Statistik möter datavetenskap
- erfarenheter från Linköpings universitet

Mattias Villani

Avdelningen för statistik och maskininlärning
Institutionen för datavetenskap
Linköpings universitet

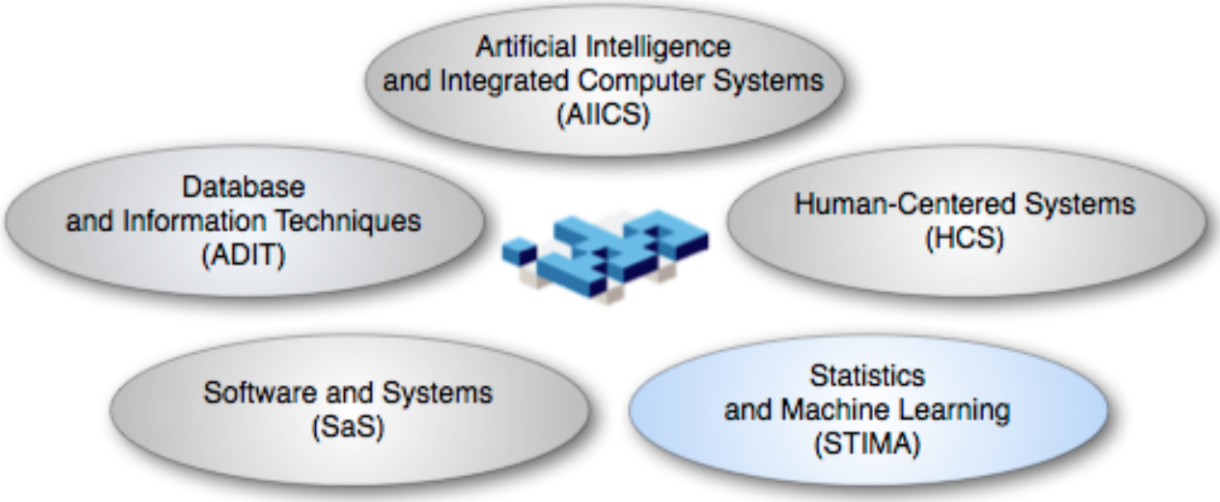
Översikt

- Organisation
- Undervisning
- Forskning

Slides: https://github.com/mattiasvillani/Talks/raw/master/MatStat.pdf

Statistikämnet tillhör datavetenskaplig institution

- **Avdelningen för statistik och maskininlärning** är sedan 2008 en av fem avdelningar vid institutionen för datavetenskap.



- *Frontiers in Massive Data Analysis (US National Research Council):*

  *"**Computer scientists** involved in building big-data systems must develop a deeper awareness of inferential issues, while **statisticians** must concern themselves with scalability, algorithmic issues, and real-time decision-making."*

Masterprogrammet Statistics and Machine Learning

- 2-årigt internationellt **masterprogram i statistik** med start 2008.
- **Studenter** från statistik, datavetenskap, ingenjörsvetenskaper, tillämpad matematik.
- Tidigare: större inslag av data mining och databaskurser från andra avdelningar.
- Under senare år mer **probabilistiska modeller** och **likelihoodbaserade metoder**.
- **Prediktivt fokus**.
- **Programmering**. **Datorlaborationer** och **datortentor**.
- Kurser samläses med **masterprofil inom AI och Maskininlärning på ingenjörsprogram**.

Kurs: Sannolikhetslära och statistik, 6 hp

- **Grundläggande kurs** i Sannolikhetslära och statistik för **ingenjörer**.
- Sannolikhetslära + Inferens + **Prediktion** + **Beslut**
- Både **frekventistisk** och **Bayesiansk inferens**
- Tre **rejäla datorlaborationer**. Simulering för att förstå teorin.
- **Exempel från maskininlärning/AI** från dag 1 för motivationen.
- Kurssida:
  `https://www.ida.liu.se/~TDAB01/info/courseinfo.sv.shtml`.

Machine learning, 9 hp

- Avancerad nivå.
- Bred översiktskurs.
- Moment:
  - Basic Concepts in Machine Learning
  - Regression, Regularization and Model Selection
  - Classification Methods
  - Dimensionality Reduction and Uncertainty Estimation
  - Kernel Methods and Support Vector Machines.
  - Neural Networks and Deep Learning
  - Model Inference and Variable Selection
  - Ensemble Methods and Mixture Models
  - Online Learning
  - Splines and Additive Models
  - High-Dimensional Problems
- Kurssida:
  `https://www.ida.liu.se/~732A95/info/courseinfo.en.shtml`.

Bayesian learning, 6 hp

- Avancerad nivå.
- **Fyra moment**:
  - The Bayesics
  - Bayesian Regression and Classification
  - Bayesian Computations: MCMC and Variational Bayes
  - Model Inference and Variable Selection
- **Bayesiansk inferens** passar ML:
  - **Prediktion** och **beslut** på ett naturligt sätt
  - **Simuleringsvänligt** (MCMC etc)
  - **Regularisering** av flexibla icke-linjära modeller via mjukhetspriors
- Kombinerad **dator- och papperstenta**.
  - Tenta i datorsal, med speciellt mjukvarusystem för datortenta.
  - 3/4 löses med dator, 1/4 löses med papper och penna.
  - Studentens labbrapporter finns tillgängliga under tentan.
- Kurssida: `https://www.ida.liu.se/~732A91/info/courseinfo.en.shtml`.

Advanced Machine learning, 6 hp

- Avancerad nivå.
- Djupdykning i mindre antal probabilistiska modeller. Bayes.
- Moment:
  - Hidden Markov Models
  - State Space Models
  - Graphical Models and Bayesian Networks
  - Gaussian Process Regression and Classification
- Kurssida: https://www.ida.liu.se/~732A96/info/courseinfo.en.shtml.

Gaussiska processer för ML

- Bok: **Gaussian Processes for Machine Learning** (Rasmussen-Williams).

- Innehåll:
  - Resultat om **multivariat normal** (täthet, marginella och betingade fördelningar, linj.transf).
  - **Definition Gaussisk process** (GP) som sannolikhetsfördelning över funktioner.
  - **Regression** med GPs
  - **Klassifikation** med GPs
  - **Probabilistisk optimering** med GPs.
  - Numeriskt stabil implementation av GPs.
  - **Skalbara GPs** för stora datamängder

Text Mining, 6 hp

- Avancerad nivå.
- Samarbete mellan STIMA, datorlingvistik och databasgruppen.
- Hela pipelinen:
  - **web-scraping**
  - **linguistisk pre-processing**
  - **probabilistisk modellering**.
- Moment:
  - Information Retrival
  - Natural Language Processing
  - Statistical Analysis of Textual Data
- Kurssida: https://www.ida.liu.se/~732A92/courseinfo.en.shtml.

Forskning

- Grundtema:
  - statistisk analys baserat på **sannolikhetsmodeller**
  - med fokus på **prediktion** och **beslutsfattande**
  - genom **effektiva skalbara beräkningar** för
  - **stora komplexa datamängder**.

- Ex på STIMA-publikationer under senaste två åren:
  - *Journal of Computational and Graphical Statistics* (3 st)
  - *Journal of Machine Learning Research*
  - *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*
  - *Journal of the American Statistical Association*
  - *Annals of Applied Statistics*
  - *Proceedings of National Academy of Sciences* (*PNAS*) (2 st).
  - *NeuroImage* (3 st)
  - *Human Brain Mapping*

Övrig forskningsverksamhet inom ML

- STIMA leder **IDA Machine Learning Research Group** vid institutionen för datavetenskap (IDA).
  `https://liu.se/machinelearning/`
- **IDA Machine Learning Seminars**. STIMA-ledd internationell månatlig seminarieserie i maskininlärning med världsledande forskare. `https://liu.se/machinelearning/seminars`
- **LiU Seminars in Statistics and Mathematical Statistics**. Gemensam seminarieserie tillsammans med MatStat.
- **AI, Autonomous Systems and Software Program** (**WASP**).
  - **WASP-doktorand**. *Bayesian Learning for Spatio-Temporal Models in Transportation.*
  - **WASP-doktorand.** *Methods for Scalable and Safe Robot Learning*.
  - **WASP industridoktorand** tillsammans med Ericsson Research. *Machine Learning for 5G System – Control and Automation*.
- Medlem av styrelsen för **Nationellt Superdatorcentrum**.

Vad krävs för att närma sig ML? Vill vi?

- Statistiker måste vara **genuint intresserade** av skalbara beräkningar och algoritmer (och inte bara av AI-miljarder).
- **Helhetssyn** på
  - sannolikhetsmodeller
  - inferens
  - **prediktion** och **beslut**
  - **skalbarhet** och **beräkningseffektivt**.
- **Forskningsverksamhet** inom computational statistics och maskininlärning. ML-tillämpningar i undervisning.
- **Behålla vår statistiska integritet**, men stå ut med att hoppa över vissa eleganta härledningar. Inte alla egenskaper måste utforskas.
- Mer fokus på **prediktiv inferens**, mycket mindre på hypotesttest och deras asympotiska egenskaper.
- **Ett bayesiansk perspektiv** underlättar.