken, men är nyttig som ett analysverktyg. Ett annat ofta återkommande tema är de förhoppningar som knyts till billiga mikrodatorimplementationer som otvivelaktigt kommer att få ett genombrott inom de närmaste åren. Här kan avancerade regulatorer implementeras lika lätt som konventionella styrlagar.

Vid kongressen träffade jag bl.a. följande personer:
M. Aoki (UCLA), A. Bagchi (Twente), P. Caines (Toronto), T. Cooley (Boston), B. Francis (Berkeley), D. Elliot (S:t Louis), C.J. Harris (Manchester), R. Iserman (Stuttgart), H. Kaufman (RPI), H. Kurz (Stuttgart), I.D. Landau (Grenoble), J. McGregor (McMaster), V. Panuska (Montreal), G. Saridis (Purdue), K. Wall (Boston), D. Wiberg (UCLA), J. Willems (Groningen).

4. STUDIEBESÖK; KONTAKTER

I detta avsnitt beskrivs kortfattat mina erfarenheter från studiebesöken nämnda i inledningen. Huvudkontaktman anges inom parentes.

4.1 Stanford University

9 okt 1974 - 12 aug 1975 (T. Kailath)

Vid Information Systems Laboratory (ISL) bedrivs huvudsakligen forskning kring kommunikations- och informations-teoretiska problem (T. Cover, R. Gray, M. Hellman) vid sidan av områdena beskrivna i avsnitt 2. G. Franklin arbetar med medicinska tillämpningar och är i samband med dessa intresserad av identifieringsmetoder. I övrigt sysslar få personer med reglerteknik vid SU. A. Bryson (Aeronautics Dept) arbetar med aeronautiska tillämpningar; E. Tse (Economics-Eng. Dept) intresserar sig nu främst för problem vid tillämpning av identifiering på socio-ekonomiska system.

ISL har förmånen av att ha många korttidsbesökare och jag träffade och hade diskussioner bl.a. med följande personer: K. Akizuki (Waseda, Japan), B.D.O. Anderson (Newcastle, Australien), S. Barnett (Bradford), R. Boel (Berkeley, Calif.), T. Cover (ISL), B. Dickinson (Princeton, N.J.), P. Eykhoff (Delft, Holland), G. Franklin (ISL), W. Gersch (Honolulu, Hawaii), I.Ts. Gohberg (Haifa, Israel), R. Gray (ISL), M. Hellman (ISL), W. Helton (La Jolla, Calif.), Y.C. Ho (Harvard, Mass.), T. Johnson (MIT, Mass.), V. Makovlev (Moskva, USSR), J. Moore (Newcastle, Australien), L. Padulo (ISL), R. Phillips (Stanford, Calif.), N. Sandell (MIT, Mass.), M. Sidar (Technion, Israel), D. Siljak (Santa Clara, Calif.), L. Silverman (USC, Calif.), E. Tse (Stanford, Calif.), L.E. Zachrisson (KTH, Stockholm).

4.2 Measurex Inc, Cupertino, California

4 dec 1974 (N. Leffler)

Jag besökte Reglergruppen vid Measurex och gav ett seminarium "Optimal Control of a Sulfite Digester".

Jag såg System-2000 för ytviktsreglering för pappersmaskiner. Systemet är baserat på traverserande tjockleksgivare och presenterar information på färg-TV display. Den underliggande datorn är en HP med 80 K kärnminne, ingen skiva. Själva regulatorerna är enkla DDC-loopar, designade för första ordningens system karakteriserade av förstärkning, tidskonstant och tidsfördröjning. O.Smiths dödstidskompensering används. System-2000 har också introducerats för gummi- och textilindustrin.

Ett system för reglering av sulfitkokare demonstrerades också. Programmet är baserat på parametrisk optimering genom enkel sökning i kombination med simulering av en modell för att uppnå bästa temperaturnivån.

Jag träffade och hade diskussioner bl.a. med följande personer:

D. Stepner, A. Sheik, C. Wells, T. Perkins.

4.3 Systems Control Inc, Palo Alto, California

20 jan 1975 (Y. Bar-Shalom)

Vid Systems Control bedrivs såväl avancerad teoretisk forskning som direkta tillämpningar (konsultuppdrag). Den teoretiska verksamheten har dock tonats ner och är f.n. helt byggd på kontrakt (NSF, AF etc) utifrån.

Inom teorigruppen utgör metoder för och tillämpningar av processidentifiering ett huvudforskningsområde. Maximum likelihood-metoden används allmänt och programutveckling för detta bedrivs bl.a. av N. Gupta. Ett "strukturidentifierings"program (med Powells minimeringsmetod) har

utvecklats. Tillämpningar för kärnreaktorer (H.S. Rao -
- N. Gupta), "Mänskliga överföringsoperatorn" (A. Phatak)
och flygplansdynamik (R. Hall) studeras.

Jag presenterade ett föredrag "Identification of Systems
with Feedback" och hade diskussioner bl.a. med följande
personer:

N. Gupta, R. Hall, A. Phatak, H.S. Rao.

4.4 U.C.Berkeley, Berkeley, California

2 juli 1975 (P.P.Varaiya, E. Wong)

Prof. Wong arbetar nu i stor utsträckning med modellerings-
problem för datorer och dator-nät. Genom vissa frågor i
samband med ekonomiska modeller, har han också intresserat
sig för stabilitets- och stabiliseringsproblem för adaptiva
prediktorer.

Prof. Varaiya ägnar sin mesta tid åt modellering av socio-
-ekonomiska system, där han tar en mer kvalitativt inriktad
ansats än konventionella differens-(differential)ekvations-
modeller. Hans intresse för självinställande regulatorer
är relaterat till hans arbeten med martingal-orienterade
stokastiska optimeringsproblem.

Förutom Wong och Varaiya träffade jag R. Boel och R. Artle.

4.5 Yale University, New Haven, Connecticut

2 sept 1975 (A.S. Morse, K.S. Narendra)

Jag presenterade ett seminarium "Asymptotic Analysis of
Recursive, Stochastic Algorithms" vid Dept of Electrical
Engineering, och diskuterade främst teorin för adaptiva
regulatorer med Prof. Morse och Prof. Narendra. De studerar
för närvarande egenskaperna hos regulatorer baserade på
Narendras adaptiva observerare i kombination med (separerad)

styr-signal-design. För all-pole-modeller har man åstadkommit konvergensbevis, vilka bör kunna utsträckas till generellare system. Denna analys gäller dock endast om systemet arbetar i brusfri omgivning.

4.6 Massachusetts Institute of Technology, Cambridge,
Massachusetts

3-4 sept 1975, 2 okt 1975 (A. Segall)

MIT har en av de största reglerteoretiskt inriktade grupperna i USA. Verksamheten är koncentrerad till adaptiv reglering (M. Athans), datornäts-tillämpningar (A. Segall) och reglerproblem för processer styrda av partiella differentialekvationer (ex. plasma-problem) (T. Johnson, A. Willsky).

Forskningen kring adaptiva system har främst rört tillämpning på F-8 projektet (tester av olika styrlagar för US Air Force's experimentplan F8). Man har testat metoden med en bank av parallella Kalman-filter (ett för varje flygfall). Valet av reglering är sedan baserat på vilket filter som ger bäst resultat.

Genom att man endast har ändligt många modeller kan snabbheten i adaptationen drivas upp (en studie med rekursiv ML identifiering krävde extra insignal för samma adaptivitet). Varje modell har en relativt stor "okänslighetszon". Därmed kan varje flygsituation täckas.

De datornäts-problem som hittills studerats har varit 'routing'-problem. En formulering som ett optimeringsproblem med linjärt kriterium och linjära tillstånds-bivillkor har möjliggjort en lösning à la linjär programmering.

Jag presenterade seminariet "On the Convergence of Recursive, Stochastic Algorithms".

Jag träffade och hade diskussioner bl.a. också med följande personer:

M. Athans, T. Johnson, S.K. Mitter och A. Willsky.

4.7 Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York

5 sept 1975 (H. Kaufman)

Kaufmans forskning rör främst adaptiv reglering. Han har gjort en studie för F8-projektet baserat på rekursiv (väs. LS) identifiering, och har just påbörjat en jämförelse med modell-referens-teknik.

Jag besökte också RPI's digitala reglerlaboratorium. Typiska processer för laborationer och projekt var små DC-moterer och en böjlig, inverterad pendel.

Jag träffade och hade diskussioner också med D. Frederick.

4.8 State University of New York at Buffalo, Buffalo, New York

7-8 sept 1975 (E. Parzen)

Jag besökte Statistical Science Div., Dept of Computer Science och presenterade ett föredrag "Overview of System Identification and Adaptive Control" för ett huvudsakligen statistiskt inriktat auditorium.

Parzens främsta verksamhet rör tidserieanalys. Han strävar efter att föra denna närmare computer science genom att betrakta problemet som ett approximations- snarare än som ett estimationsproblem. (Han söker dock ingen "avprobabilisering" i Martin-Löf's anda.)

Den beräkningsmässiga ansatsen, som nu används rutinmässigt är att modellera ARMA-processer först genom att skatta spektrum med användande av hög ordnings AR-anpassning (LS).

Från spektrum bildas kovarinvers-funktionen och ekvationer av Yule-Walker-typ kan därefter lösas både för AR och MA parametrar med linjära operationer. Denna metod har bevisats vara asymptotiskt effektiv (till skillnad från "two-stage LS", med vilken den har ytliga likheter). Parzens erfarenhet är att MA-delen ("nollställena") sällan bidrar märkbart till prediktions-uppförandet.

Jag hade också diskussioner bl.a. med D.G. Lainiotis och G.S. Sidhu.

4.9 University of Toronto, Toronto, Ontario

9-11 sept 1975 (P.E. Caines)

Den reglertekniskt inriktade forskningen vid EE Dept rör främst multivariabel styrning och algebraisk systemteori (W.M. Wonham), implementering av program för MV-styrning (B. Moore), medicinska och biologiska tillämpningar (E.J. Davison), distribuerade system (I. McCausland) och identifiering (P.E. Caines).

Jag presenterade två seminarier, "Scattering Theory and Linear Estimation" och "Advances in System Identification", och hade tekniska diskussioner främst med Prof. Caines. Jag träffade också W.M. Wonham, E.J. Davison och I. McCausland.

4.10 McMaster University, Hamilton, Ontario

12 sept 1975 (J. McGregor)

Jag besökte Dept of Chemical Engineering, där gruppen kring Prof. McGregor har en starkt reglerteknisk inriktning. Speciellt demonstrerades ett projekt med styrning av en katalytisk reaktor (dehydrering av butan).

Insignaler är flöde, koncentration av butan och temperatur

och utsignaler är koncentrationerna av produkterna propan, etan, metan, och processen representerar ett av de svårare reglerproblemen i kemisk industri. Jämförelser av (digitala) LQG-regulatorer baserade på approximativa analytiska modeller, resp. på identifierade modeller samt av självinställande regulatorer och av konventionella regulatorer håller på att göras.

Kemiingenjörerna vid McMaster får en omfattande utbildning i reglerteknik, inklusive laborativ erfarenhet av digital styrning med minidatorer. (Endast Edmunton, Alberta, och Berkeley, Calif., har jämförbart program i Nordamerika.)

Jag hade diskussioner också med G. Fisher (Edmunton, Alberta).

4.11 Princeton University, Princeton, New Jersey

18-19 sept 1975 (B. Dickinson)

Princeton har en relativt liten grupp i Electrical Engineering och ingen direkt verksamhet inom reglerteori. K. Steiglitz arbetar med modellering av tal (språk) och är därmed intresserad av identifieringsmetoder. Den normala ansatsen är att sample över korta tidsintervall, omfattande ca 250 data, batch-behandlas vanligen med LS-metodik. Detta leder till AR-modeller. Försök att modellera processen som ARMA leder i regel inte till någon förbättring.

Jag gav ett seminarium, "Identification of Systems with Feedback", och hade diskussioner bl.a. med S. Schwarz och K. Steiglitz.

4.12 Brown University, Providence, Rhode Island

22-26 sept 1975 (H. Kushner, A. Pearson)

Jag besökte Div. of Applied Mathematics och Div. of Engineering och presenterade ett seminarium

"Convergence of Recursive, Stochastic Algorithms".

Jag hade diskussioner främst med H. Kushner och A. Pearson, och träffade också

D. Bell (Manchester), D. Cooper, T. Dalenius, W. Flemming, J. Hale och W. Wolowich.

4.13 Harvard University, Cambridge, Massachusetts

1-6 okt 1975 (R. Mehra)

Jag besökte "Decision and Control"-gruppen vid Harvard och presenterade två seminarier, "Convergence of Recursive Stochastic Algorithms" samt "Identification of Systems with Feedback".

Jag träffade och hade diskussioner bl.a. med R. Brockett, M. Clark (Imperial College, London), Y.C. Ho och H. Witsenhausen (Bell).

5. KURSER OCH SEMINARIER

Under Summer Quarter 1975 föreläste jag doktorandkursen EE363 "Linear Systems" vid Dept of Electrical Engineering, Stanford University.

Under Winter och Spring Quarter 1975 gav jag en informell kurs i Identifiering, omfattande 8 seminarier, för doktorander vid ISL.

Dessutom har jag presenterat följande seminarier:

- 5 dec 74 "Optimal Control of a Sulfite Cooking Process",
Reglergruppen, Measurex, Cupertino, Calif.
- 13 jan 75 "Convergence of Recursive Stochastic Algorithms",
EE360, Stanford University.
- 20 jan 75 "Identification of Systems with Feedback",
Systems Control, Inc., Palo Alto, Calif.
- 24 feb 75 "Identification of Systems with Feedback",
Industrial Affiliates Meeting, ISL, Stanford
University.
- 21 apr 75 "Theory and Applications of Self-Tuning Regu-
lators", EE360, Stanford University.
- 21 & 23 "On the Significance of Conditioning, Innova-
apr 75 tions and Martingales in Identification Prob-
 lems", två seminarier, EE378b, Stanford Uni-
 versity.
- 10 juni 75 "On Consistency and Identifiability", Int.
Symp. on Stochastic Systems, Lexington, Ken-
tucky.

- 7 aug 75 "Fast Algorithms for Estimation", Stanford University Electronics Research Review, Stanford University.
- 26 aug 75 "On the Accuracy Problem in Identification", 6th IFAC World COngress, Boston, Mass.
- 2 sept 75 "Asymptotic Analysis of Recursive, Stochastic Algorithms", Yale University, New Haven, Connecticut.
- 8 sept 75 "An Overview of System Identification and Adaptive Control", Statistical Science Center, University of New York at Buffalo, Buffalo, N.Y.
- 9 sept 75 "Scattering Theory and Linear Estimation", University of Toronto, Toronto, Ont. (Kanada).
- 11 sept 75 "Advances in System Identification" University of Toronto, Toronto, Ont. (Kanada).
- 18 sept 75 "Identification of Systems with Feedback", Princeton University, Princeton, N.J.
- 25 sept 75 "Convergence of Recursive, Stochastic Algorithms", Brown University, Providence, R.I.
- 2 okt 75 "Convergence of Recursive, Stochastic Algorithms", Mass. Institute of Technology, Cambridge, Mass.
- 3 okt 75 "Convergence of Recursive, Stochastic Algorithms", Harvard University, Cambridge, Mass.
- 5 okt 75 "Identification of Systems with Feedback", Harvard University, Cambridge, Mass.

6. ALLMÄNNA INTRYCK

I detta avsnitt skall jag försöka sammanfatta allmänna trender inom reglerteknisk forskning i USA. Uppenbarligen blir denna sammanfattning starkt färgad av begränsningen i mina erfarenheter.

Karakteristiskt för flertalet universitetsinstitutioner i USA är att de är starkt beroende av stöd utifrån (NSF, Försvarskontrakt etc) för sin reguljära forskning. I flera fall måste professorerna finansiera delar av sin lön med "privata" forskningskontrakt. Det är tydligt att det har blivit och kommer att bli märkbart svårare att få sådant stöd, i varje fall för allmänt formulerade projekt. Medan volymen av forskningspengar har hållits i det närmaste konstant, har konkurrensen tydligt hårdnat. De nya resurser som tillkommit är i regel knutna till speciella områden, såsom miljövard och energiproblem. Det har också sagts att man kommer att favorisera praktiskt inriktade projekt (isynnerhet gemensamma projekt mellan industri och universitet) över allmän-teoretiska. Man kan anta att allt detta kommer att märkbart påverka inriktningen av reglerteknisk forskning i USA.

Det finns anmärkningsvärt lite direkt kontakt mellan universitet och industri (med undantag av flyg- och rymdindustrin) inom området. Kontakterna inskränker sig i regel till personlig konsultverksamhet för professorerna. Detta beror antagligen på att det finns relativt stora forsknings- och utvecklingsgrupper i många industrier, på en viss brist på intresse för "riktiga" tillämpningar från universitetens sida och kanske också på en viss ömsesidig misstro.

Man kan märka en minskning av verksamheten inom reglerteori i en snävare betydelse (control theory). Kanske hänger detta samman med nedskärningar i rymdprogrammet. I stället har det skett en viss skiftning till dels mer allmänna problem

(system theory) och till gränsområdena till kommunikations-, informations- och dator-teori. Intresset ökar också för socio-ekonomiska tillämpningar och de nya resultat och metoder som krävs för dessa.