LUND UNIVERSITY

Master's Theses in Automatic Control 1971-1972 (Examensarbeten 71/72)

Wittenmark, Björn

1972

Document Version:
Publisher's PDF, also known as Version of record

Link to publication

Citation for published version (APA):
Wittenmark, B. (Ed.) (1972). *Master's Theses in Automatic Control 1971-1972 (Examensarbeten 71/72)*. (Reports TFRT-4203). 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

Download date: 19. Dec. 2025

MASTER THESES IN AUTOMATIC CONTROL 71/72

(Examensarbeten 71/72)

B. Wittenmark

REPORT 7230 december 1972

LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY
DIVISION OF AUTOMATIC CONTROL

TILLHÖR REFERENSBIBLIOTEKET
UTLÅNAS EJ

MASTER THESES IN AUTOMATIC CONTROL 71/72
(EXAMENSARBETEN 71/72)

B. Wittenmark

ABSTRACT

Abstracts of master theses (examensarbeten) made at the Division of Automatic Control in Lund during the academic year 1971/1972 are collected in this report. In contains abstracts of 18 theses made by 24 students. The report reflects some of the research done at the Division of Automatic Control and can be seen as a complement to Process Control 1971-1972, (Report 7221) concerning the activities at the Division.

TABLE OF CONTENTS.

		Page
1.	Introduction	1
2.	List of Theses	3
3.	Subject Index	6
4.	Abstracts	7

APPENDIX: Examensarbete i reglerteknik HT-71.

1. INTRODUCTION

The education for civilingenjörsexamen (master degree) is completed with an independent work. This master thesis (examensarbete) shall prove that the student has learned how to attack and solve larger problems. The work is assumed to take three months of full time work and the work is done by one or two students.

This report is a collection of abstracts of master theses made at the Division of Automatic Control in Lund during the academic year 1971/1972. During this time 18 theses were finished by 24 students. Abstracts of earlier theses are found in:

Olsson, G.: Master theses in Automatic Control 1965-1970. Report 7011, November 1970, Lund Institute of Technology.

Wittenmark, B.: Master theses in Automatic Control 70/71. Report 7120, November 1971, Lund Institute of Technology.

The major part of the theses is made within the framwork of the graduate research program at the Division. But some of the theses are made for instance as feasibility studies or made in cooperation with the industry or other divisions. The report can thus be seen as a supplement to the survey of the research activities at the Division of Automatic Control reported in:

Åström, K.J.: Process Control 1971-1972. Final Report Project 71-50/U33, Swedish Board for Technical Development. Report 7221, September 1972. Lund Inst of Technology.

All master theses are written in Swedish with abstracts in English. Every thesis is presented in this report with the name of the author and with one abstract in Swedish and one in English. Also at each abstract the name of the responsible advisor is given within brackets. In several cases two or more advisors have been engaged with different kinds of work or ideas.

Further information concerning the results can be obtained from the Division of Automatic Control by contacting the responsible advisor. The theses are available at the Division library and may be bought at reproduction cost.

Every year a list of suitable subjects for master theses is published in Swedish. The list for 71/72 is given in appendix.

2. LIST OF THESES.

RE-96 Nilsson, A., Nilsson, R.: Digital reglering med processdator (Digital Control Using Process Computer), August, 1971.

RE-97 Bosrup, L., Gustavi, J-O.: Självlärande klassificering (Self-Learning Classification), September, 1971.

RE-98 Anderini, K.: Studier av digitaliserande ytterloopsfunktioner vid automatstyrning av flygplan (Studies of Digitized Outerloops of an Airplane Autopilot), October, 1971.

RE-99 Sundström, K.: Stabilitetsundersökning av tryck-simulator (Investigation of the Stability of a Pilot Plant Pressurizer), October, 1971.

RE-100 Karlsson, B., Skoglund, G.: Jämförelse mellan Kalman och komplementär filtrering (Comparison between Kalman and Complementary Filters), November, 1971.

RE-101 Lindell, J.O.: Plotterrutiner för PDP-15 (Plotting Routines for PDP-15), October, 1971.

RE-102 Andersson, P.O., Olofsson, T.: Undersökning av Marsiks adaptiva regulator (Investigation of Marsik's Adaptive Controller), December, 1971.

RE-103 Almqvist, R.: Program för Maximum Likelihood Identifiering på PDP-15 (Programs for Maximum Likelihood Identification on PDP-15), February, 1972.

RE-104 Novén, T.: SYNPAC - Ett interaktivt program för syntes av reglersystem (SYNPAC - An Interactive Program for Synthesis of Control Systems), February, 1972.

RE-105 Wallin, U., Widström, A.: Jämförelse mellan störningskänslighet vid direkt mätning och rekonstruktion (Comparison of Direct Measurement and Statevariable Reconstruction), February, 1972.

RE-106 Nilsson, R.: Modell av malkvarn (Modelling of a Grinding Mill), March, 1972.

RE-107 Ericsson, S., Lindquist, H.: Statistisk signalklassificering utan lärare (Statistical Classification without a Teacher), April, 1972.

RE-108 Nilsson, L.O.: Optimal styrning av sulfitkokare (Optimal Control of a Sulphite Digester), April, 1972.

RE-109 Janiec, M.: Styrning av ljusbåge med tyristorer (Control of a Welding Arc using Tyristors), June, 1972.

RE-110 Pernebo, L.: Adaptiv styrning av linjära system med hjälp av utvidgat Kalman-filter (Adaptive Control using Extended Kalman Filter), August, 1972.

RE-111 Carlsson, S.: Maximum Likelihood identifiering av reaktordynamik från flervariabla experiment (ML Identification of Reactor Dynamics from Multivariable Experiments), June, 1972.

RE-112 Johansson, L.: Inkompatibilitetslocus. Beräkning av allelfrekvenser i en rödklöverpopulation (Incompatibilities in Allele Fluctuations in a Red Clover Population), July, 1972.

RE-113 Elmqvist, H.: SIMNON - Ett interaktivt simuleringsprogram för olinjära system (SIMNON - An Interactive Program for Simulating Non-Linear Systems), June, 1972.

3. SUBJECT INDEX.

Adaptive systems	102, 110
Analysis and synthesis:	
Continuous time	99, 104, 105, 113
Discrete time	96, 98, 104, 109
Biological systems	112
Digital control	96, 98
Identification methods:	
Maximum Likelihood method	103, 111
Kalman filtering	100
Learning systems	97, 107
Model building:	
Grinding mill	106
Nuclear reactor	111
Optimal control:	
Linear-quadratic theory	104
Non-linear optimal control	108
Program packages:	
Basic routines	101
Identification	103
Synthesis	104, 113

4. ABSTRACTS.

RE-96 August, 1971
Nilsson, Anders (B. Wittenmark)
Nilsson, Rune

DIGITAL REGLERING MED PROCESSDATOR.

Arbetet behandlar digital reglering av ett positionsservo. Samplingstidens inverkan på olika regulatorer studeras. Först behandlas en proportionell regulator. De resultat, som då erhålls, skall sedan förbättras i olika avseenden. Med en samplad motsvarighet till ett fasavancerande kompenseringsnät minskas stigtiden till hälften utan att överslängen ökas. Genom att återkoppla från tillstånd fås en regulator, som kan uppfylla höga krav på snabbhet och dämpning. Slutligen studeras dead-beat-regulatorn. Med denna fås samma resultat som med den proportionella regulatorn, trots att samplingstiden är betydligt längre.

DIGITAL CONTROL USING PROCESS COMPUTER.

The report treats digital control of a position servo. The effect of the sampling rate for different regulators is investigated. First a proportional feed-back is discussed. The results are then improved in different ways. In order to reduce the rise time without increasing the overshoot a sampled lead compensation is used. By making a feed-back from the state variables a regulator is obtained which has a very good damping. With this regulator it is possible to get a system that is as fast as the lead compensated system but the overshoot is considerably reduced. Finally a dead-beat regulator is used and it gave the same results as for the proportional regulator although the sampling time is much longer.

RE-97 September, 1971
Bosrup, Lennart (L. Ljung)
Gustavi, Jan-Olof

SJÄLVLÄRANDE KLASSIFICERING.

Ett system, som erhåller signaler från en yttre källa studeras. Dessa signaler beskriver olika situationer. Avsikten är att systemet skall kunna klassificera den aktuella situationen. Detta kan göras med hjälp av rekursiva algoritmer.

Problemet att finna sådana algoritmer kan angripas på många sätt. I arbetet antas att ett minimum av a priori kunskaper är givna om signalerna och de klasser, till vilka de tillhör. Detta angreppssätt benämns inlärning utan lärare eller självlärande.

Olika självlärande algoritmer diskuteras och är simulerade på dator. Villkor för konvergens hos algoritmerna behandlas och en teori för konvergens hos olika algoritmer presenteras. Teorin bekräftas av datorsimuleringarna. Slutligen behandlas fallet då processerna ej är stationära. Algoritmerna fungerar tillfredsställande även för detta fall.

SELF-LEARNING CLASSIFICATION.

Consider a system receiving signals from a signal source. The signals describe different input situations. The purpose of the system is to classify the current situation. This can be obtained by means of recursive algorithms.

The problem of finding such algorithms can be approached in many different ways. In this report we will assume a minimum of a priori information about the signals and the

classes they belong to. This approach is often called learning without a teacher or self-learning.

Different self-learning algorithms are discussed and simulated on a computer. The conditions making an algorithm converge or not are treated. A theory for the convergence of an algorithm is presented. This theory is shown to be consistant with the simulations. Finally another aspect is regarded implying no demand for stationarity of the classes. The algorithms are adapted to this case and found to work satisfactory.

RE-98 October, 1971
Anderini, Kenneth

(B. Sjöberg, SAAB,
B. Wittenmark)

STUDIER AV DIGITALISERADE YTTERLOOPSFUNKTIONER VID AUTOMATSTYRNING AV FLYGPLAN.

Rapporten behandlar hur ett flygplans egenskaper påverkas av olika konfigurationer i styrautomatsystemet då ytterlooparna kopplas via dator. Undersökningen är gjord med hjälp av dator och resultaten ansluter sig väl till analoga simulatorstudier, som har gjorts tidigare på SAAB i Linköping.

Resultatet av undersökningen är att systemets egenskaper endast måttligt påverkas av de fördröjningar, som kan uppkomma i den digitala delen av systemet.

STUDIES OF DIGITIZED OUTERLOOPS OF AN AIRPLANE AUTOPILOT.

The report shows how the dynamic properties of an airplane are influenced by different set ups of the autopilot when the outerloops are implemented using a computer. The investigation is made using a computer and the results are compatible with analog simulations done earlier at SAAB in Linköping.

The result of the investigation is that the dynamic properties of the airplane are only slightly influenced by the time delays that can be introduced by the computer in the system.

RE-99 October, 1971
Sundström, Kristian

(J. Hälldin, ALFA-LAVAL,
B. Wittenmark)

STABILITETSUNDERSÖKNING AV TRYCKSIMULATOR.

Rapporten behandlar stabilitetsundersökning av en trycksimulator inom Multitherm-projektet på ALFA-LAVAL. Avsikten med undersökningen är att genom experiment med och uppställande av en matematisk modell för trycksimulatorn få en uppfattning om fullskaleanläggningens uppförande för olika störningar. Experiment har visat att temperaturhöjande störningar är en stor stabilitetsrisk, vilken i viss mån kan minskas genom införande av strypanordningar. Störningskänsligheten har undersökts med stegstörningar i matningstrycket dels experimentellt dels teoretiskt i den matematiska modell, som uppställts och verifierats (i approximerad form). Såväl experiment som simuleringar har givit till resultat att systemet för undersökta stegstörningar är stabilt. Den matematiska modellen ger även möjligheter att genom simuleringar kartlägga inverkan av andra tänkbara tryckstörningar.

INVESTIGATION OF THE STABILITY OF A PILOT PLANT PRESSURIZER.

The report presents the results of an investigation concerning stability of a pressure simulator as a part of the project called MULTITHERM within ALFA-LAVAL Company. The aim of this investigation is the prediction of the behaviour of a pilot plant under various disturbances from experiments and a mathematical model for the small scale model called pressure simulator. Experiments have shown that disturbances causing temperature rising are great risks for the stability, which can be partly prehibited by special arrangements. The sensitivity has been investigated applying step inputs in the pressure

supply both experimentally and theoretically with the mathematical model. The validity of the model has been verified for its approximation. Experiments and simulation have shown that the system is stable under applied inputs. The mathematical model enables the constructor of the pilot plant to get information of the effect of presumptive disturbances through analog or digital simulation.

RE-100 November, 1971
Karlsson, Bo (B. Wittenmark)
Skoglund, Gunnar

JÄMFÖRELSE MELLAN KALMAN OCH KOMPLEMENTÄR FILTRERING.

Två metoder vid filtrering av stokastiska processer jämförs. En optimal metod, Kalman-filtrering, och en mer heuristisk metod, komplementär filtrering med filter av första ordningen. Undersökningen jämför estimationsfelens varianser och filtrens känslighet för olika parametervariationer. Det undersökta exemplet är valt så att det lämpar sig för den heuristiska metoden. Endast tidskonstanta filter är använda vid undersökningen.

Resultatet är att Kalman-filtret i stort sett ger cirka tio procent bättre värde på estimationsfelets varians, undantag finns dock då de båda metoderna ger likartade resultat. Ett hypotetiskt fall då signal-brusförhållandet är stort och signalen är en icke-stationär process kan man estimera betydligt bättre med ett fixt komplementärt filter än med ett fixt Kalman-filter. Parameterkänsligheten för de båda filtren tycks vara likartad.

COMPARISON BETWEEN KALMAN AND COMPLEMENTARY FILTERS.

A comparison between two filtering techniques are made. One optimal method, Kalman filtering technique, and another, more heuristic method, complementary filtering technique, using filters of first order. In the investigation the variances of the estimation errors and the sensibility of the filters for different kinds of parameter variations have been compared. The examined example is suitable for the heuristic method. Only time constant filters have been used.

The main result is that the Kalman filtering technique attains a ten per cent better value concerning the variance of the estimation error. There are exceptions when the results are the same with the two types of filters. A hypothetical case when the signal/noise ratio is large and the signal is a nonstationary process, a constant complementary filter can give better estimates than with a constant Kalman filter. The parameter sensitivity is usually the same for both types of filters. The Kalman filter is, however, better in some case.

RE-101 October, 1971
Lindell, Jan-Olof (J. Wieslander)

PLOTTERRUTINER FÖR PDP-15.

Vid institutionen för reglerteknik i Lund finns en dator, PDP-15, till vilken ett minnesoscilloskop, Textronix, är anslutet. I examensarbetet beskrivs uppbyggnaden och funktionen av ett antal plotterrutiner. Rutinerna är skrivna i assemblerspråk, MACRO-15, och är främst avsedda att användas i program, skrivna i Fortran.

PLOTTING ROUTINES FOR PDP-15.

A computer, PDP-15, and a storage oscilloscope, Textronix, are in use at the Division of Automatic Control in Lund. The report describes the structure and function of a number of plotting routines. These are written in assembler language, MACRO-15, and are primarily intended for use with programs written in Fortran.

RE-102 December, 1971
Andersson, Per Olof (B. Wittenmark)
Olofsson, Tommy

UNDERSÖKNING AV MARSIKS ADAPTIVA REGULATOR.

En adaptiv regulator, som har föreslagits av J. Marsik, har undersökts. Regulatorn har fördelen att ha en speciellt enkel användningsprincip. Den kräver i motsats till många andra adaptiva regulatorer ej någon modell av den reglerade processen. Regulatorn består i princip av två multiplikatorer och en integrator. Den används för att automatiskt justera processens kretsförstärkning till ett av processen bestämt jämviktsläge. Då insignalen till systemet är en fyrkantvåg kan man teoretiskt beräkna jämviktsläget. Dessa beräkningar bekräftades genom simuleringar på analogimaskin. Då insignalen är en fyrkantvåg påverkas jämviktsläget av insignalens amplitud men ej dess nivå. Inställningshastigheten minskas också kraftigt då insignalens amplitud minskas. För att kunna påverka förstärkningens jämviktsläge mot lägre värden gjordes olika modifieringar av regulatorn. Därvid kunde regulatorns jämviktsläge förändras på önskat sätt, dock var jämviktsläget fortfarande beroende av insignalen. Då insignalen var en triangel eller sinusvåg erhölls inget jämviktsläge för förstärkningen.

INVESTIGATION OF MARSIK'S ADAPTIVE CONTROLLER.

An adaptive controller proposed by J. Marsik has been investigated. The controller has a very simple structure and in contrast to may other adaptive controllers it does not include any model of the process. In principle the controller consists of two multipliers and one integrator.

The controller can be used to adjust the loop gain of the process to a steady state value that is determined by the process. When the input signal consists of rectangular pulses it is possible to compute the steady state value of the controller gain. These computations were verified by analog simulations. The amplitude, but not the level of the pulses, influences the steady state value. The convergence rate is substantially decreased when the amplitude is decreased.

To be able to change the steady state value different modifications were done which made it possible to alter the steady state value as desired. The steady state value was, however, still dependent of the input pulses. For triangular and sinusoidal inputs the controller did not converge to any steady state value.

RE-103 February, 1972
Almqvist, Rutger (I. Gustavsson)

PROGRAM FÖR MAXIMUM LIKELIHOOD IDENTIFIERING PÅ PDP-15.

I denna rapport presenteras ett program för Maximum Likelihood identifiering. Programmet är skrivet i FORTRAN för PDP-15. Det förutsätts att systemet är lineärt, tidsinvariant med en utsignal och normalfördelade störningar.

En kort introduktion till teorin bakom Maximum Likelihood metoden ges. Olika strategier i minimeringsalgoritmen diskuteras. Sedan följer en genomgång av programmets delar. Denna genomgång fungerar också som en handledning för användaren. Till sist ges resultat från några testexempel.

PROGRAMS FOR MAXIMUM LIKELIHOOD IDENTIFICATION ON PDP-15.

In this report a program for identification by the Maximum Likelihood method is presented. The program is written in FORTRAN for a process computer, PDP-15. The application is limited to linear, single output, time-invariant dynamic systems with normal disturbances having rational spectra.

First a resumé of the Maximum Likelihood method is given. The different strategies which are used in the hill-climbing algorithm are discussed. Then there is an account of the structure of the program. In connection with this, there is a description of how to use the program, the possibilities and the limitations. Finally results from some test examples are given.

RE-104 February, 1972
Novén, Tord (J. Wieslander)

SYNPAC - ETT INTERAKTIVT PROGRAM FÖR SYNTES AV REGLER-SYSTEM.

SYNPAC är ett interaktivt program för bearbetning av reglersystem. Det kan utföra 34 olika operationer. Varje operation har sitt kommando och argument. Det är inte nödvändigt att utföra operationerna i en viss ordning. Programmet är på detta sätt mycket flexibelt och användbart på ett flertal problemtyper. Det är lätt att lära sig använda programmet, då det bland annat har omfattande och exakta felmeddelanden. Avsevärda tidsbesparingar kan göras vid t.ex. optimering av diskreta reglersystem. Själva avkodningsdelen för kommandona är skriven i assembler medan beräkningsrutinerna är skrivna i Fortran. Programmet är skrivet så att framtida utvidgning skall vara enkel att utföra.

SYNPAC - AN INTERACTIVE PROGRAM FOR SYNTHESIS OF CONTROL SYSTEMS.

SYNPAC is an interactive program package for working on control systems. It can perform 34 different operations. Each operation has its command and arguments. It is not necessary to perform the operations in a certain order. The program is in this way very flexible and useful on a number of problem types. It is easy to learn to use the program because it has among other things extensive and precise error messages. Considerable time can be saved at for instance optimization of discrete control systems. The decoding part for the commands is written in assembler while the calculation routines are written in Fortran. The program is written so that future expansion shall be easy to do.

RE-105 February, 1972
Wallin, Ulf (B. Wittenmark)
Widström, Arne

JÄMFÖRELSE MELLAN STÖRNINGSKÄNSLIGHET VID DIREKT MÄTNING OCH REKONSTRUKTION.

Störningskänsligheten hos ett andra ordningens system (moment störning på en motor) undersöks, då tre olika regulatorer används:

1. direkt mätning av tillståndsvariablerna,
2. modellrekonstruktion och återkoppling från de rekonstruerade tillstånden,
3. modellrekonstruktion men återkoppling från ett rekonstruerat och ett mätt tillstånd.

Störningarna är inte mätbara, och modellen uppfattar endast deras inverkan på utsignalen. Detta ger upphov till ett bestående rekonstruktionsfel. Formellt kan rekonstruktionsfelet betraktas som en ytterligare störning, och dess inverkan på slutna systemets egenskaper analyseras. Generellt ger direktmätning bästa resultatet, och störningskänsligheten ökar med antalet rekonstruerade variabler i styrlagen. Slutligen görs en experimentell undersökning av de tre regulatorerna på en elektrisk motor då styrlagarna realiseras med hjälp av en dator.

COMPARISON OF DIRECT MEASUREMENT AND STATE-VARIABLE RECONSTRUCTION.

The sensitivity to disturbances of a system with two states is investigated for three different regulators:

1. direct measuring of the states,
2. model reconstruction and feedback from the reconstructed states,
3. model reconstruction and feedback from one reconstructed and one measured state (the output signal).

The disturbances on the system are not measurable, and the model does only apprehend their effect on the output signal. This causes a remaining reconstruction error. Formally the reconstruction error can be regarded as another disturbance, and its effect on the closed loop system is analysed. Generally direct measuring gives the best result, and the sensitivity to disturbances is increasing with the number of used reconstructed states. Finally an experimental investigation is made when the system is an electric motor and when the regulators are implemented using a computer.

RE-106 March, 1972
Nilsson, Richard (B. Wittenmark)

MODELL AV MALKVARN.

Slutsteget vid cementtillverkning är malning av klinker till cement. Temperaturen hos utkommande produkten kan variera kraftigt. För att klargöra dessa variationer har en matematisk modell gjorts för malkvarnen. Modellen baseras på fysikaliska samband för temperaturjämvikt. De olika parametrarna i modellen erhölls genom uppskattningar. För att förbättra noggrannheten på koefficienterna utfördes två enklare identifieringsexperiment. Med data från experimenten bestämdes parametrarna i den matematiska modellen. För att få en uppfattning av modellens tillförlitlighet gjordes simuleringar på analogimaskin, och resultatet jämfördes med experiment, gjorda på processen. Modellen tycks kunna beskriva hur temperaturen i kvarnen påverkas av olika inflöden.

MODELLING OF A GRINDING MILL.

The final process when producing cement is grinding. The temperature of the outcoming product can be varying in an undesirable way. To explain these variations a mathematical model of the grinding mill has been set up. The model is based on the relations for temperature equilibrium. The parameters in the model are roughly estimated. To improve the parameter estimates two simple identification experiments were done. Using the data from the experiments the parameters in the model were determined using an identification program. The reliability of the model was investigated by analog simulations and the results were compared with experiments done on the process. The model seems to describe how the temperature can be influenced by the different inputs to the process.

RE-107 April, 1972
Ericsson, Staffan (L. Ljung)
Lindquist, Hans

STATISTISK SIGNALKLASSIFICERING UTAN LÄRARE.

Detta arbete behandlar problemet med självlärande klassificering av utfall från en sammansättning av stokastiska variabler. De stokastiska variablerna tillhör en klass av fördelningar vars form är känd men där fördelningarnas parametrar är okända.

Klassificeringsproblemet är ekvivalent med problemet att bestämma skiljande hyperytor i värderummet till de stokastiska variablerna. Eftersom varje klassificeringsregel är en funktion av stokastiska variabler blir regeln själv en stokastisk variabel. Genom att använda statistiska skattningar är det möjligt att bestämma ett beslutskriterium som med sannolikheten ett konvergerar mot en optimal klassificeringsregel.

Av främst beräkningstekniska orsaker har endast det enklast möjliga klassificeringsproblemet behandlats ingående, nämligen klassificering av utfall från en sammansättning av två endimensionella fördelningar. En algoritm som bestämmer en klassificeringsregel konstrueras och testas genom simuleringar på olika sammansättningar av två-parametriga fördelningar.

Vidare konstrueras en algoritm som beräknar den teoretiska undre gränsen för klassificeringsregelns varians. Numeriska värden beräknas för en del olika fall.

STATISTICAL CLASSIFICATION WITHOUT A TEACHER.

This report deals with the problem of learning to classify observations from a mixture of random variables. The distributions of the random variables are of known functional forms but with unknown parameters.

This problem is equivalent to that of determining separating hypersurfaces in the range of the random variables. Any rule of classification will be a function of random variables and therefore itself a random variable. Using a statistical approach it is possible to construct a classification rule that will converge to an optimal one with probability one.

For computational reasons only the simplest possible case is treated in detail, namely mixtures of two one-dimensional distributions. The algorithm is tested by simulations on different mixtures of two-parametric distributions.

An algorithm is constructed that computes the theoretical lower bound of the variance of the classification rule. Numerical results are obtained for a number of cases.

RE-108 April, 1972
Nilsson, Lars Olof (L. Ljung)

OPTIMAL STYRNING AV SULFITKOKARE.

Optimering är ett hjälpmedel för att utröna vad som är möjligt att uppnå i ett visst dynamiskt system.

Systemets syfte beskrivs med en skalär funktion, förlustfunktionen, och den styrstrategi, som minimerar förlustfunktionen, bestäms. Styrstrategien består av ett styrprogram för den tidsrymd processen omfattar.

Differentiell dynamisk programmering är en metod att bestämma optimal styrstrategi för dynamiska system, beskrivna med system av olinjära ordinära differentialekvationer.

I denna undersökning har en algoritm, baserad på differentiell dynamisk programmering, använts för att bestämma optimal styrning av en sulfitkokare.

Problemet innehåller både randvillkor på tillståndsvariablerna och begränsningar på både tillstånds- och styrvariablerna för hela tidsförloppet. Problemet är dessutom singulärt.

Den använda algoritmen tillsammans med speciella metoder för singulära problem ger en mycket allmän metod, som har visat sig fungera bra i denna undersökning.

Optimal styrning av tryck och temperatur för att åstadkomma maximalt utbyte av cellulosa i den sura sulfitprocessen har bestämts. Denna styrning överensstämmer i sina huvuddrag med konventionell styrning, men ger ca. 2% större utbyte av cellulosa.

OPTIMAL CONTROL OF A SULPHITE DIGESTER.

The purpose with optimal control theory is to determine what is possible to achieve with a certain dynamic system.

The performance of the system is measured by a scalar cost functional, and control over a period of time is then chosen to minimize this functional.

Differential dynamic programming is a new method for determining optimal control of dynamic systems described by sets of nonlinear ordinary differential equations. This technique vastly reduces storage requirements compared to dynamic programming.

In this work an algorithm has been used, based on differential dynamic programming to determine optimal control of the acid sulphite cooking process.

The problem contains both state variable endpoint equality constraints, state variable inequality constraints and control variable inequality constraints and in addition is singular.

The algorithm used with methods to determine singular controls has worked out successfully on this problem.

Optimal control of pressure and temperature to achieve maximal outcome of cellulose for the acid sulphite cooking process has been determined. This control is similar to the conventional one, but yields approximately 2% higher outcome of cellulose.

RE-109 June, 1972

Janiec, Marek (B. Wittenmark)

STYRNING AV LJUSBÅGE MED TYRISTORER.

Problemet har varit att styra strömmen genom en ljusbåge genom att reglera tändvinkeln hos tyristorerna i den brygga, som driver ljusbågen. Försöken har simulerats på dator. Först behandlades fallet med vitt brus som störning på ljusbågens motemk. Därefter filtrerades bruset innan det påverkade ljusbågens motemk, detta för att få en mera realistisk modell. För att eventuellt kunna minska strömmens varians genom att justera systemets parametrar, bestämdes sambandet mellan variansen och parametrarna R (totalresistansen) och L (totalinduktansen). Detta visade ett kraftigt L-beroende och ett svagt R-beroende.

Vid studier av kortslutningsförlopp visade det sig, att vid bibehållen negativ resistans i ljusbågen blev kretsen instabil och strömmen ökade exponentiellt. Antog man däremot, att resistansen efter kortslutningen blev positiv, antog strömmen snabbt ett gränsvärde, som låg någon eller några tiopotenser högre än referensvärdet.

I den studerade modellen är regulatorns utstyrningsområde så begränsat, att man endast kan räkna med att kunna styra ut mycket svaga brus. Därför har även en modifierad modell av regulatorn, där man kan erhålla ett avsevärt större utstyrningsområde, presenterats.

CONTROL OF A WELDING ARC USING TYRISTORS.

The problem has been to control the current in an electric arc by regulating the tyristors' igniting angle in the bridge, which drives the electric arc. The experiments have been simulated in a computer. Firstly the noise disturbing the counter electromotive force of the electric arc was assumed to be white. Secondly the model was improved by filtering the noise. In order to be able to reduce the variance of the current by adjusting the parameters of the system, the relation between the variance and the parameters R (the total resistance) and L (the total inductance) was determined. This showed a strong L dependence and a weak R dependence.

By studies of short circuit lapses it showed that by remaining negative resistance the circuit became instabile and the current increased exponentially. But if one supposed that the resistance after the short circuit moment became positive, the current quickly assumed a limit value that was one or a few ten powers higher than the reference value.

In the model which was studied, the control area of the regulator was limited, that it is impossible to control anything unless the noise level is very low. Because of that a modified model has also been presented, where a very much greater control area can be received.

RE-110 August, 1972

Pernebo, Lars (B. Wittenmark)

ADAPTIV STYRNING AV LINJÄRA SYSTEM MED HJÄLP AV UTVIDGAT KALMAN-FILTER.

Avsikten med detta examensarbete var att undersöka hur bra det går att styra ett linjärt, samplat system med okända parametrar. Härvid utvidgades tillståndsvektorn med de okända parametrarna och den sålunda utvidgade tillståndsvektorn estimerades med hjälp av ett utvidgat Kalman-filter. Systemet styrdes enligt en linjärkvadratisk styrstrategi.

Metoden testades på ett första ordningens system och ett andra ordningens system. Tillfredsställande resultat erhölls för första ordningens system med en okänd parameter, men för det andra ordningens system, som undersöktes, gav metoden ett icke tillfredsställande resultat. Anledningen till detta är okänd.

ADAPTIVE CONTROL USING EXTENDED KALMAN FILTER.

The purpose of this work was to examine the possibility of controlling a linear, sampled system containing unknown parameters. To do this the state vector was extended with the unknown parameters and this extended vector was estimated by an extended Kalman filter. The system was controlled by a linear-quadratic control strategy.

The method was tested on a first order system and a second order system. Acceptable results were obtained for the first order system containing one unknown parameter, but for the examined system of second order the method gave an unsatisfying result. The reason for this is unknown.

RE-111 June, 1972
Carlsson, Stellan (G. Olsson)

MAXIMUM LIKELIHOOD IDENTIFIERING AV REAKTORDYNAMIK FRÅN FLERVARIABLA EXPERIMENT.

På Halden-reaktorn har utförts ett antal dynamiska experiment. I detta examensarbete användes data från experiment med flera insignaler för att bestämma parametriska modeller av reaktordynamiken. Modeller anges för styrstavar (kontrollerar reaktiviteten) och ångventil (belastningen) som insignaler och nukleär effekt och olika ångtryck som utsignaler. Koefficienterna skattas med hjälp av Maximum Likelihood-metoden. Olika statistiska tester används för att undersöka modellernas egenskaper. Resultatet visar att ordningstalet hos modellerna ej överstiger fyra.

MAXIMUM LIKELIHOOD IDENTIFICATION OF REACTOR DYNAMICS FROM MULTIVARIABLE EXPERIMENTS.

Several dynamic experiments have been performed at the Halden Boiling Water reactor. In this work data from experiments with multiple inputs are used to determine parametric models. Models are given for the reactivity rods and the consumers steam valve (the load) as inputs and the nuclear power and different steam pressures as outputs. The coefficients are estimated by use of the Maximum Likelihood method. Furthermore the properties of the models are investigated by different statistical tests. The results show, that the model order is generally not exceeding four.

RE-112 July, 1972

Johansson, Lars (P. Hagander)

INKOMPATIBILITETSLOCUS. BERÄKNING AV ALLELFREKVENSER I EN RÖDKLÖVERPOPULATION.

Arbetet avser att visa hur frekvenserna av olika, i en rödklöverpopulation ingående, inkompatibilitetsalleler varierar från en generation till nästa.

Som förutsättning gäller att det inte finns några skillnader mellan de olika allelerna, utom inkompatibilitetsegenskapen.

Ur en modell beräknas vilka avkommor de olika plantgenotyperna ger upphov till. Den 2:a generationen beräknas ur den 1:a, den 3:e ur den 2:a o.s.v. Med 3 alleler fås en dämpad svängning runt medelvärdet. Med 4 eller fler alleler erhålls i regel inga överslängar utan frekvenserna närmar sig sakta medelvärdet, saktare ju fler alleler som ingår i populationen. Frekvenserna av olika plantgenotyper fluktuerar på i princip samma sätt som allelfrekvenserna. För 3 alleler kan man visa att plantfrekvenserna alltid närmar sig 1/3, som är ett globalt stabilt jämviktsläge. För fler alleler blir

$$\frac{1}{\text{antalet plantgenotyper}} = \frac{1}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

där n är antalet alleler, ett stabilt jämviktsläge, troligen det enda. På samma sätt blir 1/n ett stabilt jämviktsläge för allelfrekvenserna.

En uppskattning av standardavvikelsen i 2:a generationens plantfrekvenser, visar att variationen är så liten att man bör kunna kontrollera den uppställda modellen med ett praktiskt försök på ett 4-allelsystem.

INCOMPATIBILITIES IN ALLELE FLUCTUATIONS IN A RED CLOVER POPULATION.

The purpose of this report is to visualize how the frequencies of different incompatibility alleles fluctuate from one generation to another, for a red clover population.

It is assumed that there are no differences between the alleles, but the incompatibility.

The progeny of the different plant genotypes are calculated with a computer. The second generation is calculated from the first, the third from the second and so on. With three alleles, the allel frequencies oscillate around the mean value. With four alleles or more, most of the frequencies slowly approaches the mean value without overshots, more slowly with more alleles in the population. The frequencies of different plant genotypes fluctuate essentially in the same way as the allel frequencies.

With three alleles it is shown that the plant frequencies always approaches 1/3, which is an equilibrium with global stability. With more alleles

$$\frac{1}{\text{the number of plant genotypes}} = \frac{1}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

where n is the number of alleles, is a stable equilibrium, probably the only one. In the same way 1/n is a stable equilibrium of the allel frequencies.

An estimation of the standard deviation of the plant frequencies in the second generation, shows that the variation is so small that it ought to be possible to check the model used, with a practical experiment with a four allel system.

RE-113 June, 1972
Elqvist, Hilding (J. Wieslander)

SIMNON - ETT INTERAKTIVT SIMULERINGSPROGRAM FÖR OLINJÄRA SYSTEM.

SIMNON är ett programpaket för simulering av olinjära kontinuerliga system. Examensarbetet består av definition av ett språk, som är lämpat för att beskriva olinjära system. Programpaketet innehåller en kompilator, som är skriven i Fortran, och som översätter språkelementen till en exekverbar pseudokod. Vidare finns en rutin för interpretering av denna kod. Resultatet presenteras på en bildskärm. Kompilatorn, exekveringsrutinen och plottningsrutinerna är sammanfogade till ett flexibelt interaktivt simuleringspaket.

SIMNON - AN INTERACTIVE PROGRAM FOR SIMULATION OF NON-LINEAR SYSTEMS.

SIMNON is a program package for simulation of nonlinear continuous time systems. The thesis includes definition of a programming language which is convenient for describing nonlinear systems. The program package contains a compiler, written in Fortran, which compiles the elements of the language into a pseudo code which can be interpreted. This is done by a special routine. The results are presented on a display. The compiler, the execution routine and the plotting routines are connected to form a flexible interactive simulation package.

EXAMENSARBETEN I REGLERINGSTEKNIK HT-71.

I denna skrift ges några förslag på examensarbeten i reglerteknik. Arbetena presenteras i ett antal avsnitt, vars rubriker definierar examensarbetenas allmänna innehåll. I varje avsnitt ges några konkreta förslag till examensarbete. Listan över examensarbeten förändras ständigt, så om listan nu ej innehåller något arbete, som intresserar, kan det dyka upp nya förslag längre fram. Den, som är intresserad, är välkommen till institutionen för närmare diskussion. Första kontakt bör tas med univ.lektor Björn Wittenmark.

Många av de angivna examensarbetena kräver kunskap i FORTRAN-PROGRAMMERING.

Förutom de arbeten, som presenteras här, brukar även vissa större företag, t.ex. ASEA och SAAB, varje år ge ut listor med examensarbeten. I dessa finnes ofta många arbeten inom ämnet regleringsteknik.

Det är önskvärt, att teknolog, som utför examensarbeten i regleringsteknik, deltager i undervisningen i någon av fortsättningskurserna. Då dessa kurser ligger på vårterminen i fyran, kan det ur studietidssynpunkt vara fördelaktigt att påbörja examensarbetet innan fortsättningskursen är avslutad.

November 1971

K.J. Åström

För varje examensarbete finnes en ansvarig handledare. Preliminär handledare finnes angiven vid varje förslag.

KJÅ Karl Johan Åström
GO Gustaf Olsson
BW Björn Wittenmark
IG Ivar Gustavsson
KM Krister Mårtensson
PH Per Hagander
JW Johan Wieslander
LL Lennart Ljung
SL Sture Lindahl
TS Torsten Söderström
GB Gunnar Bengtsson
CK Claes Källström

1. ANALYS OCH SYNTES

All väsentlig teori, som presenteras i allmänna kursen i reglerteknik, är så utformad, att den lätt kan automatiseras. Allt arbete, som fordras för analys och syntes, kan utföras med hjälp av en datamaskin. Vi har sedan lång tid tillbaka på institutionen delvis med hjälp av examensarbeten arbetat med att skriva lämpliga subrutiner. Typexempel är transformation av koordinatsystem i tillståndsrum, beräkning av stegsvar, impulssvar, simulering, syntes av system med given överföringsfunktion, rekonstruktion av tillståndsvariabler m.m. Målet med denna verksamhet är att få ett komplett programpaket med vars hjälp man kan göra samtliga förekommande rutinräkningar på ett mycket enkelt sätt. Väsentliga delar av programmen är nu färdiga. Några examensarbeten där dessa analys- och syntesprogram tillämpas på konkreta exempel har utförts. Vi är emellertid mycket intresserade av att dessa program används för dimensionering av reglersystem för ytterligare några specifika exempel.
T.ex.

1.1	Flervariabel analys av cykel	(LL)
1.2	Bil - Modell och reglering	(BW)
1.3	Båt - Modell och reglering	(BW)
1.4	Stabilisering av dubbelpendel	(BW)
1.5	Reglering av nivån i en kraftverksdamm	(BW)
1.6	Observerare	(PH)
1.7	Dimensionering av reglersystem för inloppslåda på en pappersmaskin	(KJÅ)

2. PROCESSIDENTIFIERING.

Vid tillämpning av reglerteknik på styrning av industriella processer är det mycket väsentligt att ha tillgång till effektiva metoder för att bestämma matematiska modeller. Ofta är det opraktiskt, om ej omöjligt, att erhålla sådana modeller direkt ur de grundläggande fysikaliska lagarna. Man är då hänvisad till att bestämma de matematiska modellerna genom mätning på processen.

Processidentifiering är en systematisk metod att utifrån mätningar bestämma de differentialekvationer eller den överföringsfunktion, som beskriver processen. Detta är ett av institutionens aktuella forskningsområden. Ett flertal examensarbeten finnes inom detta område.

2.1	Val av insignal vid identifiering	(IG)
2.2	Identifiering av system av hög ordning	(IG)
2.3	Test av gemensamma faktorer i överföringsfunktionerna	(TS)
2.4	Programpaket för behandling av tidserier	(IG)
2.5	Val av samplingsintervall vid identifiering	(IG)
2.6	Identifiering av system med återströmning	(IG)
2.7	Frekvensanalys	(BW)
2.8	Reduktion av modeller för dynamiska system	(SL)
2.9	Identifiering av system med dödtid, som ej är jämn multipel av samplingsintervallet	(BW)

3. OPTIMAL REGLERING

Genom att formulera syntesproblem som optimeringsproblem kan många av variationskalkylens kraftfulla resultat tillämpas för att dimensionera reglersystem. De väsentliga teoretiska problemen är i princip lösta, men mycket arbete återstår vad beträffar utvecklingen av numeriska algoritmer. Detta är också ett av institutionens aktuella forskningsområden. Ett programpaket för dimensionering av regulatorer och styrlagar för linjära system med kvadratiskt kriterium, både för diskreta och kontinuerliga system, har utvecklats. Dessa programpaket har tillämpats på några konkreta exempel. Erfarenhet från ytterligare tillämpningar är emellertid mycket väsentligt. Följande arbeten finnes.

3.1 En jämförelse mellan olika metoder för att införa integratorer i linjärkvadratisk teori (GB)

3.2 Minimaltidsproblemet för en pendel (PH)

3.3. Linjärkvadratisk styrning av båt (BW)

3.4 Algoritmer för statisk optimering (KM)

4. ESTIMERING. REELLTIDSIDENTIFIERING

Då alla tillståndsvariabler ej är mätbara måste dessa rekonstrueras om man vill göra en regulator som bygger på återkoppling från samtliga tillstånd. För linjära system vet man hur den optimala regulatorn ser ut men däremot finnes det många sätt på vilka man kan programmera algoritmerna. Man har även försökt att överföra tankarna som ligger bakom Kalmanfiltreringen till olinjära system s.k. utvidgad Kalman. Vidare förekommer ofta system där parametrarna är tidsvariabla och okända. Med de nämnda filtren kan även de okända parametrarna estimeras och filtret kan på det sättet utgöra en länk i ett adaptivt system (Se avd 6). Inom dessa områden finnes följande förslag.

4.1 Statisk tillståndsestimering i elkraftsystem (SL)

4.2 Uppskattning av parametrar hos mätgivare (GO)

4.3 Användning av utvidgat Kalman filter för parameterestimering (GO)

4.4 Användning av utvidgat Kalman filter på system som är starkt oscillativa (GO)

5. REELLTIDSBERÄKNING. PROCESSDATORN PDP-15.

Som ett led i institutionens verksamhet, som är koncentrerad på processreglering, har vi inköpt en processdator, som levererats i juli 1970. Avsikten är bl.a. att på denna implementera och testa utvecklade numeriska algoritmer på verkliga processer. Att göra beräkningar i reell tid och med ett mycket begränsat minnesutrymme till sitt förfogande ställer helt andra krav än då samma sak görs på en stor dator. Bland examensarbeten i direkt samband med processdatorn finnes.

5.1	Samband mellan samplingsintervall och regler-algoritm	(BW)
5.2	Räknetider för olika sätt att implementera Kalman filter	(GO)
5.3	Reglering av bommen	(JW)
5.4	Minimalvariansregulator med förlängd tidshorisont	(BW)
5.5	Syntesprogram för multivariabla system	(GB)
5.6	Program för syntes med rotort	(JW)
5.7	Program för syntes med Bodediagram	(JW)
5.8	Simulering av enkelt återkopplat system med olinjäritet	(JW)

6. ADAPTIVA REGLERSYSTEM.

Adaptiva reglersystem kan automatiskt anpassa sig till varierande systemdynamik. Bland de mest välkända exemplen märks automatisk volymkontroll i en radio, autopilot för flygplan m.m. Adaptiva reglersystem ligger även inom institutionens forskningsfält. En rad tidigare examensarbeten har genomförts men flera återstår, t.ex.

6.1 Identifiering följd av reglering eller samtidig identifiering och reglering? (BW)

6.2 Adaptiv styrning av linjära system med tidsvariabla parametrar (BW)

6.3 Börvärdesoptimerande regulator (KJÅ)

7. MEDICINSKA, BIOLOGISKA, SOCIALA, EKONOMISKA SYSTEM.

Reglerteknikens metoder börjar i allt större utsträckning att tillämpas även på icke tekniska system. Inom företagsekonomin har man således infört reglerteknisk begrepp under rubriker såsom management information system, management control system. Tillämpningar finnes även inom medicinska, sociala och biologiska system. Inom dessa fält har vi några examensarbeten, som består i att studera sådana system med reglertekniska metoder. Syftet är att undersöka hur icke endast kvalitativa utan även kvantitativa aspekter av reglertekniken kan överföras till dessa typer av system.

7.1 Modeller för "drug administration" (PH)

7.2 Makroekonomiska modeller (BW)

7.3 Simulering av ett produktions och försäljnings-företag (BW)

8. NUMERISKA BERÄKNINGAR, PROGRAM

För att få verktyg att arbeta med vill vi också genomföra några examensarbeten som är av mer numerisk karaktär.

8.1 Minimeringsalgoritmer för PDP. (CK)

Inom identifiering och optimeringsteori vill man minimera förlustfunktioner med avseende på vissa parametrar. Dessa minimeringsalgoritmer finnes nu tillgängliga på UNIVAC 1108 och behöver nu även överföras till processdatorn PDP-15.

8.2 Programpaket för glesa matriser. (SL)

När man ställer upp ekvationerna för t.ex. ett kraftsystem fås många ekvationer vilket ställer krav på minnesutrymme. Men i många fall innehåller ekvationerna många nollor och detta vill man utnyttja för att spara på minnesutrymme och för att minska räknetiderna.

9. DIVERSE

9.1 Lätta och svåra reglerproblem. Användning av tumregler. (BW)

9.2 Analys av system med avsiktlig olinjäritet (BW)

9.3 Undersökning av simuleringsspråk (BW)

9.4 Konstruktionsprinciper för industriella regulatorer (BW)