

## **HØGSKOLEN I TELEMARK (HiT)**

### **Avdeling for teknologiske fag**

Ingeniørutdanning, sivilingeniørutdanning og dr.gradsutdanning

Adresse: Kjølnes, 3914 Porsgrunn

Telefon: 35575000

Telefaks: 35575401

Høgskolen i Telemark, avd. for teknologiske fag består av følgende enheter:

- Institutt for Prosessteknologi
- Institutt for Prosessautomatisering
- Institutt for Miljøteknologi

Avd. for teknologiske emners forsknings-, utviklings- og dr.gradsutvalg (FUDU) skal være rådgiver for avd. rådet i spørsmål som angår forskning og dr.ing.-utdanning. Dette inkluderer også behandling av søknader om opptak til dr.ing.studiet samt studieplaner for dr.ing.studiet. Utvalget har følgende sammensetning:

Professor Rune Bakke  
Professor Morten C. Melaaen  
Førsteaman. Svein Thore Hagen  
Førsteaman. Sigmund Kalvenes  
Dr.ing.stipendiat Ari Ghaderi

Sivilingeniørutdanningen ved Høgskolen i Telemark er et 2-årig påbygningsstudium for studenter med eksamen fra 3-årig ingeniørutdanning eller tilsvarende.

Sivilingeniørutdanningen har i dag 3 studieretninger; Industriell miljøteknologi, Prosessautomatisering og Prosessteknikk. Studiet vektlegger i særlig grad en integrert forståelse av fagområdene innen kjemi/maskin/automatisering. Et utstrakt samarbeid med industrien har høy prioritet i utdanningen. Det er i studieåret 2001/02 22 dr.ing.stipendiater (hvorav 12 eksternt finansiert).

### **Generelt om dr.ing.studiet**

Dr.ing.studiet ved HiT er i henhold til den inngåtte intensjonsavtalen med NTNU. Dette betyr i hovedsak at HiT gjennom sitt dr.ing.utvalg søker dr.gradsutvalget ved NTNU om godkjenning av studieopplegg for sine stipendiater. I henhold til intensjonsavtalen vil vitenskapelig personell ved sivilingeniørutdanningen ved HiT kunne godkjennes som hovedveiledere/medveiledere. Residensplikten ved HiT er som for NTNU satt til et år. Studiet er lagt opp med en angivelse av emnets belastning i antall vektall. Et normalt studieår er 20 vektall i siv.ing.utdanningen.

Emneområdet for avhandlingen vil normalt ligge innenfor de forsknings- og utviklingsoppgaver som foregår ved instituttene. Nærmere orientering om aktuelle emner er gitt under avsnittene om de enkelte institutter.

Dr.ing.studiene ved HiT er basert på at emner kan kombineres fra forskjellige universiteter/høgskoler, da i særlig grad HiT - NTNU, men også andre er aktuelle som f.eks. UiB og UiO.

## Høgskolen i Telemark tilbyr følgende dr.ing.emner:

Emnenr	Emnetittel	Sem	Høst				Vår				Bt	Vt	Kar
			F	Øu	Øs	D	F	Øu	Øs	D			
	PULVERMEKANIKK	H02	4		4	8					20	4,0	TEØ
	VG STRØMNINGSPROS	H03	4		4	8					20	4,0	TE
	FEILDIAGNOSE I	V03					4		4	8	20	4,0	TE
	DYNAMISKE SYSTEMER	V03											TE
	MASSE- OG VARMETRANSP I	V04					4		4	8	20	4,0	TE
	PROSESSUTSTYR	V03					4		4	8	20	4,0	TE
	FORNYBARE RESSURSER	V03					4		4	8	20	4,0	TE
	VIDEREGÅENDE	V04					2		2	4	10	2,0	TE
	MULTIVARIAT DATAANALYSE	V04											TE
	PERMEASJONSPROSESSER I	V04					2		2	6	12	2,5	TE
	POLYMERE MATERIALER	V03					4		4	8	20	4,0	TE
	VIDEREGÅENDE	V03											TE
	FORBRENNING	H02	4	3		5					16	3,0	TE
	LINEÆR SYSTEMTEORI	V03					3		3	6	15	3,0	TE
	SYSTEMIDENTIFIKASJON	V03											TE

V er vårsemester

H er høstsemester

### Eksempel på studieopplegg:

Høgskolen i Telemark (HiT)

### Vitenskapelig avhandling - tittel:

Modellering og simulering av Fluid-Bed reaktor

### Hovedfagsbetegnelse:

Strømningsprosesser

### Emneopplegg:

Emnenr	Emnetittel	Emne- type	H/S	Vt
SIK2025	PROSESSTEKNIKK	ORD	H	2,5
DIK2088	REAKTORMODELLERING	DR	H	3,0
	KJEMISK REAKSJONSTEKN *)	EKS	H	2,5
	TEKNISK TERMODYN II *)	EKS	S	2,5
	DISKRET REGULERING *)	EKS	S	2,5
	VIDEREG TRANSP PROS *)	IL	H	3,5
	VIDEREG STRØMN-PROS *)	DR	H	4,0
	SAMLET TIMETALL:			15,0
	HOVEDFAG			5,0
	STØTTEFAG			20,0
	HOVED- OG STØTTEFAG			

\*) Tas ved Høgskolen i Telemark.

Følgende typebetegnelser skal brukes:

DR for dr.ing.emner

ORD for emner fra NTNUs ordinære studieplaner for sivilarkitektstudiet- og sivilingeniørstudiet

IL for emner som tas i form av individuelt lesepensum og som ikke er oppført i NTNUs studieplaner

DI-EKS for emner som tas ved eksterne institusjoner

VU for videreutdanningskurs

PRES – presentasjon av eget arbeid i faglig forum

## **INSTITUTT FOR PROSESSTEKNOLOGI**

Professor Kim H. Esbensen (permisjon)

Professor Morten Chr. Melaaen

Professor Sunil de Silva

Professor II Gisle G. Enstad

Professor II Truls Gundersen

Førsteaman. May-Britt Hägg (permisjon)

Førsteaman. Vidar Mathiesen

Førsteaman. Mladen Ječenić

Førsteaman. Paal Chr. Friberg

### **Avhandling**

Avhandlingen vil normalt ha tilknytning til de forsknings- og utviklingsarbeider som foregår ved instituttet og samarbeidspartneren Tel-Tek. For tiden arbeides det innenfor forsknings-områdene:

- Pulverteknologi
- Strømningsprosesser
- Prosessintegrasjon
- Prosessutstyr
- Membranteknologi
- Kjemometri

### **Pulverteknologi**

Hovedaktivitetene i inneværende år er:

- Pulverflyt i siloer
- Simulering av gass/faststoff strømning og eksperimentell verifisering
- Utvikling av metoder og instrumenter for karakterisering av pulver
- Pneumatisk transport
- Segregering
- Kontinuerlig blanding
- Vindsikting
- Homogenisering
- Luftrenner
- Avstøving

### **Strømningsprosesser**

Arbeidet innenfor dette området er innrettet mot CFD-analyser (Computational Fluid Dynamics) av strømningsprosesser som er relevante for prosessindustrien. Dette innebærer utvikling av metoder, modeller og programvare sammen med eksperimentell verifisering. Tema for avhandlingen kan være studie av strømningsmønstre, blanding, varme- og masse-transport, kjemisk reaksjon og flerfase prosesser innenfor reaktorer og prosessenheter eller studie av spredning, eksplosjoner og branner i forbindelse med gassfareanalyser.

### **Prosessintegrasjon**

Systematiske og generelle metoder for design av integrerte prosessanlegg med spesiell vekt på effektiv bruk av energi og å redusere miljømessige effekter.

Mer spesifikt studeres reaktorsystemer, separasjonssystemer (særlig destillasjon), varmevekslernetverk og utilitysystemer (herunder betraktninger omkring mekanisk og termisk energi). På metodesiden benyttes og videreutvikles termodynamisk baserte metoder som er kjent under begrepet Pinch Analyse, optimaliseringsteknikker så som Matematisk Programmering og den mer klassiske Eksergianalyse.

Det er et nært samarbeid med Institutt for Kjemiteknikk ved NTNU på området Dataassistert Kjemiteknikk, hvor to hovedtemaer er (1) optimal utforming av kjemiske prosessanlegg, og (2) regulerbarhet av integrerte kjemiske prosessanlegg. Det er også nært samarbeid med Institutt for termisk energi og vannkraft ved NTNU innen Prosessintegrasjon.

### **Prosessutstyr og flerfasestrømning**

Forskningsaktiviteten er hovedsakelig rettet mot

- CFD simulering
- Flerfase strømning
- Kjemiske reaktorer
- Varmeteknisk utstyr
- Roterende maskineri
- Rørsystemer

Forskningen er både basert på eksperimentalstudier og teoretiske analyser. Moderne måleteknikker, f.eks. laserteknikk og gammamåling anvendes. Numeriske verktøy blir anvendt i stor utstrekning for å gjennomføre de teoretiske analysene. For rørsystemer vil analysene ofte være endimensjonale. For annet prosessutstyr blir CFD (Computational Fluid-Dynamics) anvendt, og dermed blir flerdimensjonale effekter bli analysert. Både enfase og flerfase fenomener sammen med kjemiske reaksjoner masse- og varmetransport studeres. Forskningsaktiviteten bidrar til at prosessutstyret blir optimalisert mer energieffektivt, sikrere og utslipp til miljøet blir redusert.

## **Membranteknologi**

Forskningen innen membranteknologi setter i særlig grad fokus på sammenhengen mellom polymere membraners struktur, materialegenskaper, separasjonsegenskaper og holdbarhet. Aktiviteten er sterkt industrirettet og flere prosjekter er knyttet opp mot internasjonalt samarbeid. Områdene for membranforskningen er idag som følger:

- Gass separasjon med polymere materialer; både ved hjelp av tette membraner (løselighet-diffusjons prinsippet), og (micro)porøse membraner anvendt som gassvæske kontaktorer for absorpsjon eller desorpsjonsprosesser. Enkelte prosjekter fokuserer også på membranseparasjon i vandige løsninger.
- Undersøkelser av materialegenskaper hos polymere membraner (strukturelt/kjemisk/- fysikalsk) er en integrert del av membranforskningen (karakterisering og testing av separasjonsegenskaper).
- Prosess simuleringer for (integreerte) membranløsninger og moduldesign

## **Kjemometri (multivariat dataanalyse)**

Forskningen kan både basere seg på eksperimentelle studier - med tilhørende dataanalyse - såvel som metode og softwareutviklings- og implementasjonsoppgaver eller analyse av dataset fra eksterne akademiske samarbeidspartnere, prosjektpartnere eller fra industri-sponsorer (dr.ing. stipendier).

Kjemometrisk FoU omfatter for tiden (1999-2000) emner innen:

- Teknologisk anvendt kjemometri
- Videregående multivariat kalibrering
- Akustisk kjemometri
- Multivariat bildeanalyse (MIA/MIR)
- Multivariat teksturbeskrivelse (Mix)
- AMT (Angle Measure Technique)
- Parallele koordinater
- PPM (Plant-wide Process Monitoring)
- 3-way data decomposition (N-way)

Arbeidet er organisert i "Kjemometrisk Forskningsgruppe" som består av alle aktive doktorgrads- og hovedoppgavestuderende med felles - i tillegg til individuell kjemometrisk veiledning.

## **INSTITUTT FOR PROSESSAUTOMATISERING**

Professor Saba Mylvaganam  
Førsteaman. David Di Ruscio  
Førsteaman. Svein Thore Hagen  
Førsteaman. Bernt Lie  
Førsteaman. Rolf Ergon  
Førsteaman. Magne Waskaas

## **Avhandling**

Avhandlingen vil normalt ha tilknytning til de forsknings- og utviklingsarbeider som foregår ved instituttet. For tiden arbeides det innenfor områdene:

- Systemidentifikasjon
- Prosessregulering
- Feildeteksjon/operatørstøtte
- Prosessmåleteknikk og sensorikk

## **Systemidentifikasjon**

Metoder for identifikasjon av dynamiske systemmodeller ut fra registrerte inn-ut-signaler, og anvendelse av slike modeller i industriell sammenheng.

Multivariat kalibrering av dynamiske systemer, dvs. metoder for estimering av ikke-målte eller sjelden målte prosessvariabler, typisk produktkvaliteter, vha. systemidentifikasjon, og anvendelse av slike metoder i industriell sammenheng.

## **Prosessregulering**

Arbeidet omfatter modellering av prosesser i kjemisk og fysikalsk industri, og anvendelse av moderne reguleringsteori til å styre disse.

- Utvikling av dynamiske modeller for prosesser og prosessavsnitt
- Modelltilpasning
- Multivariabel og ulineær modellbasert regulering
- Desentralisert regulering
- Robust regulering

## **Feildeteksjon/operatørstøtte**

Området omfatter:

Feildeteksjon av dynamiske prosesser:

- matematisk og regelbasert modellering av sammenhenger mellom prosessens tilstands-variable og kvalitetsparametre
- estimeringsteknikk og kunnskapsbaserte metoder for deteksjon av feil i prosess, måle-utrustninger, styresystem eller operatørfeil

Operatørstøttesystemer

- rådgiving til operatør basert på måling, estimering, kunnskapsregler og utstyrsdatabase
- operatør - prosess - kommunikasjon

## **Prosessmåleteknikk og sensorikk**

Prosessmåling er viktig for optimal regulering og overordnet styring i industrielle prosesser.

Emnet inneholder integrering av kunnskaper rundt sensor, signaler, modell, system, datalogging, programmering og presentasjon (som vi kaller S2MSDP2 vinkling i prosessmåling og sensorikk) av måledata hvor fokus blir på dagens kunnskapsnivå. Innenfor emneområdet skal også mikrosensorikk få sin plass på grunn av fremragende utvikling i de siste årene som også har ført til industrielle anvendelser.

Automatisering, integrering, forstyrrelser, feil-deteksjon og –registrering samt fjernmålesystemer og datainnhenting er en del av stikkordene tilknyttet prosessmåling. For å ha den nødvendige bredde, betraktes medisinske målinger som en del av overvåking av fysiologiske prosesser og vi er åpne for bidrag av kunnskaper fra denne teknologi innenfor emnets omfang.

Aktuelle FoU-aktiviteter/satsningsområder:

Mikrosensorikk i prosessindustrier, Gassdensitetsmåling og deteksjon gasslekkasje, Multi-Sensor Data Fusion (MSDF), Måling og analyse av miljøparametre, Multi-Interface nivåmåling vha. MSDF, Hydroykloner – måling for optimal styring, Dielektrisk spektroskopi, Mikrobølge-, optikk- og ultralydteknologi, MSDF i medisin, Mikrosensorikk, Tverrfaglig samarbeid og Forsøk med nye læringsmetoder og samarbeid med miljøer som jobber med nye læringsmetoder.

## **INSTITUTT FOR MILJØTEKNOLOGI**

Professor Rune Bakke  
Professor Dag Bjerketvedt  
Professor Knut L. Seip (permisjon)  
Professor Il Are Mjaavatn  
Førsteamanuensis Randi T. Holta

### **Avhandling**

Avhandling vil normalt ha tilknytning til de forsknings- og utviklingsarbeider som foregår ved instituttet. For tiden arbeides det innenfor fire hovedområder og med generell økologi som et felles område for mange av delaktivitetene:

- Renseteknologi
- Økologi- og livsløsanalyser
- Forbrenning og energiteknikk
- Kost/nytteanalyser - økologisk modellering

### **Renseteknologiområdet omfatter:**

- prosessutvikling for vann- og avløpsrensing
- modellering av renseprosesser og restproduktteknologi
- implementering av bioprosesser i ulike industrielle sammenhenger

### **Forbrennings energiteknikkområdet omfatter:**

- gasssekspløsjoner/teknisk sikkerhet
- alternative brensel/energigjenvinning/hydrogen
- miljøkonsekvenser ved forbrenning

### **Kost/nytte - økologisk modelleringsområdet omfatter:**

- beslutning under sikkerhet
- kost/nytteanalyser
- verdsetting av miljøgoder
- ikke-lineær prosessbeskrivelse/chaosteorier

### **Generell økologi - livsløpsanalyser området omfatter:**

- generell økologi, spesielt akvatisk økologi
- "sunnhetsparametere" for økologiske systemer
- livsløpsanalyser

### **Industriell termodynamikk omfatter:**

- algoritmer for beregning av termodynamiske likevekter i f.eks. olje/gass, mineralgjødning, saltmelter, vandige systemer og forbrenningsgasser.
- kalorimetrisk undersøkelse av væsker og faste stoffer i temperaturområdet 50-500°C (bestemmelse av fordampningsvarme, reaksjonsvarme og varmekapasitet).
- fysikalsk modellering av komplekse blandinger som f.eks. saltmelter og faste løsninger.
- prosessimulering med hovedvekt på løsning av koblede masse- og energibalanser.
- innhenting/beregning/estimering av fysikalske og termodynamiske egenskaper for rene stoffer og blandinger.



## **MASSE- OG VARMETRANSPORT I PROSESSUTSTYR**

### **Mass- and Heat Transfer in Process Equipment**

Faglærer: Professor Morten Chr. Melaaen  
Uketimer: Vår: 4F- 4Øs- 8D = 20Bt/4Vt  
Øvinger: F Karakter: TE

Emnet undervises annet hvert år, neste gang våren 2002. Det forutsettes kunnskap tilsvarende HiT fagene "Prosessutstyr og -modellering", "Analyse av strømningsprosesser". Matematisk modellering av forskjellige typer prosessutstyr blir gjennomgått. Sentralt er modellering av varmeteknisk utstyr, kjemiske reaktorer, roterende maskineri og rørsystemer. Både enfase og flerfase, laminær og turbulent strømming med og uten kjemiske reaksjoner studeres. Modellene inkluderer energitransport ved konduksjon, konveksjon og stråling. Løsning av de matematiske modellene ved hjelp av numeriske teknikker (CFD, Computational Fluid Dynamics) blir presentert og det legges vekt på anvendelse av disse teknikkene på industrielt viktig prosessutstyr. Behandling av komplisert geometri ved bruk av kurvelineære koordinater blir gjennomgått. Datamaskinkoder tilgjengelig brukes i undervisningen og i øvingene.  
Frivillige øvinger. Noen med bruk av datamaskin.

Pensumlitteratur:  
Forelesningsnotater og utvalg fra bøker og tidsskriftartikler.

## **FORNYBARE RESSURSER**

### **Renewable Resources**

Faglærer: Professor Knut L. Seip  
Uketimer: Vår: 4F- 4Øs- 8D = 20Bt/4Vt  
Øvinger: F Karakter: TE

Emnet undervises som et seminar over matematisk bioøkonomi og høsting av fornybare ressurser. Emnet inneholder: elementær populasjonsdynamikk, økonomiske modeller for høsting av fornybare ressurser, optimal kontroll teori, tilbud og etterspørsel, teorier for regulering av ressurser, modeller for samvirke mellom flere arter. Emnet undervises ikke i 2001 pga. permisjon for faglærer.

Pensumlitteratur:  
Colin W. Clark: 1990. Mathematical bioeconomics. The optimal management of renewable resources. Wiley - Interscience. Tom Tientenberg: 1992. Environmental and natural resource economics. Harper Collins.  
Tidsskriftartikler.

## **VIDEREGÅENDE MULTIVARIAT DATA ANALYSE**

### **Advanced Multivariate Data Analysis**

Faglærer: Professor Kim H. Esbensen og gjesteforelesere  
Uketimer: Vår: 2F- 2Øs- 4D = 10Bt/2Vt  
Øvinger: Etter behov Karakter: TE

Emnet gis annet hvert år, neste gang våren 2002. Emnet forutsetter grunnleggende kunnskaper innen multivariat dataanalyse: PA3994 & PA4094 (HIT) el. likn. Emnet omfatter utvalgte emner innen (men ikke nødvendigvis begrenset til):

- Multivariat kalibrering - videregående teori
- Akustisk kjemometri
- Multivariat bildeanalyse (MIA) - Multivariat bilderegresjon (MIR)
- Multivariat teksturbeskrivelse (MIX)
- AMT (Angle Measure Technique)
- Parallele koordinater





Pensumlitteratur:  
Utvalg fra bøker og tidsskrifter.

## **LINEÆR SYSTEMTEORI** **Linear System Theory**

Faglærer: Førsteaman. Bernt Lie  
Uketimer: Høst: 4F- 3Øs- 5D = 16Bt/3Vt  
Øvinger: O Karakter: TE

Emnet forutsetter gjennomførte emner i lineær algebra og grunnleggende reguleringsteknikk. Emnet tar sikte på å gi en innføring i videregående teori for lineære multivariable systemer med utgangspunkt i tilstandsrombeskrivelse, matrisebrøkbefskrivelse, og oversikt over geometrisk teori. Det legges vekt på bevis for de ulike resultater, Emner er (i) Løsning av ikke-autonome lineære multivariable tilstandsrommodeller (tidsvariante og –invariante). Systemer med kontinuerlig og diskret tid betraktes; (ii) Stabilitet for multivariable systemer, inklusive inn-ut stabilitet, intern stabilitet, og bruk av Lyapunovs andre metode for stabilitetsanalyse; (iii) Styrbarhet av lineære systemer; bruk av styrbarhetsmatrise, Gramian, og Popov-Belevitch-Hautus metode. Tilsvarende metoder for oververbarhet. Kalman-dekomponering (kanonisk dekomponering) av lineære systemer. Kalman-dekomponering og transfermatrise; (iv) Matrisebrøk-beskrivelse, koprime matriser. Lineær algebraformulering av koprime matriser, og numeriske metoder for løsning av slik formulering. Minimal realisering, realisering fra Markov-parametre. Ulike kanoniske realiseringer; (v) Tilstandstilbakekopling og tilstandsestimering. Regulering og følgesystemer. Observere. Tilbakekopling fra estimerte tilstander; (vi) Regulatordesign fra matrisebrøkbefskrivelse. Polplassering, regulering og følgesystemer. Implementerbare transferfunksjoner. Modell matching, og lineær algebraformulering av regulatordesign. Nullpunkter og regulatorytelse; (vii) Oversikt over geometrisk teori. Invariante underrom og regulerte invariante underrom. Styrbarhet og detakterbarhet. Forstyrrelsesdekopling og ikke-samvirkende regulering. Det gis en obligatorisk datamaskinøving, og frivillige regneøvinger.

Pensumlitteratur:  
C-T. Chen: Linear SYstem Theory and Design, 3<sup>rd</sup> edition, Oxford University Press, 1999, S. 1-318.  
W.J. Rugh: Linear System Theory, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993, S. 124-215, S. 258-348.

## **SYSTEMIDENTIFIKASJON** **System Identification**

Faglærer: Dr.ing. Førsteaman. David Di Ruscio  
Uketimer: Vår: 3F- 3Øs- 6D = 15Bt/3Vt  
Øvinger: O Karakter: TE

Mål: Emnet tar sikte på å gi en grundig innføring av metoder for systemidentifikasjon med hovedvekt på underromsbaserte metoder. Dette er direkte metoder som i stor grad er basert på projeksjonsteori og numerisk robuste metoder fra lineær algebra. Disse metodene vil bli studert i sammenheng med de iterative og klassiske metodene for systemidentifikasjon, dvs. prediksjonsfeil metoder, instrumentelle variable metoder og maksimum likelihood metoden, osv. Emnet kan sees på som en brobygging mellom teoriene for systemidentifikasjon av dynamiske systemer og teorier for statistisk og multivariat dataanalyse og modellering.

Innhold: Emner innen lineær algebra, så som QR dekomposisjon, SVD og projeksjonsteori. Otogonale og oblique-projeksjoner. Regularisering og regresjonsmetoder som prinsipal komponent analyse og regresjon (PCA, PCR) samt partial least squares (PLS). System- og realiseringsteori for dynamiske og lineære stokastiske systemer. Indirekte og direkte metoder for underromsbasert systemidentifikasjon. Sentrale metoder som CVA, ROBUST-N4SID, MOESP og DSR. Identifikasjon av systemorden.

Identifikasjon i lukket sløyfe-systemer. Utvidelse til bilineære systemer. Rekursive metoder. Optimalitet og egenskaper ved metodene. Prediksjonsfeil metoder, instrumentelle variable metoder, maksimum likelihood metoden.

Undervisningsform: Forelesninger og øvinger. Det vil bli gitt en prosjektoppgave.

Pensumlitteratur:

Utvalgte emner fra følgende bøker og artikler.

Lærebøker:

Peter van Overschee, Bart De Moor: Subspace Identification for Linear Systems – Theory Implementation Applications. Kluwer Academic Publishers, pp 1-222, 1996.

Ljung, L.: System Identifikasjon: Theory for the User, Prentice Hall, PTR, 1999.

Tidsskriftartikler:

David Di Ruscio: A Method for Identification of combined Deterministic Stochastic Systems. Application of Computer Aided Time Series Modeling, pp 181-235, 1997.

David Di Ruscio: The Partial Least Squares Algorithm; A Truncated Cayley-Hamilton Series Approximation used to Solve the Regression Problem. Modeling, Identification and Control, Vol. 19, 3, pp 117-140, 1998.

David Di Ruscio: Recursive Implementation of a Subspace Identification Algorithm-RDSR. Nordic Process Control Workshop, pp 1-7, 1996.

David Di Ruscio: On Subspace Identification of the Extended Observability Matrix. Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control, pp 1-18, 1997.

Wallace E. Larimore: Order-recursive Factorization of the Pseudoinverse of a Covariance Matrix. IEEE Transactions on Automatic Control. Vol. 35, No. 12, pp 1299-1303, 1990.

Wallace E. Larimore: System Identification, Reduced-order Filtering and Modeling via Canonical Variate Analysis. Proceedings American Control Conference, pp 445-451, 1983.

Wallace E. Larimore: Canonical Variate Analysis in Identification, Filtering and Adaptive Control. Proceedings of the 29<sup>th</sup> Conference on Decision and Control, Honolulu, Hawaii, pp 596-602, 1990.

Hirotsugu Akaike: Canonical Correlation Analysis of Time Series and the use of an Information Criterion. System Identification: Advances and Case Studies, Academic Press, 1976, pp 27-93.

Pierre L. Faurre: Stochastic Realization Algorithms. System Identification: Advances and Case Studies, Academic Press, pp 1-23, 1976.

Debajyoti Pal: Balanced Stochastic Realizations and Model Reduction, Master of Science Thesis, Washington State University, pp 1-50, 1982.

Alle-Jan van Der Veen: Subspace-Based Signal Analysis Using Singular Value Decomposition. Proceedings of the IEEE, Vol. 81, No. 9, pp 1277-1308, 1993.

Mats Viberg: Subspace-based Methods for the Identification of Linear Time-invariant Systems. Automatica, Vol. 31, No. 12, pp 1835-1851, 1995.

Peter van Overschee, Bart De Moor: Closed Loop Subspace System Identification. ESAT/SISTA report, pp 1-27, 1996.

Michel Verhaegen: Application of a Subspace Model Identification Technique to Identify LTI Systems Operating in Closed-loop. Automatica, Vol. 29, No. 4, pp 1027-1040, 1993.

B.L. Ho, R.E. Kalman: Effective Construction of Linear State-variable Models from input/output Functions. Regelungstechnik, pp 545-548, 1966.

Y.M. Cho, G. Xu, T. Kailath: Fast Recursive Identification of State Space Models via Exploitation of Displacement Structure. Automatica, Vol. 30, No. 1, pp 45-59, 1994.

M. Verhaegen: Identification of the Deterministic Part of MIMO State Space Models given in Innovations Form from Input-Output Data. Automatica, Vol. 30, No. 1, pp 61-74, 1994.

Peter van Overschee, Bart De Moor: N4SID: Subspace Algorithms for the Identification of Combined Deterministic-Stochastic Systems. Automatica, Vol. 30, No. 1, pp 75-93, 1994.

W. Favoreel, B. De Moor, P. Van Overschee: Subspace Identification of Balanced Deterministic Bilinear Systems subject to White Inputs, Proc. of the European Control Conference (ECC'97), Brussels, Belgium, 1997, pp 1-9.