

Kurs-PM för ESS011

Matematisk statistik och signalbehandling (2017)

Sebastian Jobjörnsson, Karl Granström

17 mars 2017

1 Mål och innehåll för kursen enligt kursplan

Kursdelen syftar till att ge en grundläggande förståelse för matematisk statistik och sannolikhetslära, samt grundläggande förståelse för olika filtertekniker som används vid signalbehandling.

1.1 Mål

Efter fullgjord kurs ska studenten kunna

- redovisa fundamentala begrepp i sannolikhetsläran och tillämpa dem på enkla problem.
- tillämpa ett antal grundläggande statistiska metoder för ett- och tvåstickprovsfallen samt enkel linjär regression och korrelation.
- med sannolikhetslära förklara hur variation spelar en roll i de statistiska tillämpningarna, och hur man tar ställning till hur bra eller "säkra" metoderna är.
- beskriva skillnaderna mellan analog och digital filtrering.
- omsätta signalbehandlingskrav till en filterspecifikation.
- konstruera analoga och digitala filter som uppfyller en given specifikation.
- utföra grundläggande analys av en given filterdesign.
- konstruera ett signalanpassat filter.

1.2 Innehåll

- Viktiga sannolikheteoretiska grundbegrepp som sannolikhetsmått, stokastisk variabel, väntevärde och varians.
- Några elementära statistiska fördelningar som binomial-, Poisson- och normalfördelning.
- Flerdimensionella fördelningar, summor av stokastiska variabler och centrala gränsvärdessatsen.
- Slutledningsteorins tre huvudproblem diskuteras: punktskattning, konfidensintervall och hypotesprövning.
- Minsta kvadratmetoden och dess fördelningsteori studeras med tonvikt på linjär regression.

- Filtertyper och filtertransformering.
- Standardbeskrivning av filter och filterspecifikationer.
- Realisering av analoga filter och implementering av diskreta filter i Matlab.
- FIR-filter, IIR-filter, och Matchat filter.
- Stokastiska signaler.

2 Examination

Kursen examineras genom:

- Godkänd signalbehandlingslaboration. Laborationen utförs i grupp om två studenter i Signaler och Systems kurslaboratorium på våning 5, rum nummer 5225. Anmälan till laborationen görs via hemsidan i PingPong. För att få delta vid själva laborationen och bli godkänd på denna ska förberedelseuppgifterna i labkompendiet vara nöjaktigt lösta och godkända.
 - Laborationerna genomförs under vecka 19
 - * Tisdag 13-17
 - * Onsdag 13-17
 - * Onsdag 17-21
 - * Torsdag 13-17
 Anmälan sker i PingPong.
 - Deadline för inlämning av förberedelseuppgifter: fredag 21 april
- Godkänt signalbehandlingsprojekt. Projektet utförs i grupp om två studenter, och redovisas via inlämning av ett Matlab-program samt ett muntligt förhör.
 - Deadline för inlämning av projekt: fredag 12 maj
- Skriftlig tentamen. Salstentamen på fyra timmar. Tentor från tidigare år finns att tillgå via PingPong. Tentamensdatum (första) för detta år är 29 Maj (eftermiddag, dvs. start 14.00).

3 Lärare

- Sebastian Jobjörnsson, föreläsare statistikdelen
 jobjorns@chalmers.se
 MV-huset, rum L3098
- Jacob Lindbäck, övningsledare statistikdelen
 lindbackjacob@gmail.com
- Karl Granström, föreläsare signalbehandlingsdelen
 karl.granstrom@chalmers.se
 EDIT-huset, rum 7415

- Tomas McKelvey, examinerator
mckelvey@chalmers.se
EDIT-huset, rum 7434

4 Kursmaterial

4.1 Statistik

- Kursbok: *Stokastik för ingenjörer* av Jesper Rydén. Andra upplagan följs under kursen, men första upplagan borde också gå att använda utan problem. Säljs av Cremona.
- Föreläsningssanteckningar för statistikdelen. Läggs ut på PingPong under kursens gång.
- Dokument med övningar: *Kompletterande övningar för ESS011*. Läggs ut på PingPong under kursens gång.
- Igor Rychliks kompendium: *Additional material for ESS011* från föregående år. Tillgängligt via PingPong.
- Datorlab 1: *Fördelningar och slumpvariabler*. Tillgänglig via PingPong.
- Datorlab 2: *Slumptal, slumpsignaler och filtrering*. Tillgänglig via PingPong.

4.2 Signalbehandling

- Kursbok: *Transformer och filter* av Lars Bengtsson och Bill Karlström. Säljs av Cremona.
- Labkompendium Signalbehandling, tillgängligt via PingPong.
- Projektbeskrivning Signalbehandling, tillgänglig via PingPong.
- Föreläsningsslides Signalbehandling, tillgängliga via PingPong.

5 Plan för statistikdelen

5.1 Föreläsningar

Kapitel 1 och 2 i kursboken *Stokastik för ingenjörer* läses på egen hand, lämpligen precis i början av kursen.

Föreläsning 1 Definition och tolkning av utfall, utfallsrum och händelser. Repetition av grundläggande mängdlära. Kolmogorovs axiom för ett sannolikhetsmått. Beräkning av sannolikheter för unioner och snitt av händelser. Beräkning av sannolikheter för komplement till händelser. *Kursbok: kapitel 3.1-3.3.*

Föreläsning 2 Definition av betingad sannolikhet och oberoende händelser, samt kopplingen mellan dessa två begrepp. Bayes formel och lagen om total sannolikhet. *Kursbok: kapitel 3.4-3.6.*

Föreläsning 3 Definition av stokastisk variabel som en funktion på ett utfallsrum. Definition av sannolikhetsfunktionen för en diskret stokastisk variabel och täthetsfunktionen för en kontinuerlig stokastisk variabel. Definition av väntevärde och varians för diskreta och kontinuerliga variabler. Olika fördelningar: Binomialfördelning, Poissonfördelning, Rektangelfördelning, Exponentialfördelning, Normalfördelning. *Kursbok: kapitel 4.1-4.3.*

Föreläsning 4 Några räkneexempel för olika fördelningar. Definition av fördelningsfunktionen för en stokastisk variabel och dess grundläggande egenskaper. Kvantiler. Den empiriska fördelningsfunktionen. *Kursbok: kapitel 4.4-4.5.*

Föreläsning 5 Funktioner av slumpvariabler, med fokus på linjärkombinationer. Oberoende slumpvariabler. Räkne regler för väntevärden och varianser. Medelvärde av oberoende och likafördelade stokastiska variabler. Additionssatser för Normalfördelningen, Binomialfördelningen och Poissonfördelningen. Stora talens lag. Centrala gränsvärdessatsen. *Kursbok: kapitel 5.*

Föreläsning 6 Simulering av en likformig fördelning. Simulering av godtycklig fördelning från likformig genom inversen av en given fördelningsfunktion. Box-Muller metoden för att generera två oberoende normalfördelade variabler.

Föreläsning 7 Kort repetition av Fourierserier för reellvärda signaler. Medeleffekt och periodogram för signaler. Slumpfunktioner (dvs. slumpsignaler) genererade genom att slumpa Fourierkoefficienter. Stationära och normalfördelade slumpfunktioner. *Föreläsningen är tänkt att täcka det material som finns i avsnitt 2 av kompendiet Additional material for ESS011.*

Föreläsning 8 Relationen mellan sannolikhets teori och statistik. Punktskattningar. Skattningar som slumpvariabler, givet parameter värden för en modell. Skattningars statistiska egenskaper: väntevärdesriktighet, medelfel (standard error), konsistens, effektivitet. Kombination av skattningar. Standardmetoder för skattningar: momentmetoden och maximum likelihood. *Kursbok: kapitel 6.*

Föreläsning 9 Hypotestest. Typ I och typ II fel för test. Allmän definition och tolkning av konfidensintervall. Konfidensintervall för väntevärdet av en normalfördelad variabel med känd varians. t-fördelningen. Konfidensintervall för väntevärdet av en normalfördelad variabel med okänd varians. Dualiteten mellan tvåsidiga konfidensintervall och hypotestest. Konfidensintervall för p i en binomialfördelning. Två oberoende stickprov. Ensidiga konfidensintervall. *Kursbok: kapitel 7.*

Föreläsning 10 Introduktion till Bayesiansk statistik. Den Bayesianska tolkningen av sannolikhet i jämförelse med den frekventistiska. Priors och posteriors. Några räkneexempel med konjugerade priors.

Föreläsning 11 Regression, med fokus på enkel linjär regression. Härledning av uttryck för skattning av lutningskoefficient och intercept genom minsta kvadratmetoden. Förklaringsgrad. Residualstudier. Konfidensintervall för parametrar. Prediktion. Kort inledning till multipel regression. *Kursbok: kapitel 8.*

Föreläsning 12 Goodness-of-fit tests. Karl Pearsons Chi2-test, med Wolfs (1882) 20000 tärningskast som exempel. Deviance. Exempel baserat på två olika Poissonmodeller. *Föreläsningen är tänkt att delvis täcka det material som finns i avsnitt 3 av kompendiet Additional material for ESS011.*

5.2 Övningar

KB2 = Kursbok (*Stokastik för ingenjörer*), upplaga 2,

KB1 = Kursbok (*Stokastik för ingenjörer*), upplaga 1,

KÖ = *Kompletterande övningar för ESS011*.

Övning	Tid och plats	Innehåll
1	On 2017-03-22, 15:15-17:00 EL41, EL43	KB2 (KB1): 304 (302), 305 (303), 306 (304), 307 (305), 309 (306), 310 (307), 311 (308), 313 (310), 316 (312).
2	Fr 2017-03-31, 13:15-15:00 EL41, EL43	K2 (KB1): 322 (316), 323 (317). KÖ: Samtliga i avsnitt 1.
3	On 2017-04-05, 13:15-15:00 EL41, EL43	KB2 (KB1): 401 (401), 402 (402), 404 (410), 406 (412), 407 (403), 408 (404), 409 (405), 411 (406).
4	On 2017-04-19, 15:15-17:00 EL41, EL43	KB2 (KB1): 412 (407), 413 (408), 414 (413), 415 (414), 417 (416), 418 (417).
5	Må 2017-04-24, 15:15-17:00 EL41, EL43	KB2 (KB1): 419 (418), 420 (419), 421 (420), 422 (421), 423 (422), 424 (423).
6	On 2017-05-03, 13:15-15:00 EL41, EL43	KB2 (KB1): 501 (501), 502 (503), 504 (505), 505 (506), 507 (508), 509 (502), 510 (510).
7	Må 2017-05-08, 15:15-17:00 EL41, EL43	KB2 (KB1): 511 (511), 513 (513), 514 (514), 515 (515), 516 (516), 519 (518).
8	On 2017-05-10, 13:15-15:00 EL41, EL43	KB2 (KB1): 601 (601), 602 (602), 603 (603), 604 (604), 606 (605), 607 (606). KÖ: Samtliga i avsnitt 2.
9	On 2017-05-17, 08:00-09:45 EL42, EL43	KB2 (KB1): 701 (701), 702 (702), 703 (703), 704 (704), 705 (705), 706 (706), 707 (707), 708 (708), 709 (709), 710 (710), 711 (711), 713 (712, motsvarande, men ej samma), 714 (713).
10	Må 2017-05-22, 15:15-17:00 EL41, EL43	KB2 (KB1): 801 (801), 802 (802), 804 (803), 805 (804), 806 (805), 807 (806), 808 (807). KÖ: Samtliga i avsnitt 3.

5.3 Datorlaborationer

Datorlab 1 och Datorlab 2 (för statistikdelen) är *inte* obligatoriska för kursen, men det rekommenderas ändå att man deltar. Deltagande vid ett labbtillfälle och en korrekt utförd labb ger 1.5 bonuspoäng på tentan. Så totalt erhålls 3 bonuspoäng om man klarar båda labbar.

5.4 Läsanvisningar för *Additional material for ESS011*

- 1. Applications of Bayes formula: Inledningen i avsnitt 1 och hela 1.1 är bra kompletterande läsning till kursboken och föreläsningarna. Odds ingår ej i kursen och avsnitt 1.2 kan därför ses som bredvidläsning.

- 2. Random numbers and functions: Teorin som går igenom i avsnitt 2 behövs för Datorlab 2 och kan därför läsas som komplement till föreläsningarna. Övningarna kan även de vara bra att göra som förberedelse för labben. De kommer inte att gås igenom under övningstillfällena.
- 3. Goodness-of-fit tests - maximum likelihood methods: Hela detta avsnitt täcker material som kommer att gås igenom under föreläsningarna och utgör därför bra komplementläsning. Övningarna är bra att göra om tid finns, men vi kommer förmodligen inte att göra exakt dessa under övningstillfällena.

6 Innehåll i signalbehandlingsföreläsningar

Föreläsning 1 Filtertyper, frekvens- och filtertransformering, faslinjäritet, 2:a ordningens filter, Q-värde.

Rekommenderad läsning: 8.1 – 8.2.4 (Kap 2 Beskrivning av analoga signaler, Kap 4 Beskrivning av analoga system)

Lämpliga övningar, kap 8: 2, 4, 5, 6, 8, 9, 11

Föreläsning 2 Filterspecifikationer, Butterworthfilter, Chebyshevfilter, elliptiska filter

Rekommenderad läsning: 8.2.5

Lämpliga övningar, kap 8: 10, 12, 13

Föreläsning 3 Realisering av analoga filter

Rekommenderad läsning: 8.2.6

Lämpliga övningar, kap 8: 14, 15, 16

Föreläsning 4 Matlab-kommandon, labförberedelse, diskreta system, sampling

Rekommenderad läsning: 8.2.7, Lab-PM

Föreläsning 5 Diskreta filter, filterspecifikation, konstruktion av IIR-filter

Rekommenderad läsning: 8.3 till sid 299 (Kap 5 Diskreta signaler, kap 6 Diskreta system)

Lämpliga övningar, kap 8: 3, 5, 6-9

Föreläsning 6 DFT, konstruktion av FIR-filter, fönstring

Rekommenderad läsning: 8.3 från sid 300 till och med 8.3.5. (Kap 3 Analog Fouriertransform, Kap 7 Diskret Fouriertransform)

Föreläsning 7 Matchat filter, Stokastiska signaler, projektförberedelse, Matlab-kommandon

Rekommenderad läsning: Projektbeskrivning

Lämpliga övningar, kap 8: 10-12

Föreläsning 8 Sammanfattning

Rekommenderad läsning: Huvudsakligen kapitel 8, men även kapitel 2–7 för nödvändig bakgrund.

7 Schema

Vecka	Datum och tid	Plats	Innehåll
12	Må 2017-03-20, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 1, Statistik
	Ti 2017-03-21, 10:00-11:45	HA2	Föreläsning 2, Statistik
	On 2017-03-22, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 3, Statistik
	On 2017-03-22, 13:15-15:00	HB3	Föreläsning 1, Signalbehandling
	On 2017-03-22, 15:15-17:00	EL41, EL43	Övning 1, Statistik
13	Må 2017-03-27, 15:15-17:00	HB3	Föreläsning 2, Signalbehandling
	Ti 2017-03-28, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 4, Statistik
	On 2017-03-29, 13:15-16:00	E-Studion	Datorlab 1, Statistik, grupp 1
	To 2017-03-30, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 3, Signalbehandling
	To 2017-03-30, 13:15-16:00	E-Studion	Datorlab 1, Statistik, grupp 2
	Fr 2017-03-31, 13:15-15:00	EL41, EL43	Övning 2, Statistik
14	Må 2017-04-03, 15:15-17:00	HB3	Föreläsning 4, Signalbehandling
	Ti 2017-04-04, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 5, Statistik
	On 2017-04-05, 13:15-15:00	EL41, EL43	Övning 3, Statistik
	To 2017-04-06, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 6, Statistik
	Fr 2017-04-07, 08:00-09:45	HB2	Föreläsning 5, Signalbehandling
16	On 2017-04-19, 15:15-17:00	EL41, EL43	Övning 4, Statistik
17	Må 2017-04-24, 15:15-17:00	EL41, EL43	Övning 5, Statistik
	Ti 2017-04-25, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 7, Statistik
	On 2017-04-26, 13:15-16:00	E-Studion	Datorlab 2, Statistik, grupp 1
	To 2017-04-27, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 6, Signalbehandling
	To 2017-04-27, 13:15-16:00	E-Studion	Datorlab 2, Statistik, grupp 2
18	Ti 2017-05-02, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 7, Signalbehandling
	On 2017-05-03, 13:15-15:00	EL41, EL43	Övning 6, Statistik
19	Må 2017-05-08, 15:15-17:00	EL41, EL43	Övning 7, Statistik
	Ti 2017-05-09, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 8, Statistik
	Ti 2017-05-09, 13:15-17:00		Labtid, Signalbehandling
	On 2017-05-10, 13:15-15:00	EL41, EL43	Övning 8, Statistik
	On 2017-05-10, 13:15-17:00		Labtid, Signalbehandling
	On 2017-05-10, 17:15-21:00		Labtid, Signalbehandling
	To 2017-05-11, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 9, Statistik
	To 2017-05-11, 13:15-17:00		Labtid, Signalbehandling
20	Må 2017-05-15, 15:15-17:00	HB3	Föreläsning 10, Statistik
	Ti 2017-05-16, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 11, Statistik
	On 2017-05-17, 08:00-09:45	EL42, EL43	Övning 9, Statistik
	To 2017-05-18, 10:00-11:45	HB3	Föreläsning 12, Statistik
	Fr 2017-05-19, 08:00-09:45	HB3	Föreläsning 8, Signalbehandling
21	Må 2017-05-22, 15:15-17:00	EL41, EL43	Övning 10, Statistik
	Ti 2017-05-23, 10:00-11:45	HB3	Gamla tentor och frågor
	On 2017-05-24, 13:15-15:00	HB3	Gamla tentor och frågor
	On 2017-05-24, 15:15-17:00	EL42	Gamla tentor och frågor