



Hitta positionen med hjälp av magnetfält!



UPPSALA
UNIVERSITET

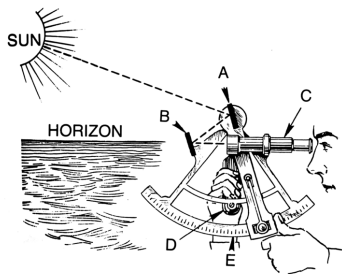
Niklas Wahlström

Avdelningen för systemteknik
Institutionen för informationsteknologi
Uppsala universitet

Email: niklas.wahlstrom@it.uu.se

Standardtekniker för positionering

- Astronomisk navigering



Källa: Pearson Scott Foresman

- Satellitnavigering

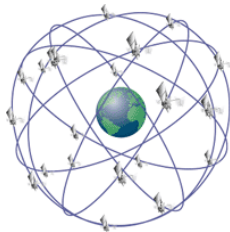


Foto: NASA



Standardtekniker för positionering

- Radar

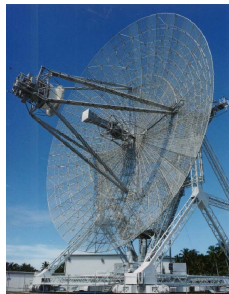
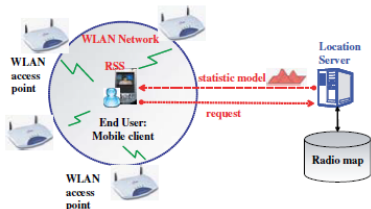


Foto: US army

Standardtekniker för positionering

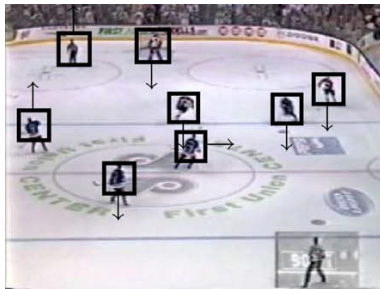
- Wi-Fi-baserade system



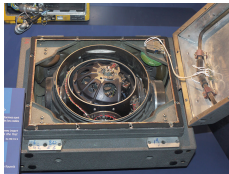
Ivanov, S., Nett, E., Schemmer, S. **Automatic WLAN localization for industrial automation** *IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing*, 2009.

Standardtekniker för positionering

- Kamerabaserade system



Lu, W.-L., Okuma, K. and Little, J. J. **Tracking and Recognizing Actions of Multiple Hockey Players using the Boosted Particle Filter.** *Image and Vision Computing*, 27(1–2):189–205, 2009.



Källa: wikipedia

- Tröghetsnavigering

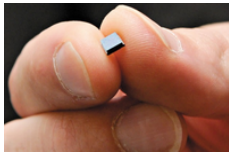


Foto: <http://theenergycollective.com/>

Magnetometer

En magnetometer är en sensor som **mäter magnetfält**

Fördelar med magnetometrar

- Billiga sensorer
- Små sensorer
- Låg energikonsumption
- Ej väderberoende



Magnetometrar för navigering/positionering

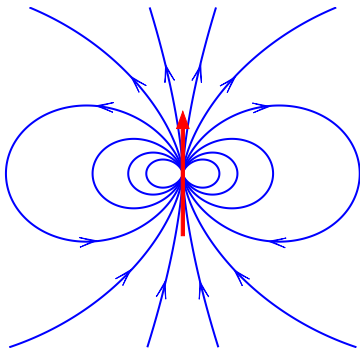
1. **Vanligt användningsområde:** Magnetometer mäter **riktning** relativt det lokala magnetfältet (jordens magnetfält). **Vanligt användningsområde:** Magnetometer mäter **riktning** relativt det lokala magnetfältet (jordens magnetfält).

Antar att magnetometern mäter det lokala magnetfältet (jordens magnetfält). Antar att magnetometern mäter det lokala magnetfältet (jordens magnetfält).

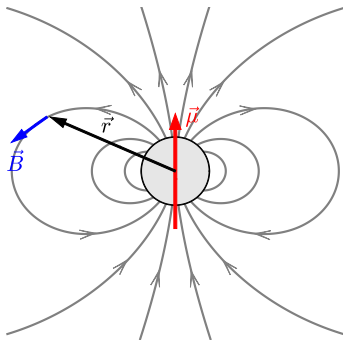
2. **Mitt användningsområde:** En eller flera magnetometerar kan ge information om både **position** och **riktning**. **Mitt användningsområde:** En eller flera magnetometerar kan ge information om både **position** och **riktning**.
 - a. **Magnetisk målföljning:** Mäta position och riktning av en känd magnetisk källa. **Magnetisk målföljning:** Mäta position och riktning av en känd magnetisk källa.
 - b. **Magnetisk kartering:** Bygga en karta av magnetiska avvikelser inomhus **Magnetisk kartering:** Bygga en karta av magnetiska avvikelser inomhus



Magnetisk dipol



Magnetisk dipol



Magnetiskt dipolfält

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3(\vec{r} \cdot \vec{\mu})\vec{r} - \|\vec{r}\|^2 \vec{\mu}}{\|\vec{r}\|^5}$$

Magnetiskt dipolmoment

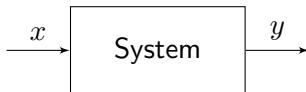
$$\vec{\mu} \triangleq \frac{1}{2} \int \vec{r}' \times \vec{J}(\vec{r}') d^3 r'$$

Magnetiskt dipolfält

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3(\vec{r} \cdot \vec{\mu})\vec{r} - r^2 \vec{\mu}}{r^5}$$

Denna ekvation svarar på: *Givet en magnetisk dipol $\vec{\mu}$, hur ser magnetfältet ut \vec{B} ?*

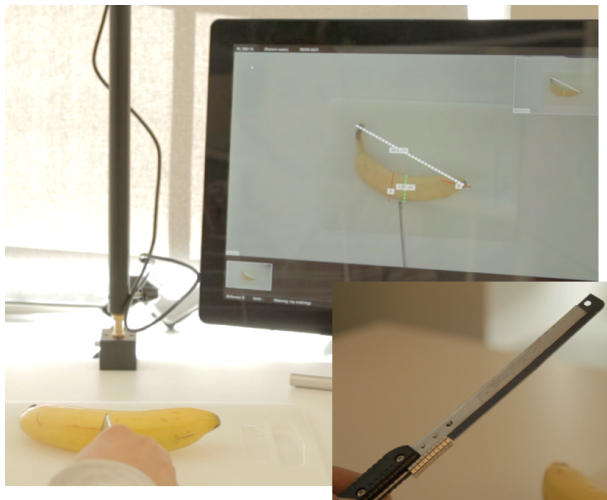
Hur jobbar vi?



Exempel: x magneten (dipolmoment och position) och y är mätningar av magnetfältet.

1. Vi beskriver samband mellan x och y med en **matematisk modell**.
 - Modellen kan tas fram från **fysikaliska samband**...
 - ...eller genom att lära sig modellen från tidigare uppmätt data av x och y . (**maskininlärning**)
2. Vi använder modellen för att skatta x baserat på data av y (eller tvärt om!)

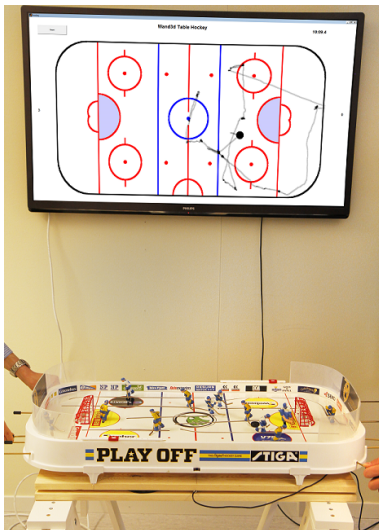
Tillämpning 1: Digital patologi



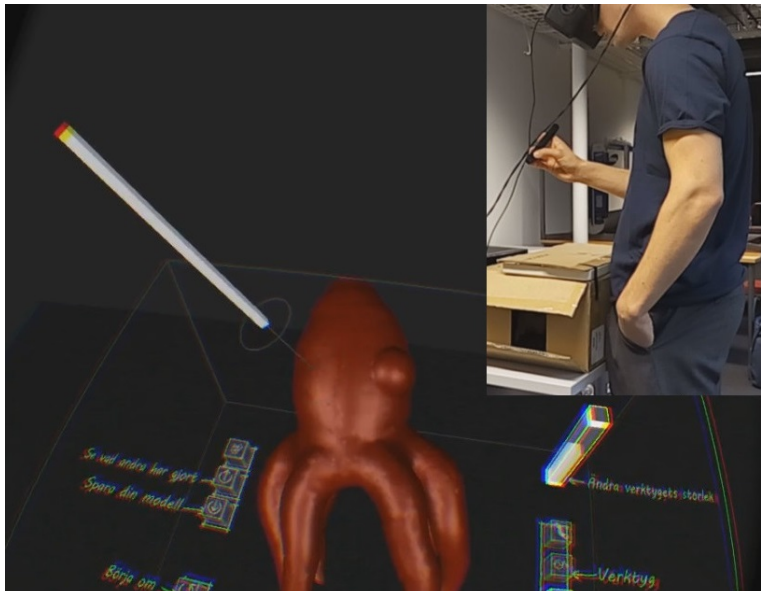
Tillämpning 2: Digitala vattenfärger



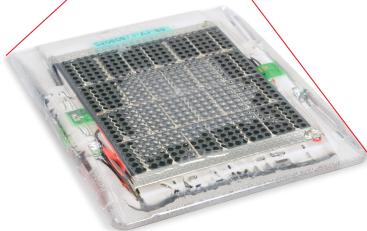
Tillämpning 3: Digitalt bordshockeyspel



Tillämpning 4: Interaktiv 3D-modellering



Tillämpning 5: Trafikflödesövervakning



Trafikflödesövervakning med trådlösa sensorer

- Varje enhet är utrustade med en magnetometer

Begränsning:

- Drivs med solceller
- Kan inte utföra svåra beräkningar

Information som kan utvinnas

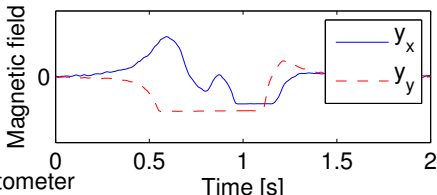
- Räkna antal bilar
- Typ av bil
- *Körriktning*

Problemformulering

- 2-axlig magnetometer som placeras längs väggrenen



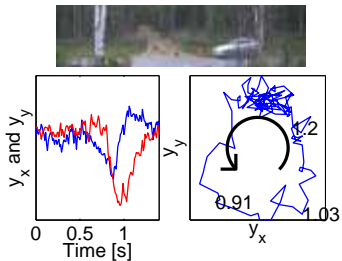
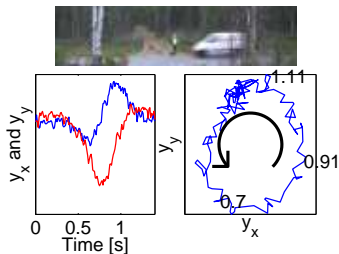
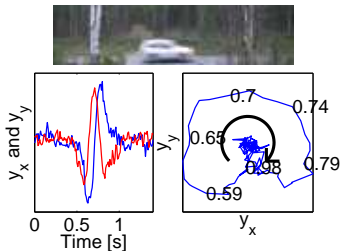
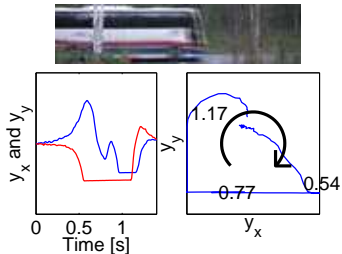
2-axis magnetometer



- Magnetometern mäter avvikelser i magnetfältet

Vi vill bestämma ett fordons körriktning!

Riktig data från bilar



Magnetometrar för navigering/positionering

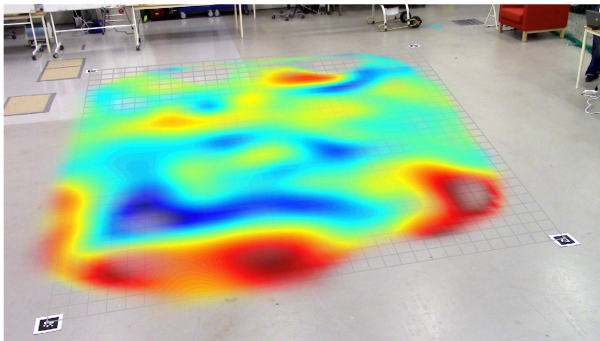
1. **Vanligt användningsområde:** Magnetometer mäter **riktning** relativt det lokala magnetfältet (jordens magnetfält). **Vanligt användningsområde:** Magnetometer mäter **riktning** relativt det lokala magnetfältet (jordens magnetfält).

Antar att magnetometern mäter det lokala magnetfältet (jordens magnetfält). Antar att magnetometern mäter det lokala magnetfältet (jordens magnetfält).

2. **Mitt användningsområde:** En eller flera magnetometerar kan ge information om både **position** och **riktning**. **Mitt användningsområde:** En eller flera magnetometerar kan ge information om både **position** och **riktning**.
 - a. **Magnetisk målföljning:** Mäta position och riktning av en känd magnetisk källa. **Magnetisk målföljning:** Mäta position och riktning av en känd magnetisk källa.
 - b. **Magnetisk kartering:** Bygga en karta av magnetiska avvikelser inomhus **Magnetisk kartering:** Bygga en karta av magnetiska avvikelser inomhus

Magnetisk kartering

Bygga en karta av magnetfält inomhus med hjälp av
Guassprocesser



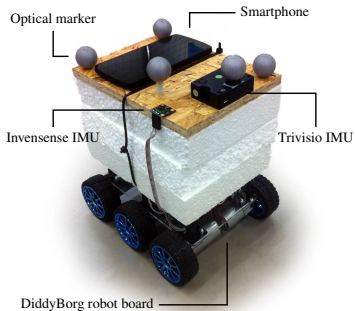


Gaussprocesser

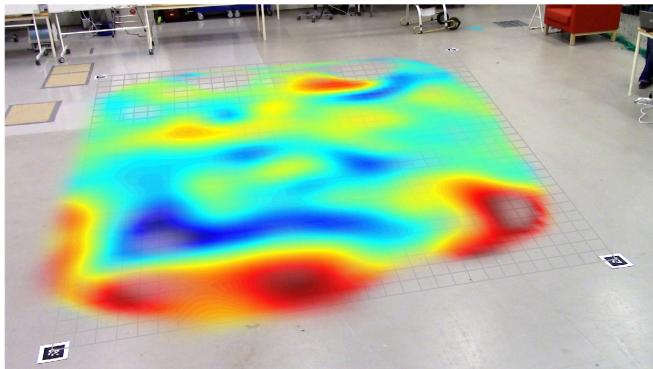
Problem: Skatta funktionen $f(u)$ från brusiga observationer

$$y_k = f(u_k) + e_k$$

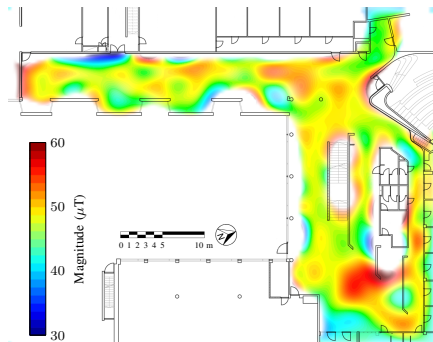
Bygga magnetiska kartor



Bygga magnetiska kartor



Bygga magnetiska kartor





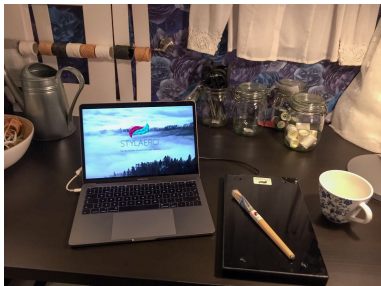
Positionering med hjälp av magnetiska kartor

<https://www.youtube.com/watch?v=pbwWLoH6mvI>

- I februari 2017 startades ett företag kring delar av tekniken som jag presenterat.
- Totalt fem personer är involverade i företaget på deltid.
- Smarbeten med olika industripartners.



STYLAERO[®]





Vad är då maskininlärning?

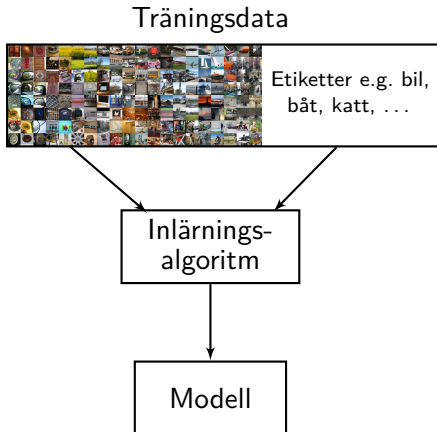
"Machine learning is about learning, reasoning and acting based on data."

"It is one of today's most rapidly growing technical fields, lying at the intersection of computer science and statistics, and at the core of artificial intelligence and data science."

Ghahramani, Z. **Probabilistic machine learning and artificial intelligence.** *Nature* 521:452-459, 2015.

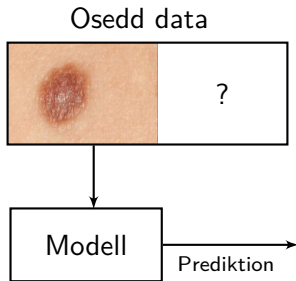
Jordan, M. I. and Mitchell, T. M. **Machine Learning: Trends, perspectives and prospects.** *Science*, 349(6245):255-260, 2015.

Träna en modell från data av både input x och output y



Maskininlärning

Använd den tränade modellen för tidigare osedd data.



Vi vill att modellen ska **generalisera** till tidigare osedd data.

Exempel: Hudcancer (I/II)

Ett exempel där maskininlärning räddar liv

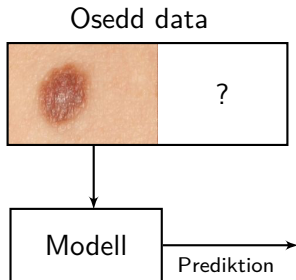
Andre Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M. and Thrun, S. **Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks.** *Nature*, 542, 115–118, February, 2017.

Att diagnostisera hudcancer i ett tidigt skede är avgörande för chansen att överleva.

Image copyright Nature (doi:10.1038/nature21056)

Exempel: Hudcancer (II/II)

Genom att träna en modell från tidigare insamlade bilder kan algoritmen själv avgöra om det är en dödlig form av hudcancer eller inte.



- Algoritmen blev lika bra som experter på att klassificera dessa data!
- Vem som helst skulle kunna diagnostisera sig själv hemma med mobilen!



Sammanfattning

Idag har jag beskrivit

- Hur vi kan använda magnetfält för positionering
- Lite om de modeller och tekniker vi använder
- En kort utblick vad maskininlärning är

Spännande att blanda kunskap från olika vetenskapsområden!