



LUND UNIVERSITY

Bayesian Inference for Nonlinear Dynamical Systems

Applications and Software Implementation

Nordh, Jerker

2015

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Nordh, J. (2015). *Bayesian Inference for Nonlinear Dynamical Systems: Applications and Software Implementation*. [Doctoral Thesis (compilation), Department of Automatic Control]. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology, Lund University.

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



LUNDS
UNIVERSITET

Gör bättre gissningar!

Jerker Nordh

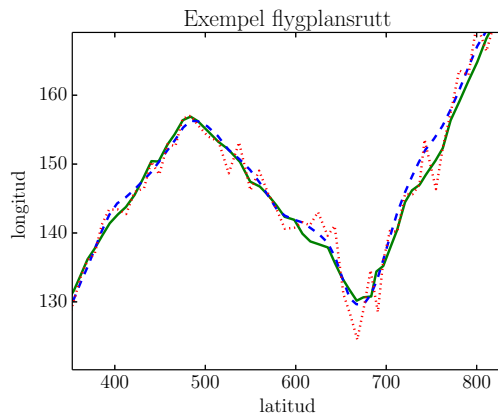
Institutionen för Reglerteknik

Populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen *Bayesian Inference for Nonlinear Dynamical Systems — Applications and Software Implementation*, juni 2015. Avhandlingen kan laddas ner från www.control.lth.se/publications.

Det finns i många sammanhang ett behov av att uttala sig om någon okänd storhets värde utan att det direkt går att mäta det som är av intresse. Ett klassiskt exempel är radarsystem som försöker spåra hur flygplan rör sig. De kan typiskt sett mäta i vilken ungefärlig riktning ett flygplan befinner sig sett från radarstationen, och det ungefärliga avståndet. Ingen av mätningarna är dock exakt då de är utsatta för diverse störningar och brus. Att därför bara använda mätningarna för att uttala sig om hur flygplanet rör sig kommer att resultera i en väldigt konstig, och orimlig, gissning av flygplanets rörelse. En sådan gissning kommer typiskt att påstå att flygplanet, utöver den raka bana det rört sig längs med, även skuttar framåt, bakåt och i sidled, en omöjlig rörelse för alla som är insatta i hur flygplan beter sig. Det är därför av intresse att kombinera mätningar med den kunskap som existerar om hur flygplan rör sig.

Den typ av problem som beskrevs i föregående stycke är inte unikt för radar och spårning av flygplan, utan precis samma typ av problem dyker upp vid till exempel mätning av insulin-nivåer hos diabetespatienter, eller vid analys av aktiekurser på börser. Vi fortsätter dock med ett exempel baserat på flygplan och radar. Bilden till höger visar hur ett tänkt flygplan har flugit genom ett område som radar-övervakas.

Den gröna linjen är flygplanets faktiska bana, linjen med röda punkter visar



positionen som fås genom att använda mätningar från radar-systemet. Som synes så ger det senare en bana för flygplanet som är hackig och fylld med små hopp. Detta är inte rimligt, men kombineras mätningarna med en modell som säger att flygplanet inte kan ändra hastighet momentant så får man istället den blå streckade linjen som gissning för hur flygplanet har rört sig. Som synes är det mycket närmre den verkliga banan än den gissning som enbart utgick från mätningarna.

För att sammanfatta innehållet i avhandlingen kan vi nu bryta ner titeln *Bayesian Inference for Nonlinear Dynamical Systems*, i sina beståndsdelar.

Vi börjar med *inference*, inferens på svenska, vilket är ett ofta använt ord inom statistik som syftar på att ta fram information från data.

Bayesian, eller bayesiansk, betyder kombinationen av information från data med tidigare kunskaper, som till exempel hur ett flygplan rör sig som i vårt tidigare exempel.

Dynamical Systems, dynamiska system, är en typ av matematiska modeller som typiskt dyker upp när vi ska beskriva vår fysiska värld. De innebär att om det finns information om ett objekts tillstånd i ett ögonblick så kan man utifrån dessa räkna ut det framtida beteendet. Ett exempel kan här vara en bil som kör på motorvägen; vet vi dess position och hastighet i ett givet ögonblick kan vi använda det för att räkna ut var bilen kommer att befinna sig en liten stund senare. Bilen är alltså ett exempel på ett dynamiskt system med egenskaperna position och hastighet. I det här fallet måste man då givetvis också veta vilka externa faktorer som påverkar systemet, till exempel hur mycket gas föraren ger fordonet samt vägens beskaffenhet.

Nonlinear, olinjära, är en matematisk term som definierar typen av modell, som lättas förklaras av motsatsen som är linjär. Man kan sammanfatta det med att linjära dynamiska system är ett välstuderat område där det finns trevliga matematiska härledningar och bevis för det mesta av intresse. Olinjära system tillåter oftast inte den typen av matematiska lösningar som används för de linjära systemen, därför används istället ofta datorer för att hitta ungefärliga lösningar till dessa problem.

Denna avhandlingen består alltså av två delar, den första handlar om utvecklandet av en datormjukvara för att beräkna den typ av ungefärliga lösningar som behövs för denna krävande typ av matematiska modeller. Detta är användbart eftersom det underlättar för t.ex. forskare med behov att använda denna typ av metoder. Forskarna kan dra nytta av dessa statistiska metoder utan att behöva lägga tid på att lära sig detaljerna, de undviker även att behöva skriva och felsöka mjukvara eftersom stora delar av arbetet då finns färdigt att återanvända. Den andra halvan av avhandlingen handlar om att tillämpa dessa metoder på ett par olika praktiska problem, där lösningarna tas fram med mjukvaran som beskrivits i den första delen.