
INF5390 – Kunstig intelligens

AI - Innledning og oversikt

Roar Fjellheim

INF5390 - Kurs om kunstig intelligens

- Formål med kurset
 - ✓ Gi en fremstilling av "state-of-the-art" innen kunstig intelligens, med intelligente agenter som felles ramme
 - ✓ Gi tilstrekkelig grunnlag til at kursdeltakere på egen hånd kan gå videre i litteraturen og med egne prosjekter
- Den første forelesningen
 - ✓ Gi en overordnet oversikt over fagområdet
 - ✓ Legge grunnlag for senere forelesninger

Lærebok

- **Artificial Intelligence - A Modern Approach** (AIMA), Third edition
 - ✓ Stuart Russel, Peter Norvig
 - ✓ Prentice Hall, 2010
 - ✓ “The Intelligent Agent Book”
- Forelesningene vil i hovedsak baseres på læreboken, evt. med noe supplement fra andre kilder
- Det blir gitt skriftlige øvinger basert på materiale i læreboken

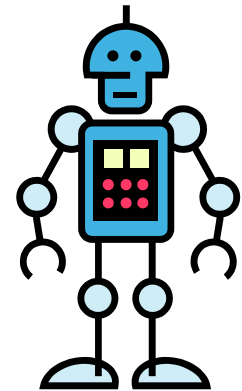
Innhold - Første forelesning

- Noen definisjoner
- Kort historikk
- Intelligente agenter
- Grunnleggende metoder
- Kunnskapssystemer
- Oppsummering
- Kursplan

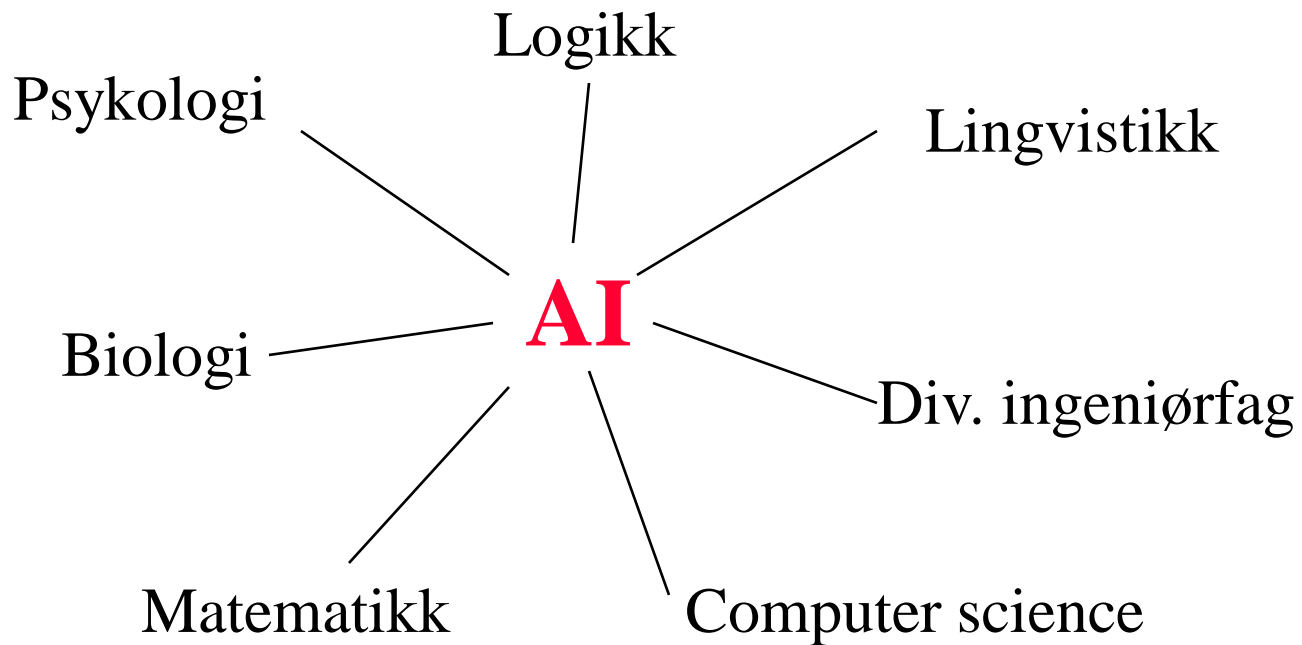
Hva er kunstig intelligens (AI)?

- Tverrfaglig disiplin med tosidig mål:
 - ✓ Bedre forståelse av menneskelig intelligens
 - ✓ Bli i stand til å bygge intelligente systemer
- Felles metodikk: *Konstruere* intelligente systemer

Systemer som tenker som mennesker	Systemer som tenker rasjonelt
Systemer som handler som mennesker	Systemer som handler rasjonelt



AI - En eklektisk og tverrfaglig disiplin



Kort historikk

- AI (Artificial Intelligence) formes (1945 - 1960)
 - ✓ Tidlig konneksjonisme
 - ✓ Dartmouth workshop (1956)
- Entusiasme, store forventninger (1960 - 1970)
 - ✓ GPS - General Problem Solver
 - ✓ Lisp
- Realismen setter inn (1965 - 1975)
 - ✓ Kombinatorikk
 - ✓ Naturlig språk systemer feiler

Kort historikk (forts.)

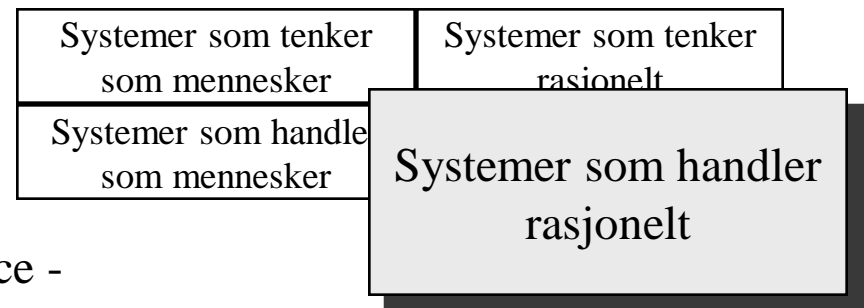
- Kunnskapsbaserte systemer (1970 - 1980)
 - ✓ "Knowledge is power"
 - ✓ Ekspertsystemer
- AI blir en industri (1980 - 1990)
 - ✓ Firmadannelser
 - ✓ AI produkter
- Ny konneksjonisme (1985 -)
 - ✓ Nevralnett for læring
 - ✓ Symbolbehandling vs. konneksjonisme

Kort historikk (forts.)

- AI blir vitenskap (1985 -)
 - ✓ Fra ad hoc til systematikk
 - ✓ Vitenskapelige metoder og "akkumulering"
- Intelligente agenter (1990 -)
 - ✓ Distribuert AI og Internet/Web
 - ✓ Felles rammeverk/begrepsapparat
- AI anvendelser – "den andre bølgen" (1995 -)
 - ✓ Innebygde applikasjoner og integrasjon
 - ✓ "Usynliggjøring"?
- AI på Web'en (2005 -)
 - ✓ Semantisk web

Rasjonelle (intelligente) agenter*

- An *agent* is anything that can be viewed as *perceiving* its environment through *sensors* and *acting* upon that *environment* through *effectors*
- A *rational agent* is an agent that for each situation selects the *action* that maximizes its *performance* based on its *perception* and built-in *knowledge*
- The task of AI is to build rational agents



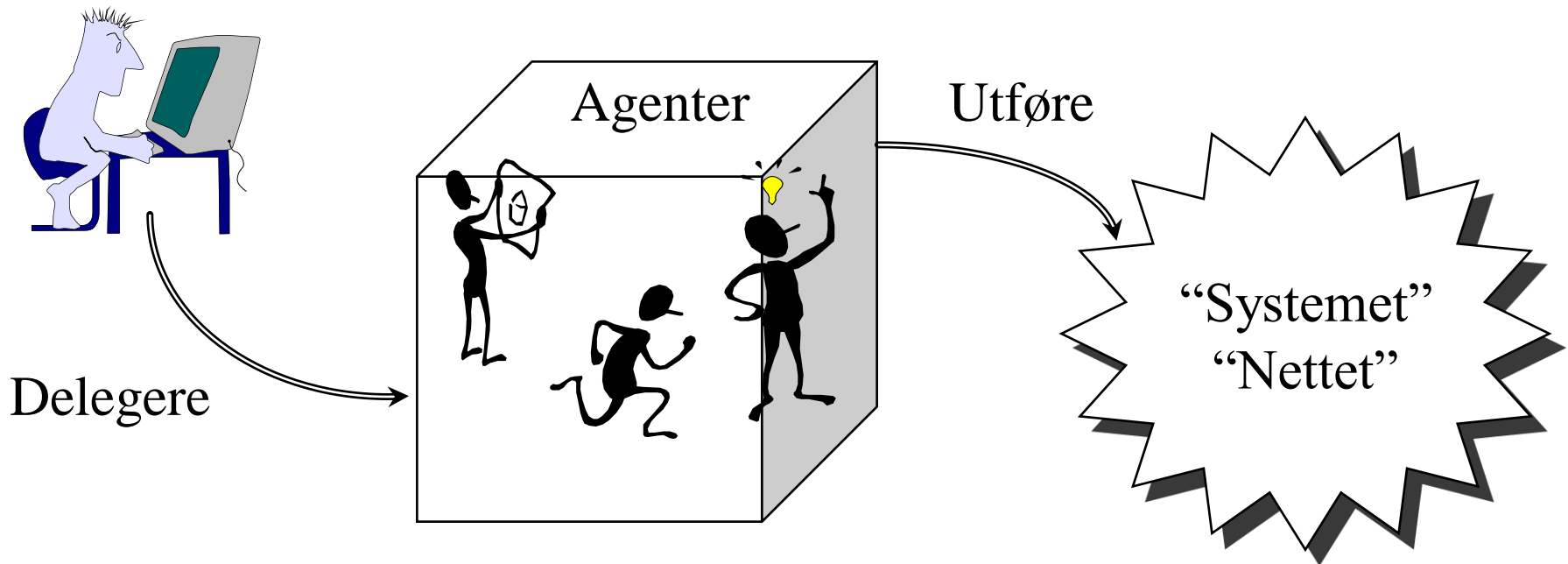
*Russel/Norvig: Artificial Intelligence -
A Modern Approach

Agentmodellen er generisk

<i>Agent type</i>	<i>Omgivelse</i>	<i>Persepter</i>	<i>Aksjoner</i>	<i>Mål</i>
Medisinsk diagnose system	Pasienter, hospital	Symptomer, pasient svar	Spørsmål, tester, behandling	Friske pasienter, min. kostnad
Dele-sorterings robot	Samlebånd med deler	Pixels med variabel intensitet	Plukke opp deler, legg i bokser	Sortere deler i riktige bokser
Prosess kontroll i raffineri	Oljeraffineri	Temperatur-, trykk-, osv. målinger	Åpne/lukke ventiler, reg. temperatur	Max. renhet, utbytte, sikkerhet
Interaktiv engelsk lærer	Student	Ord/setninger som skrives inn	Gi øvinger, forslag, rettinger	Max. student score på språk-test
Personifisert informasjonssøk i nettverk	Internet	Interesseprofil, nøkkelord, ressurser	Nyhetsartikler, referanser	Relevans, fullstendighet, effektivitet

Agenter for brukerinteraksjon

- Tidligere: Utføre oppgaver direkte
- Nytt: *Delegere* oppgaver til agenter



Agentroller

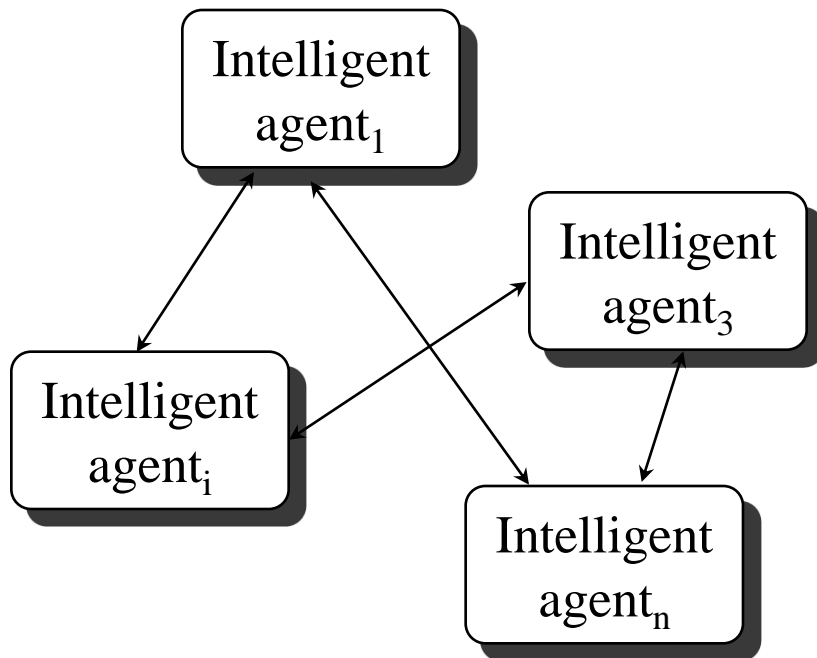
- "Ivrig" assistent
- Veileder
- Påminner
- Filter
- Kritiker
- Kjøpe/selge
- Underholdning
-

Læring i assistentsystemer:

- Observere/imitere bruker
- Motta positiv/negativ feedback
- Eksplisitt instruksjon
- Spørre bruker/andre agenter

Multiagent systemer (MAS)

“Klassisk” distribuert AI (DAI): To eller flere agenter samarbeider for å løse en oppgave




Tilsammen er agentene mer verdt enn summen av enkeltagenter:

$$V(\sum^n \text{agent}_i) > \sum (V(\text{agent}_i))$$

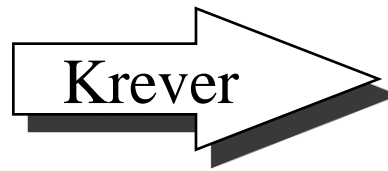
Agenter og autonomi

Økende autonomi

- 
- Web agenter
 - ✓ Personlige agenter
 - ✓ Informasjons-tjenester
 - ✓ Preprogrammer te, men AI etterhvert
 - Distribuert AI
 - ✓ Multi-agent systemer
 - ✓ Problemløsning
 - ✓ Kooperasjon
 - ✓ AI baserte agenter
 - A-Life
 - ✓ Massiv parallelitet
 - ✓ Inspirert av biologi
 - ✓ Enkle agenter, kompleks omgivelse
 - ✓ “Emergence”

Hva må en agent kunne?

- Løse problemer
- Resonnere logisk
- Bruke kunnskap
- Planlegge aksjoner
- Håndtere usikkerhet
- Lære av erfaring
- Kommunisere



- *Kunnskap*
- Evne til å *anvende* kunnskap

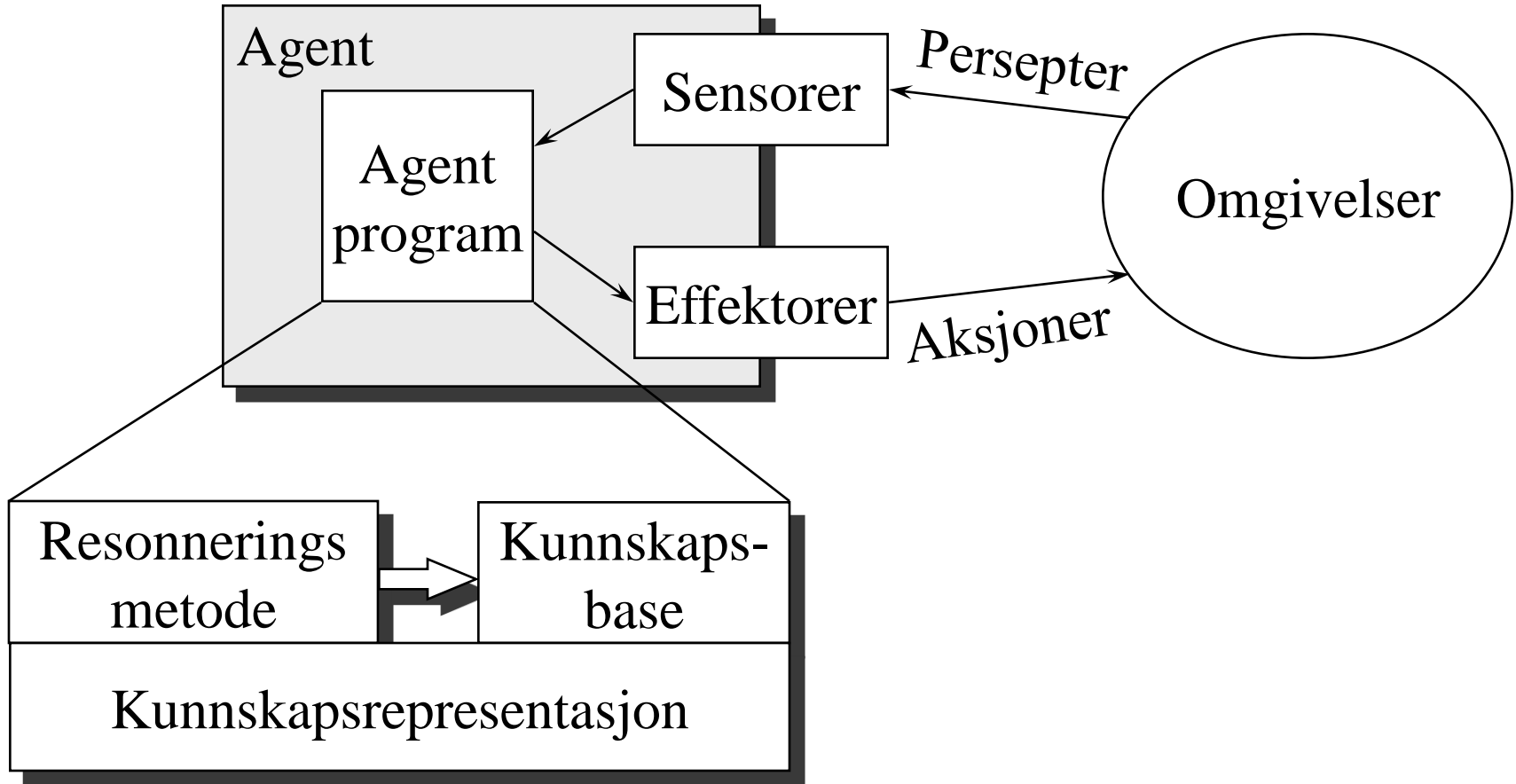
Kategorier av kunnskap



Noen definisjoner

- Kunnskapsbase
 - ✓ Et sett utsagn som representerer agentens kunnskap om fakta i "verden"
- Kunnskapsrepresentasjon
 - ✓ Språket som brukes i kunnskapsbasen for å definere utsagnene
- Resonneringsmetode
 - ✓ Metode agenten kan bruke for å generere nye utsagn basert på allerede kjente utsagn

Kunnskapsbasert agent



Agentkategorier

- Refleksbasert agent
 - ✓ Predefinert aksjon for hver persept sekvens
- Modellbasert agent
 - ✓ Har en intern modell av omgivelsen
- Målbasert agent
 - ✓ Planlegger for å nå visse mål
- Nyttebasert agent
 - ✓ Maksimaliserer nytte, kan avveie mål, tar hensyn til usikkerhet og risiko

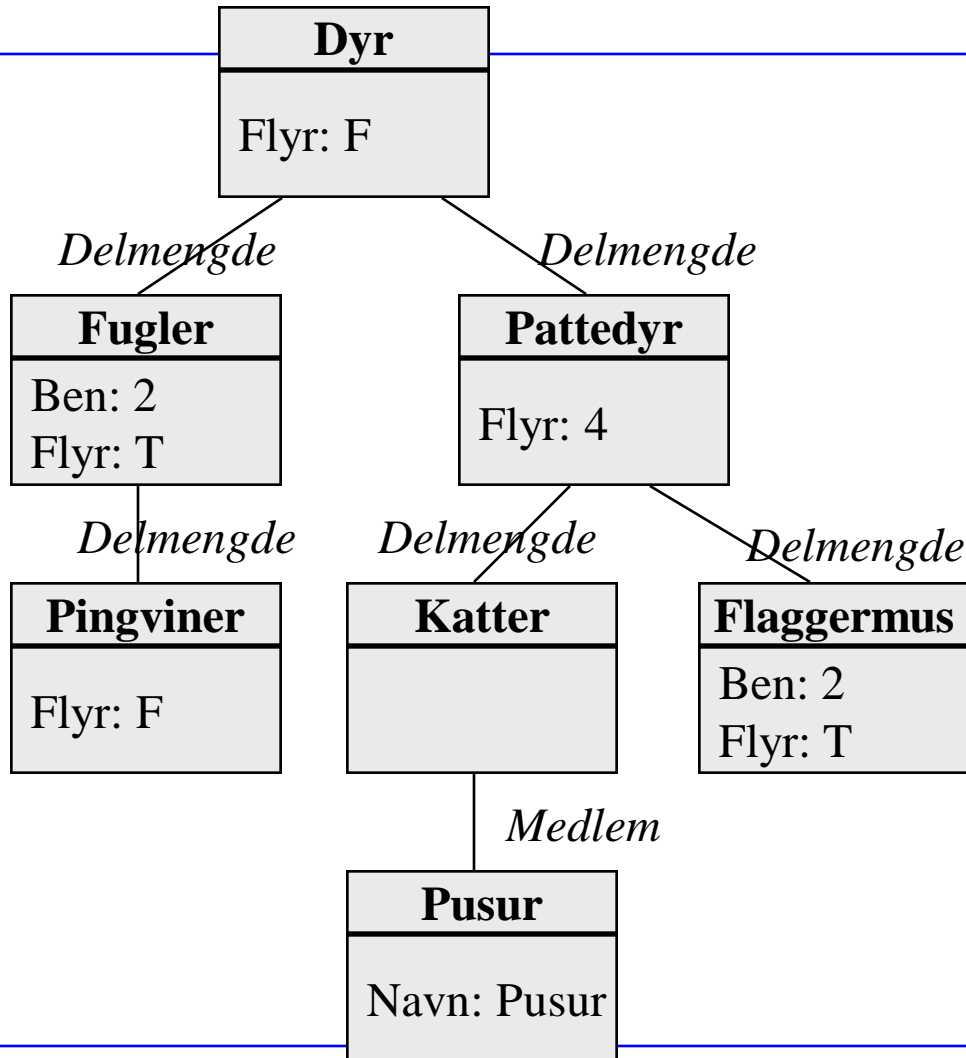
En katalog over resonneringsmetoder

- Logikkprogrammering
- Regelbasert resonnering
- Rammer og objekter
- Semantiske nettverk
- Case-basert resonnering
- Modell-basert resonnering
- Kvalitativ resonnering
- Føringsbasert resonnering
- Temporal resonnering
- Sannhetsbevarende systemer
- Planlegging
- Induktiv læring
- Nevrale nettverk
- Bayesianske nettverk
- Fuzzy logikk
- Genetiske algoritmer

Første ordens predikatlogikk

- Verden består av *objekter* med individuell *identitet* og spesifikke *egenskaper*
- Mellom objektene kan det bestå *relasjoner*, hvorav noen er "mange-til-en" *funksjoner*
- *Basisutsagn* tillegger egenskaper til objekter eller bekrefter relasjoner mellom objekter
- *Sammensatte utsagn* dannes ved logisk komposisjon og innføring av objekt *kvantorer*

Strukturert representasjon



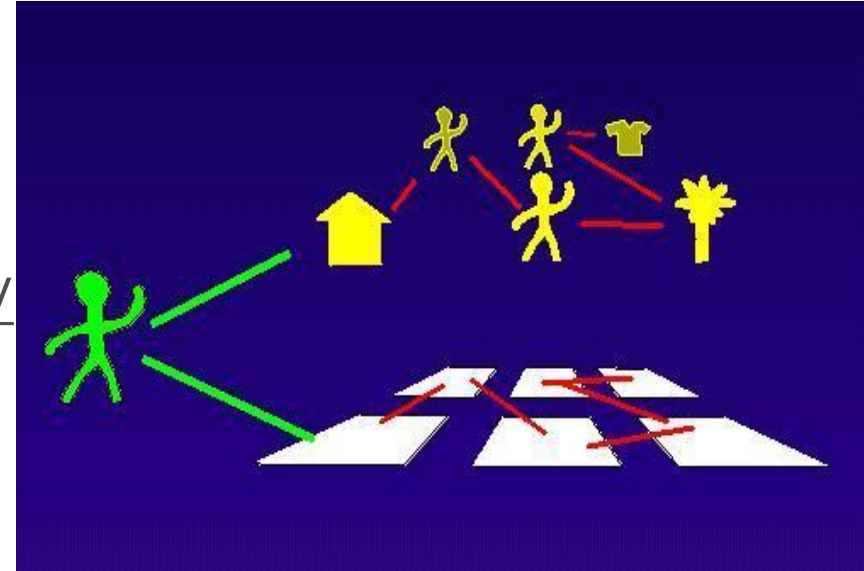
- Arving av egenskaper
- Multippel arv
- Default verdier
- Unntak
- Ekvivalent med logikk

Semantisk Web

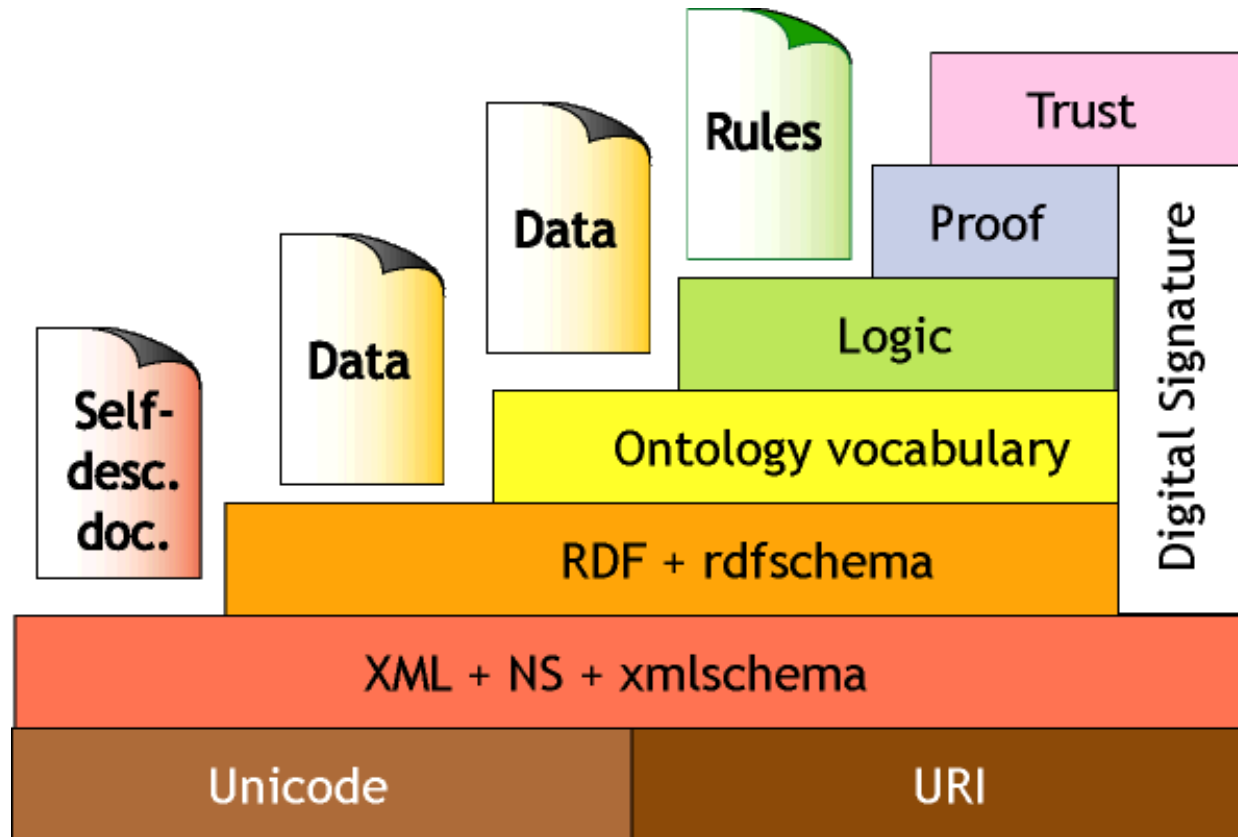
- "The Semantic Web is an extension of the current web in which information is given well-defined meaning, better enabling computers and people to work in cooperation"

✓ *Tim Berners-Lee*

- World Wide Web Consortium
<http://www.w3.org/2001/sw/>



Semantic Web "stack"

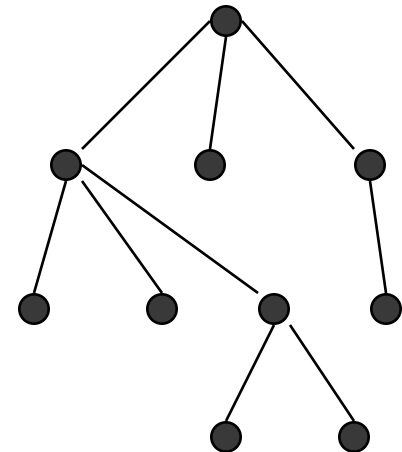


Problemløsning ved søking

- Vi definerer et *søkeproblem* ved
 - ✓ Et rom av mulige *tilstander*
 - ✓ En *initialtilstand*
 - ✓ En *måltilstand*
 - ✓ Aksjoner (*operatorer*) for bevegelser i tilstandsrommet
- En *løsning* er
 - ✓ En sekvens av operasjoner som leder fra initialtilstand til måltilstand
- En *problem-løsende agent* er i stand til å finne løsninger på søkeproblemer

Metoder for søking

- “Brute-force” metoder
 - ✓ Bredde-først søking
 - ✓ Dybde-først søking
 - ✓
- Heuristiske metoder
 - ✓ Best-først søking
 - ✓ A* optimal søking
 - ✓ Iterativ søking
 - ✓ Føringsbasert søking
 - ✓



Regelbasert resonnering

■ Kunnskap

- ✓ Kunnskapsbasen består av regler av typen
IF <betingelse> THEN <konsekvens>, f.eks.:
 - Kausale regler: IF <hendelse/tilstand> THEN <hendelse/tilstand>
 - Forklaringsregler: IF <symptom> THEN <forklaring>
 - Heuristiske regler: IF <betingelse> THEN <anbefaling>

■ Resonnering

- ✓ Foroverkjeding (datadrevet): Matcher nye fakta med betingelser, genererer konsekvenser, osv. inntil terminering
- ✓ Bakoverkjeding (måldrevet): Matcher mål med konsekvenser, betingelser med kjente fakta eller nye konsekvenser, osv.

Regelbasert resonnering - Eksempel

IF motoren får bensin
AND motoren går rundt
THEN problemet er tennpluggene

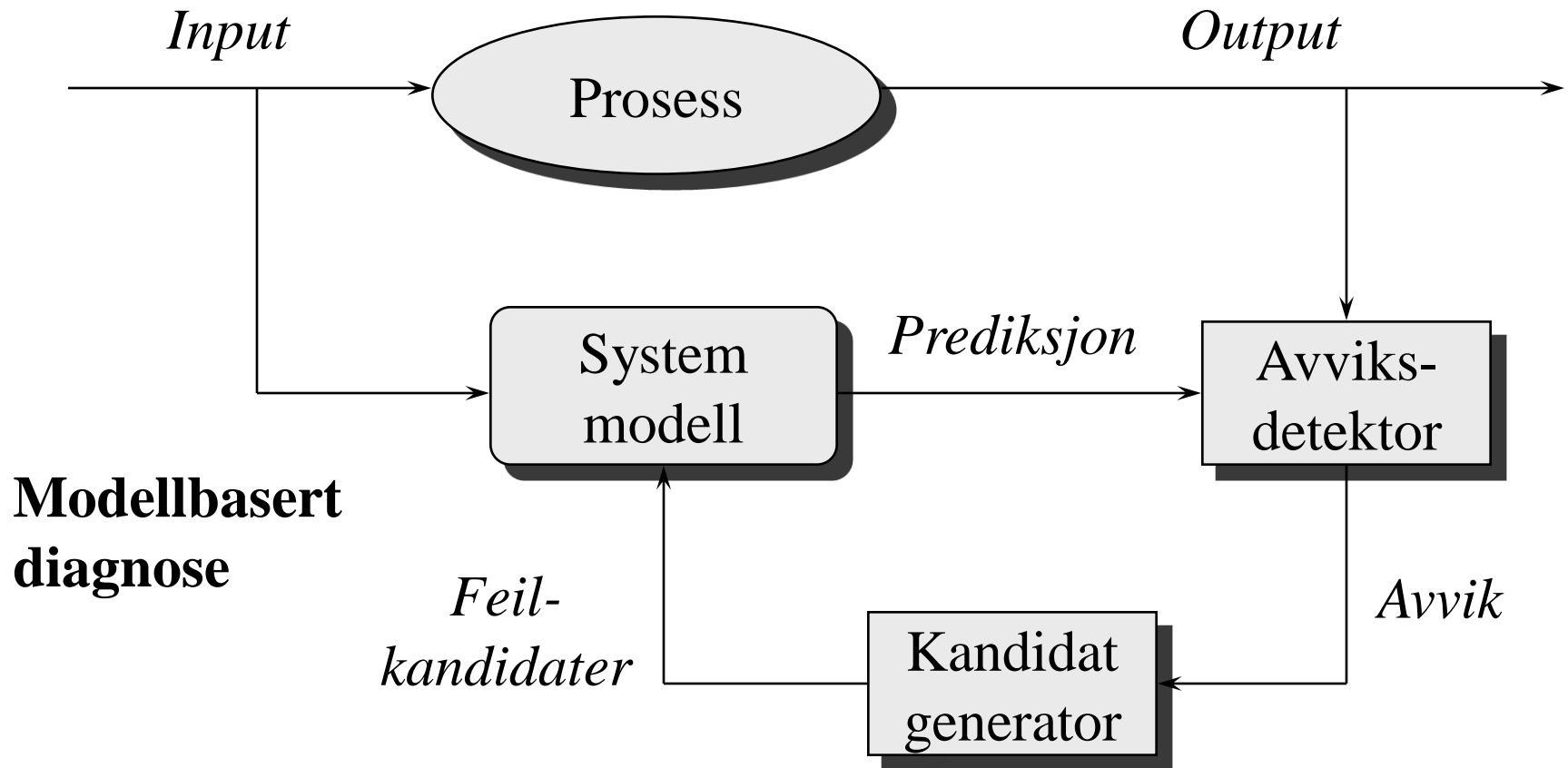
IF motoren ikke går rundt
AND lysene ikke virker
THEN problemet er batteriet

IF motoren ikke går rundt
AND lysene virker
THEN problemet er startmotoren

IF bensin på tanken
AND bensin i forgasseren
THEN motoren får bensin

- Problemet = ?
- Dialog:
 - ✓ bensin på tanken?
 - **ja**
 - ✓ bensin i forgasseren?
 - **ja**
 - ✓ motoren går rundt?
 - **ja**
 - ✓ problemet er tennpluggene!

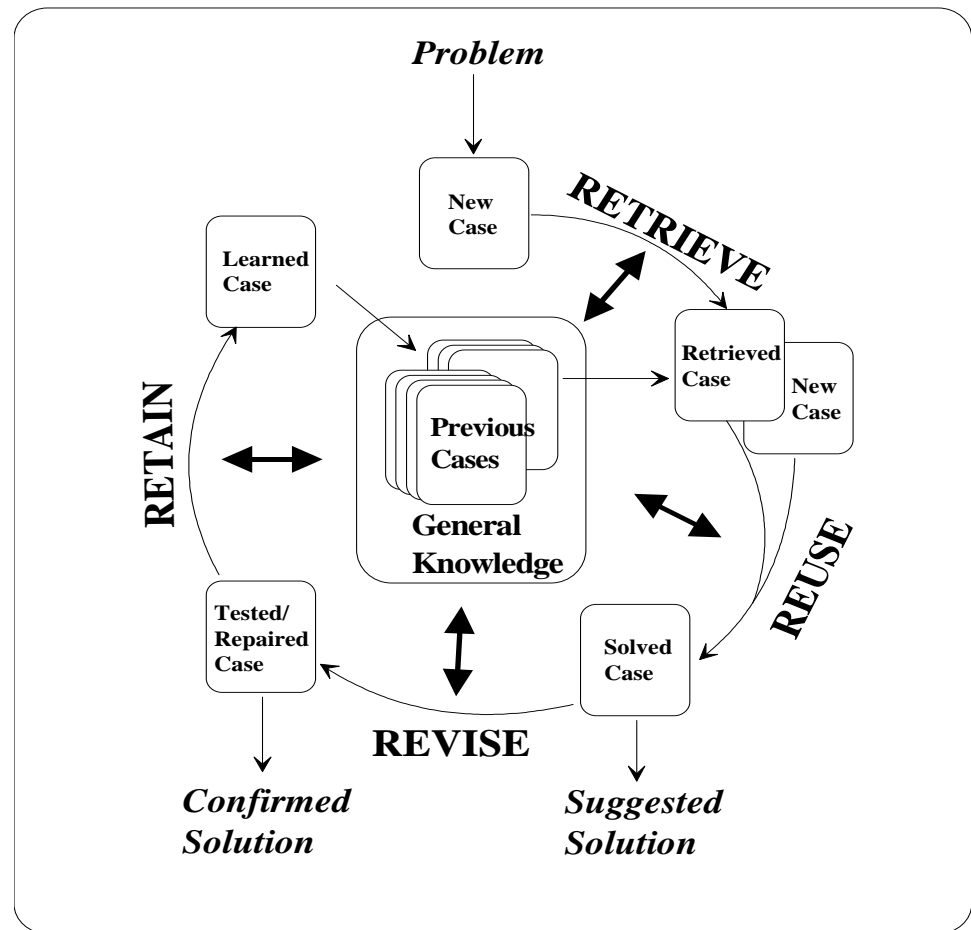
Modellbasert resonnering



**Modellbasert
diagnose**

Case-basert resonnering

- Kunnskapsbasen består av et lagret og indeksert sett av tidligere cases
- Gjenfinning: Matching og mål for "nærhet"
- Gjenbruk: Evt. tilpasning av gjenfunnet case for å gi løsning
- Revisjon/læring: Brukeren kan gi feedback på hvor godt caset matchet og oppdatere case-basen



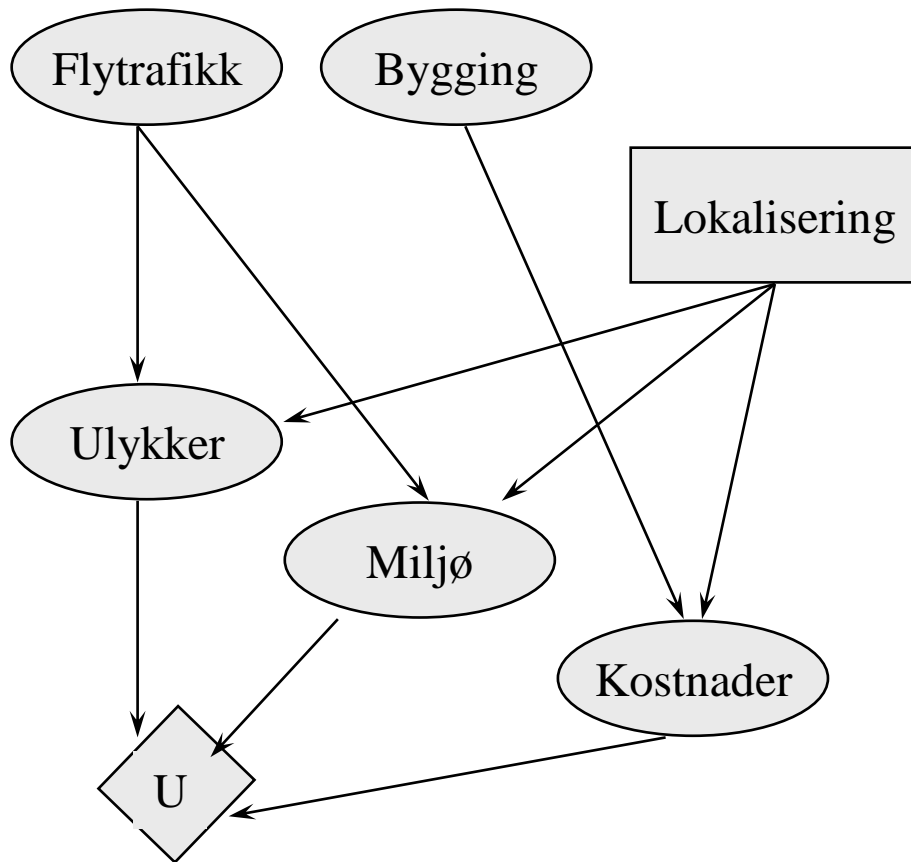
Metoder for planlegging

- En agent trenger å kunne legge en *plan*, dvs. sekvens av *aksjoner*, som fører fra en *initialtilstand* til en ønsket *måltilstand*
- Generell problemløsning ved søking kan løse enkle planleggingsproblemer, men skalerer ikke opp
- AI har utviklet mer effektive metoder for å løse spesifikke *planleggingsproblemer*
 - ✓ Rikere representasjon av tilstander, mål og aksjoner
 - ✓ Planlegging kan skje inkrementelt og i valgfri sekvens
 - ✓ Planleggingsproblemet kan dekomponeres

Handling under usikkerhet

- Systemer basert på klassisk logikk representasjoner forutsetter *sikker kunnskap*, en antakelse som nesten aldri stemmer i praksis
- Kilder til usikkerhet
 - ✓ Ikke-deterministiske fenomener i omgivelsene
 - ✓ Agenten mangler kunnskap om omgivelsen
 - ✓ Agenten har ikke ressurser til overskue alle muligheter
- Vi trenger agenter som kan ta *rasjonelle beslutninger* med *usikker kunnskap*

Beslutningsnettverk

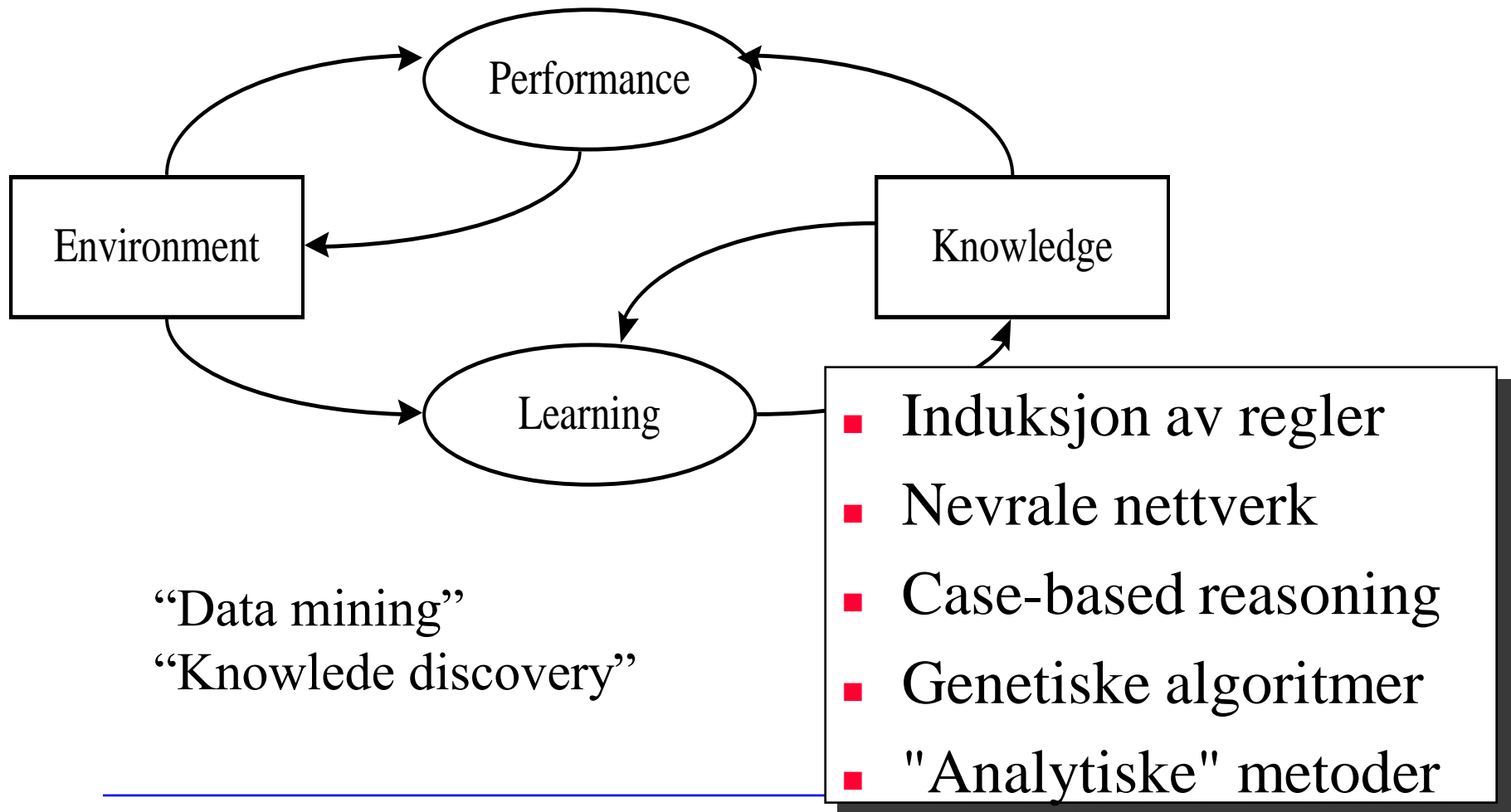


- Graf med tre typer noder
 - ✓ Utfallsvariable (ovaler) - hendelser og tilstander med sannsynlighet
 - ✓ Beslutningsvariable (rektangler) - tilgjengelige beslutninger
 - ✓ Nyttefunksjoner (diamanter) - verdisettelse av utfall
- Grafen kan brukes til å ta den beslutning som maksimaliserer forventet nytte under usikkerhet

Forbedring gjennom læring

- Hvor kommer agentens kunnskap fra?
 - ✓ Forhåndsprogrammert
 - ✓ Gjennom instruksjon ("bli fortalt")
 - ✓ **Læring**
- Teknikker for læring er et av de meste aktive forskningsområdene i AI
- Kunnskap som kan læres
 - ✓ Sammenhenger mellom persepter og tilstand
 - ✓ Direkte avbildning fra tilstand til aksjoner
 - ✓ Hvordan utvikler omgivelsen seg over tid
 - ✓ Hvilken effekt har agentens aksjoner
 - ✓ Nytteverdi knyttet til tilstander
 - ✓ Nytteverdi knyttet til aksjoner i bestemte tilstander

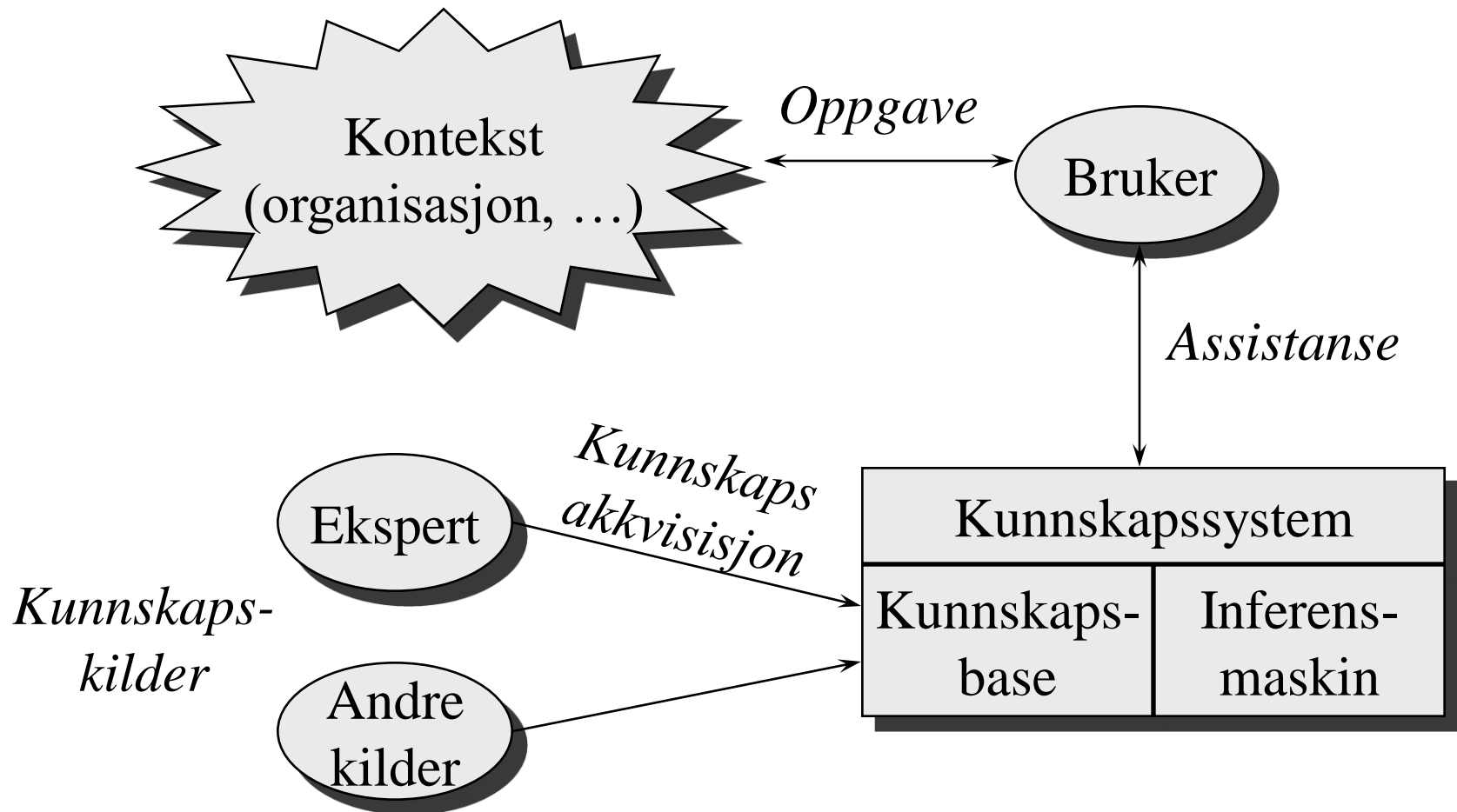
Maskinlæring



Agenters kommunikasjon med omgivelsen

- Naturlig språk
 - ✓ Forstå
 - ✓ Generere
 - ✓ Oversette
- Syn
 - ✓ Bildegjengjennkjennelse
- Robotikk
 - ✓ Manipulatorer
 - ✓ Bevegelse

Kunnskapssystemer - "Poenget"



Hvor brukes kunnskapssystemer?

- Diagnose
 - ✓ Medisin
 - ✓ Prosessfeil
- Tolking
 - ✓ Kredittverdighet
 - ✓ Strukturstyrke
- Planlegging
 - ✓ Ruteplan
 - ✓ Produksjonsplan
- Prosedyreveiledning
 - ✓ Saksbehandling
 - ✓ Operatørstøtte
- Beslutningsstøtte
 - ✓ Militære systemer
 - ✓ Logistikk
- Design
 - ✓ Flyindustri
 - ✓ Arkitektur

Når passer kunnskapssystemer?

- Strategisk betydning av kunnskap
- Få eksperter - mange brukere
- Ekspertise - knapp ressurs
- Vanskelig å beskrive "algoritmen"
- Inkrementell utvikling
- Høy vedlikeholdbarhet
- "Transparent" kunnskap viktig

Et vellykket kunnskapssystem ..

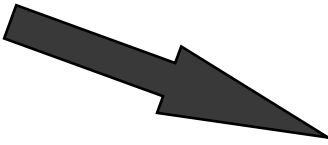
- .. gjør færre feil enn en ikke-ekspert
- .. frigir ekspertens tid til nye oppgaver
- .. er konsistent i sin problemløsning
- .. blir ikke sliten eller uoppmerksom
- .. overser ikke en løsning
- .. kan håndtere flere tilfeller
- .. kan reagere raskere
- .. er alltid tilgjengelig
- .. fjerner en kunnskaps-"flaskehals"

Økonomisk motivasjon

- Høyere **kvalitet** av tjenesteleveranse - forbedret konkurransevne
- Bedre **lønnsomhet** ved raskere og mer nøyaktig utførelse av jobber
- Høyere **produktivitet** av eksperter - redusert bemanningsbehov
- Høyere **personuavhengighet** - forenklet opplæring - avlasting av eksperter

.. men også noen motforestillinger

- Konservering av kunnskap
- Svekket innovasjon
- "Fordumming" av brukere
- Kostbart vedlikehold
- Mislykket implementering


Motvirkes
ved

- Assistere, ikke erstatte
- Åpne systemer
- Lærende systemer

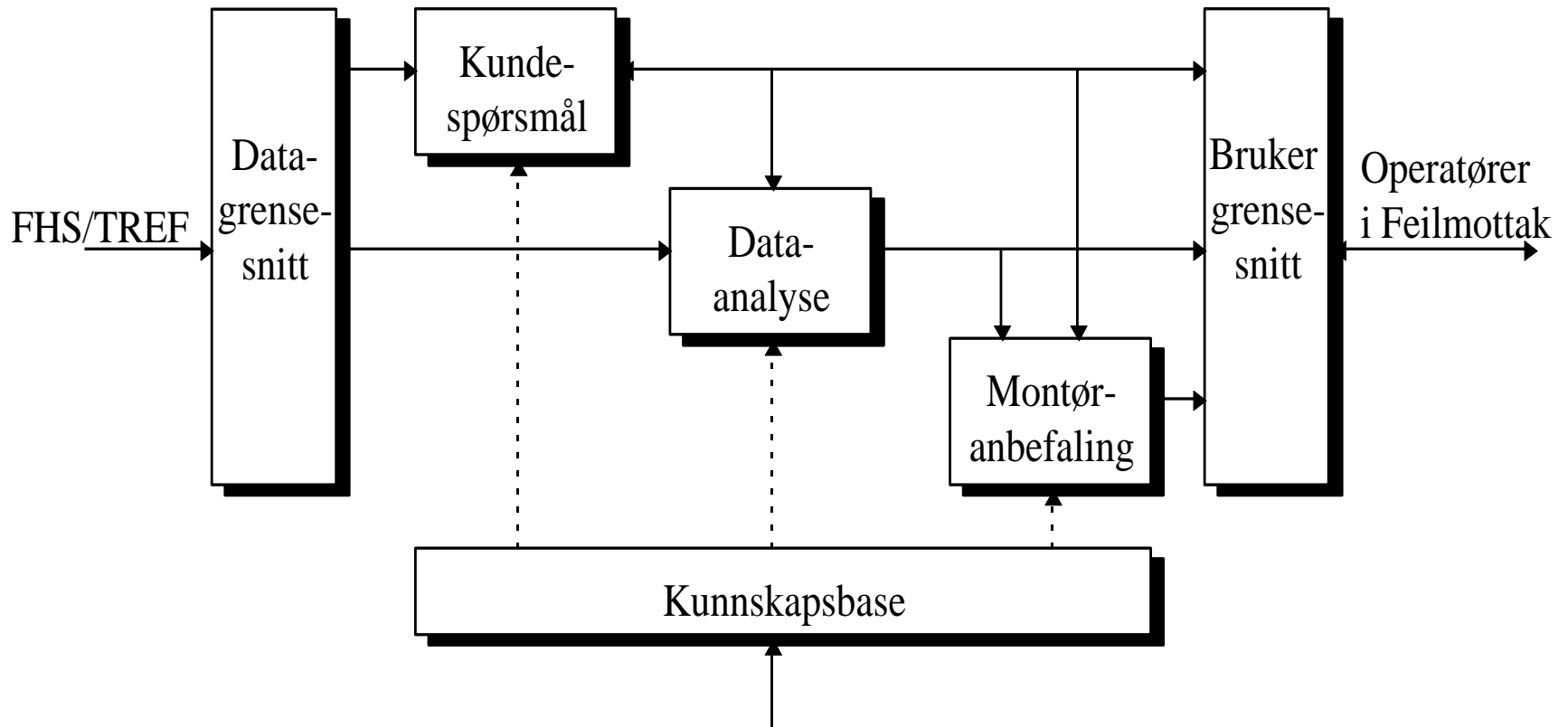
Generiske typer av kunnskapssystemer

Control	Governing system behaviour to meet specification
Design	Configuring objects under constraints
Diagnosis	Inferring system malfunctions from observables
Instruction	Diagnosing, debugging, and repairing student behaviour
Interpretation	Inferring a situation description from data
Monitoring	Comparing observations to expectations
Planning	Designing action sequences
Prediction	Inferring the likely consequences of a given situation
Prescription	Recommending solutions to systems malfunctions
Selection	Identifying the best choice from a list of possibilities
Simulation	Modeling the interaction between system components

INA - Støtte til Telenor feilmelding

- Behov
 - ✓ Telenor ønsket å heve kvaliteten på leveranse av telefontjenesten gjennom bedre kundebehandling
- Hvordan
 - ✓ Utvikling av støttesystem for operatører i Feilmeldingen
- Resultat
 - ✓ INA - Prototype for fremtidig komponent av Telenors FHS (Feilhåndteringssystem)

INA Arkitektur



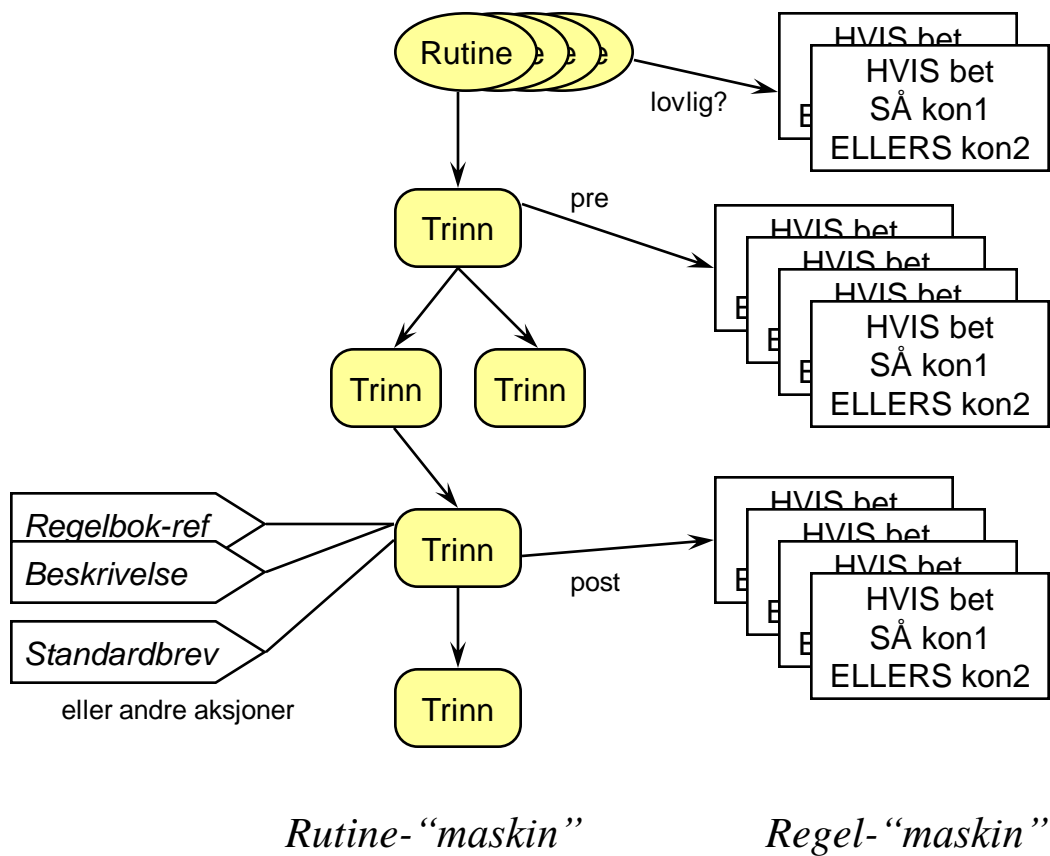
Sentralt vedlikehold av kunnskap

HELENE - Saksbehandlingssystem

- Motiv
 - ✓ Statens Innkrevingsssentral ønsket å effektivisere og forbedre saksgangen i "tung" innkreving
- Hvordan
 - ✓ Utvikling av støttesystem for saksbehandlere, der arbeidsflyt og behandlingsregler er innebygd
- Resultat
 - ✓ HELENE brukes daglig av ca. 100 saksbehandlere og har bidratt til vesentlig forbedret effektivitet

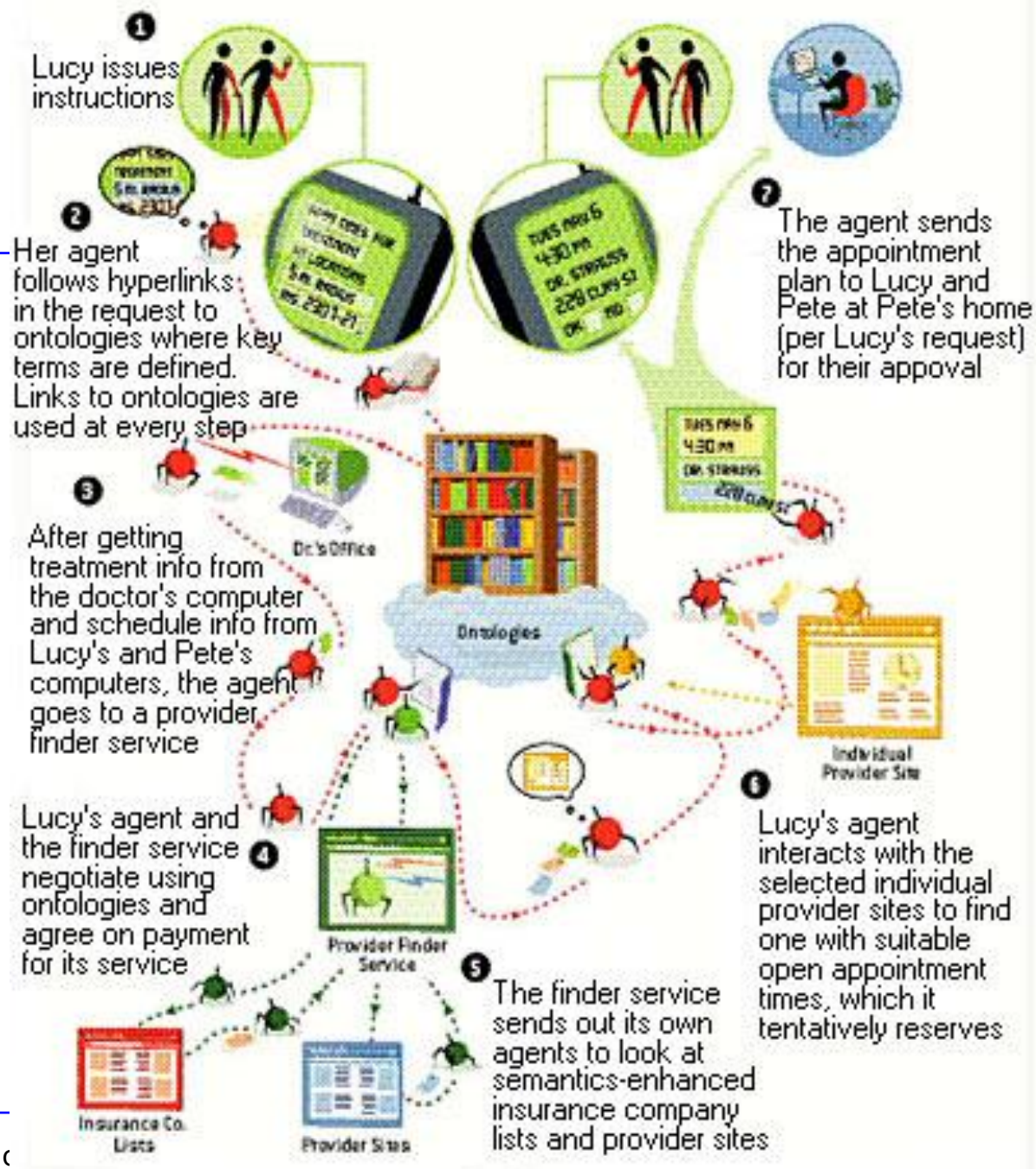
Representasjon av rutiner og regler

- Brukeren kan sette i gang tiltak på en sak
- Tiltakene knyttet til rutiner
- En rutine består av trinn
- Trinn kan ha for-betingelser (preconditions)
- Trinn kan ha etter-betingelser (postconditions)
- Trinn kan ha klar-betingelser (readyconditions)
- Trinn kan ha aksjoner
- Trinn har en regelbok-referanse til rutine støtte
- Rutinemaskinen kjører rutinene



Agenter og semantisk web

- Samler data fra Web-sider
- Bruker semantisk informasjon til å løse tvetydigheter
- Behandler data med regler
- Utveksler data med andre agenter
- Automatiserer og løser problemer



Current AI

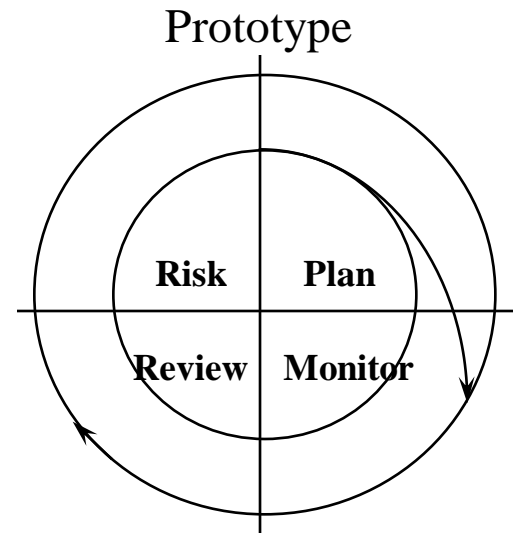
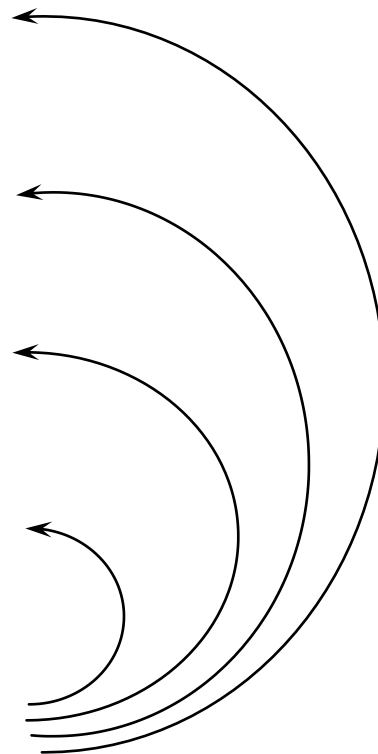
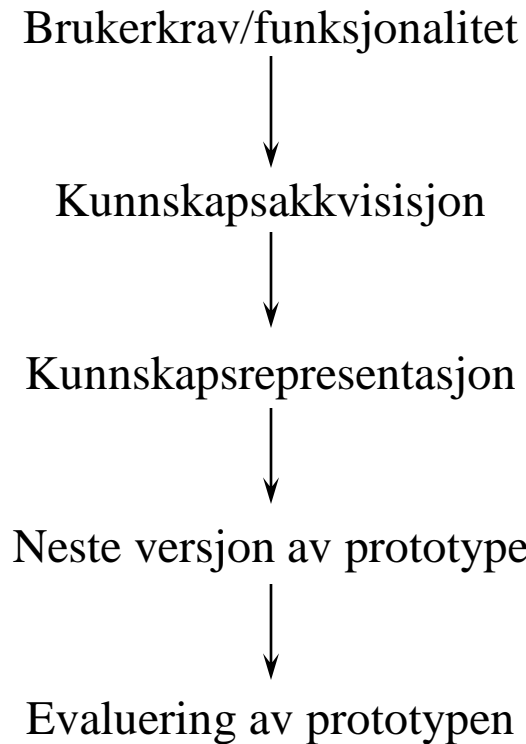
- «Today's AI does not try to re-create the brain. Instead, it uses machine learning, massive data sets, sophisticated sensors, and clever algorithms to master discrete tasks.»



Eksempler på AI-løsninger

- Varehus med mobile roboter som automatisk lagrer og henter varer på forespørsel
- Agenter som følger børs-trender, og selger og kjøper raskere og bedre enn mennesker
- Automatisert skanning og tolkning av røntgenbilder i medisin
- Nevrale nettverk for gjenkjenning av svindelforsøk i banktransaksjoner
- Autonome biler som navigerer og kjører på egen hånd i normal bytrafikk (på prøvestadiet ...)

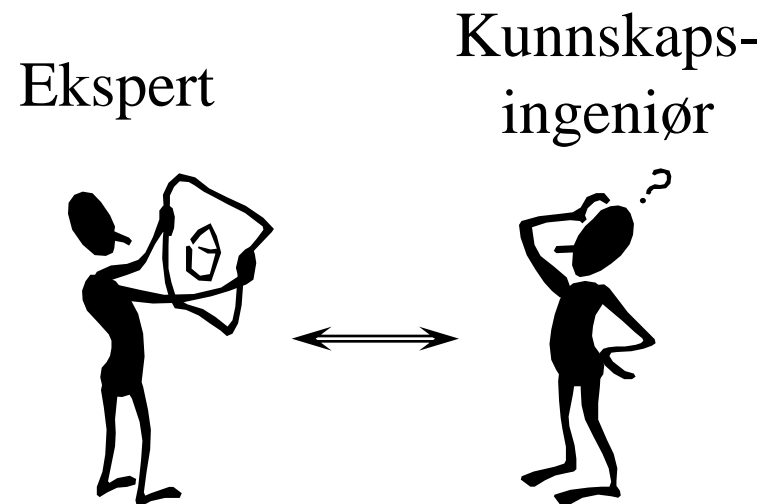
Iterativ systemutvikling - Prototyping



Spiralmodellen,
Boehm (1988)

Metoder for kunnskapsakkvisisjon

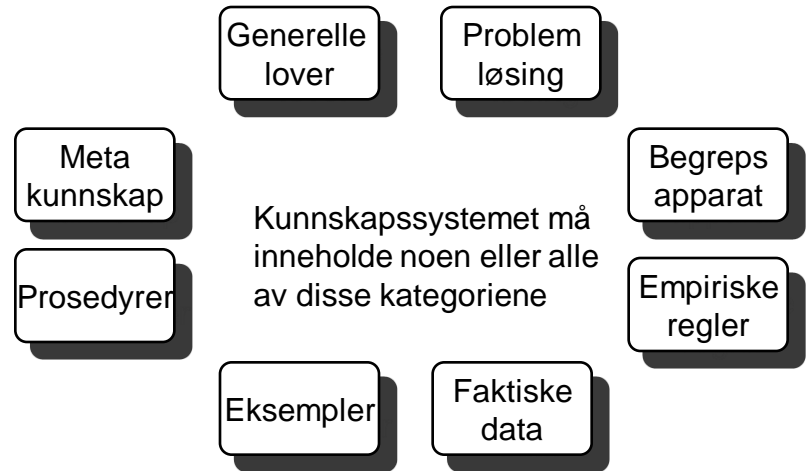
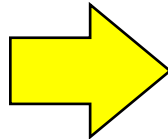
- Intervjuteknikker
- Protokollanalyse
- Begrepskartlegging
- Datastøtte
- Maskinlæring



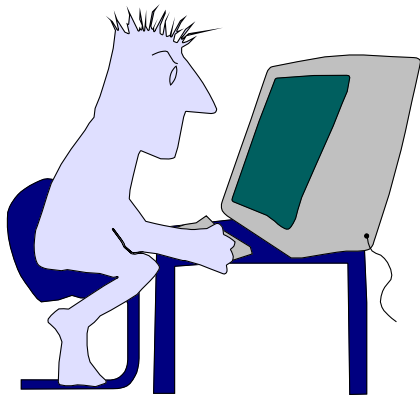
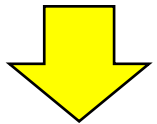
Rekapitulering - Fra domene til system



*Akkvisisjon
Modellering*



Representasjon



Implementering

- Logikkprogrammering
- Regelbasert resonnering
- Rammer og objekter
- Semantiske nettverk
- Case-basert resonnering
- Modell-basert resonnering
- Kvalitativ resonnering
- Føringsbasert resonnering
- Temporal resonnering
- Sannhetsbevarende systemer
- Planlegging
- Induktiv læring
- Nevrale nettverk
- Bayesianske nettverk
- Fuzzy logikk
- Genetiske algoritmer

The Knowledge Society

“Knowledge is the only meaningful resource today. The traditional ‘factors of production’ - land, labour and capital - have not disappeared. But they have become secondary. They can be obtained, and obtained easily, provided there is knowledge. And knowledge in this new meaning is knowledge as a utility, knowledge as the means to obtain social and economic results.”

Peter F. Drucker, “Post-Capitalist Society”, 1993

“De store spørsmål”

- Kan maskiner oppføre seg *som om* de er intelligente (“Weak AI”)
 - ✓ “De kan bare gjøre det vi har fortalt dem”: Lærende systemer
 - ✓ Formelle grenser (Gødel osv.): Mennesker er underlagt de samme
 - ✓ (Noen) AI systemer oppfører seg påviselig intelligent!
- Kan maskiner ha “mind” (bevissthet, sinn, sjel) (“Strong AI”)
 - ✓ Vanskelig filosofisk spørsmål å stille presist og å besvare
 - ✓ Materialisme/mentalisme: Hva bygger menneskets “mind” på
 - ✓ Minsky: “Mind is what the brain does”
- Er intelligens - bevissthet - liv avhengig av en biologisk basis - eller kan disse fenomenene “implementeres” på andre grunnlag ?

Hva vil fremtiden bringe?

- Vi overvurderer ofte den kortsiktige utviklingen (2-10 år), men undervurderer alltid den langsiktige (10-50, eller .. 1000 år)
- AI på kort sikt
 - ✓ Teori: "Lineær" akkumulering av vitenskapelige resultater
 - ✓ Praksis:
 - AI/KBS innlemmes videre i mainstream IT
 - Agenter + Internet
- AI på lang sikt
 - ✓ Superintelligente maskiner?
 - ✓ Menneske/maskin symbiose?
 - ✓ Intelligent nanoteknologi?
 - ✓ Real Artificial Life?

Oppsummering

- AI er en tverrfaglig disiplin og kan defineres som læren om rasjonelle (intelligente) agenter
- Intelligente agenter må kunne løse problemer, ha kunnskap, resonnere, planlegge, håndtere usikkerhet, lære og kommunisere
- Kunnskapsteknologi er anvendelse av AI for å løse problemer av praktisk og økonomisk verdi
- AI har en 50 års historie bak seg, er i stadig videreutvikling, og har en åpen fremtid!

Kursinnhold

1. AI – Innledning og oversikt
2. Intelligent Agents
3. Solving Problems by Searching
4. Logical Agents
5. First-Order Logic
6. Agents That Plan
7. Planning and Acting
8. Agents That Reason Under Uncertainty
9. Making Simple Decisions
10. Agents That Learn
11. Neural Networks
12. Agents That Communicate
13. Foundations and Prospects

Kursformat

- Forelesninger ved UiO/IfI – se forelesningsplan
- Notater publiseres på semestersiden (pdf)
 - ✓ <http://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF5390/>
- To øvinger som skal innleveres i løpet av semesteret
- Skriftlig 4-timers eksamen
- Foreleser
 - ✓ Roar Fjellheim, prof. II, Computas AS
 - ✓ E-mail raf@computas.no
 - ✓ Tlf. 901 25 705