

Nevrosymbolisk AI og Agentisk AI

ELMED219: Momentliste S01–S11

ELMED219

Vår 2026

1 Grunnleggende paradigmer

- S01: Kontrastere symbolsk og konneksjonistisk AI
- S02: Forklare konseptet nevrosymbolsk integrasjon

2 Kunnskapsgrafer og ontologier

- S03: Beskrive hva en kunnskapsgraf er
- S04: Kjenne til medisinske ontologier
- S05: Diskutere fordeler med nevrosymbolsk AI i medisin

3 Case: Nevrosymbolsk gliomdiagnose

- S06: Nevrosymbolsk AI for gliomdiagnostikk
- S07: Forklare hvordan kunnskapsgrafer kan validere prediksjoner

4 Agentisk AI

- S08: Definere agentisk AI og dens kjerneegenskaper
- S09: Beskrive hvordan en AI-agent kan orkestrere klinisk arbeidsflyt
- S10–S11: Human-in-the-loop og etiske utfordringer

S01: Kontrastere symbolisk og konneksjonistisk AI

Symbolisk AI (GOFAI):

- "Good Old-Fashioned AI"
- Eksplisitte regler og symboler
- Logisk resonnering
- Kunnskapsrepresentasjon
- Ekspert-systemer

Konneksjonistisk AI:

- Nevrale nettverk, dyplæring
- Lærer fra data
- Subsymbolisk representasjon
- Mønstergjenkjenning
- "Black box"

Styrker:

- Forklarbar
- Presise resonnementer
- Kodifiserer ekspertkunnskap

Styrker:

- Lærer komplekse mønstre
- Håndterer støy og usikkerhet
- Skalerer med data

Historisk perspektiv

AI har svingt mellom disse paradigmene – se [AI-vintrene](#). Nå: Kan vi kombinere dem?

S02: Forklare konseptet nevrosymbolisk integrasjon

Nevrosymbolisk AI = det beste fra to verdener

Hovedidé:

- Kombiner **nevralt** (læring fra data, mønstergjenkjenning)
- med **symbolisk** (resonnering, kunnskap, forklarbarhet)

Integrasjonsmønstre:

- ① **Neural → Symbolic:** Nevralt nettverk produserer symboler for resonnering
- ② **Symbolic → Neural:** Symbolisk kunnskap guider nevralt nettverk
- ③ **Hybrid:** Tett integrasjon der begge informerer hverandre

Eksempel: Medisinsk diagnose (hjernetumor)

Nevralt: CNN analyserer MR-bilde, identifiserer tumor-features

Symbolisk: Regelbasert klassifikasjon iht. [WHO-kriterier](#)

Integrert: Kombinerer bildefunn med kliniske regler for diagnose

S03: Beskrive hva en kunnskapsgraf er

Kunnskapsgraf (Knowledge Graph):

- Strukturert representasjon av kunnskap som en **graf**
- Noder = **entiteter** (personer, sykdommer, legemidler)
- Kanter = **relasjoner** ("behandles med", "forårsaker")

Trippel-representasjon:

(Subjekt, Predikat, Objekt) – (*Diabetes, behaves_med, Metformin*)

Anvendelser:

- Google Knowledge Graph
- Medisinsk beslutningsstøtte
- Legemiddelinteraksjoner

Fordeler:

- Maskinlesbar kunnskap
- Resonnering over relasjoner
- Linked Data

Teknologier

RDF, OWL, SPARQL, SHACL – standarder for kunnskapsrepresentasjon, spørring og validering

S04: Kjenne til medisinske ontologier

Ontologi = formell spesifikasjon av begreper og relasjoner i et domene

Viktige medisinske ontologier/terminologier:

| Navn | Beskrivelse | Anvendelse |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| SNOMED CT | Kliniske termer, 350 000+ begreper | EPJ, klassifisering |
| ICD-10/11 | Internasjonal sykdomsklassifikasjon | Rapportering, statistikk |
| LOINC | Laboratorieundersøkelser | Labresultater |
| RxNorm | Legemidler | Forskrivning |
| WHO CNS 2021 | CNS-tumorklassifikasjon | Gliomdiagnose |

WHO 2021 CNS-klassifikasjon

Integrerer histologiske og molekylære kriterier. Eksempel: [IDH-mutant astrocytom](#) krever både histologi og IDH-mutasjonsstatus.

S05: Diskutere fordeler med nevrosymbolisk AI i medisin

Potensielle fordeler:

- ① **Forklarbarhet:** Symbolsk komponent gir tolkbare resonnementer
- ② **Dataholdighet:** Symbolsk kunnskap kompenserer for lite data
- ③ **Robusthet:** Regelbaserte begrensninger forhindrer absurde prediksjoner
- ④ **Oppdaterbarhet:** Ny medisinsk kunnskap legges til som regler/fakta
- ⑤ **Samsvar med retningslinjer:** Kode WHO-kriterier, guidelines direkte
- ⑥ **Validering:** Sjekk om prediksjoner er konsistente med kjent kunnskap

Hvorfor dette er viktig i medisin

Medisin er et domene der ekspertkunnskap er rik, forklarbarhet er kritisk, og feil kan være fatale. Ren dyplæring er ofte utilstrekkelig.

S06: Nevrosymbolisk AI for gliomdiagnostikk

Case study fra Lab 3, Notebook 08:

Problemet:

- Gliom-klassifikasjon krever både **bildeanalyse** (MRI) og **molekylære markører** (IDH, MGMT, 1p/19q)
- WHO 2021 krever integrasjon av flere informasjonskilder

Nevrosymbolisk løsning:

- ① **Neural komponent:** CNN segmenterer tumor i MRI (BraTS)
- ② **Symbolisk komponent:** WHO-kriterier kodet som kunnskapsgraf
- ③ **Integrasjon:** Regelbasert klassifikator bruker CNN-output + molekylære markører

Resultat

Diagnose som er både **bildebasert** (CNN) og **kriteriekonform** (WHO) – med forklarbar resonnering.

S07: Forklare hvordan kunnskapsgrafer kan validere nevro-onkologiske prediksjoner

Validering av **nevro-onkologiske prediksjoner med symbolsk kunnskap:**

Scenario:

- CNN predikerer: "Glioblastom med IDH-mutasjon"
- Kunnskapsgraf inneholder: "Glioblastom er per definisjon IDH-villtype (WHO 2021)"
- **Konflikt detektert!**

Valideringsmekanismer:

- ① **Konsistenssjekk:** Er prediksjonen logisk konsistent?
- ② **Regelvalidering:** Oppfyller prediksjonen nødvendige kriterier?
- ③ **Plausibilitetssjekk:** Er kombinasjonen av funn realistisk?

Verdi

Fanger opp potensielle CNN-feil **før** de når kliniker. Øker tilliten til systemet.

S08: Definere agentisk AI og dens kjerneegenskaper

Agentisk AI = AI som handler autonomt mot mål

Kjerneegenskaper:

- ① **Autonomi:** Handler (gjerne iterativt) uten kontinuerlig menneskelig input
- ② **Målrettet:** Jobber mot definerte mål
- ③ **Planlegging:** Bryter ned komplekse mål i deloppgaver
- ④ **Verktøybruk:** Kan bruke eksterne verktøy (API, databaser)
- ⑤ **Refleksjon:** Evaluerer egen fremgang, justerer strategi
- ⑥ **Minne:** Husker kontekst over flere interaksjoner og iterasjoner

LLM-baserte agenter:

- LLM som “hjerne” og “orquestrator” – resonnerer og planlegger
- Verktøy-kall ([function calling](#)) for handlinger
- Eksempler: [AutoGPT](#), [LangChain](#), [Claude tool use](#), [OpenAI Operator](#), [CrewAI](#)

S09: Beskrive hvordan en AI-agent kan orkestrere klinisk arbeidsflyt

Eksempel: Agentisk AI for gliomutredning

Scenario: Lege ber om "Utred ny MR for mulig gliom"

Agenten kan:

- ① **Hent data:** Koble til [PACS](#), laste ned MR-bilder
- ② **Analyser:** Kjør [BraTS-segmentering](#), beregn tumorvolum
- ③ **Litteratur:** Søk [PubMed](#) for relevante studier
- ④ **Biobank:** Sjekk om molekylær analyse er tilgjengelig
- ⑤ **Klassifiser:** Bruk WHO-kriterier for tentativ diagnose
- ⑥ **Rapporter:** Generer strukturert rapport for [MDT-møte](#)

Orkestrering

Agenten **koordinerer** flere AI-systemer og datakilder mot ett klinisk mål – uten at legen må gjøre hvert steg manuelt.

S10: Forklare konseptet human-in-the-loop i agentiske systemer

Human-in-the-loop (HITL) i agentisk AI:

- Selv autonome agenter trenger **menneskelig tilsyn**
- Spesielt viktig for beslutninger med store konsekvenser

Implementeringsmønstre:

- ① **Godkjenningspunkter:** Agent pauser for godkjenning før kritiske handlinger
- ② **Konfidensterskel:** Menneske involveres når agent er usikker
- ③ **Audit trail:** Alle handlinger logges for review
- ④ **Overstyring (Overriding):** Menneske kan avbryte eller korrigere agent

I medisinsk kontekst

Agent kan samle data og foreslå diagnose, men **legen** tar endelig beslutning. Agenten er en "superkraftig assistent", ikke en autonom beslutningstaker.

S11: Diskutere etiske utfordringer med autonome AI-agenter i helsevesenet

Eтиke utfordringer:

- ① **Ansvar:** Hvem er ansvarlig når en agent gjør feil?
 - Utvikler? Sykehus? Lege som "slapp løs" agenten?
- ② **Autonomi og kontroll:** Hvor mye autonomi er for mye?
 - Risiko for utilsiktet handling
- ③ **Transparens:** Kan vi forstå hvorfor agenten tok beslutningene?
- ④ **Sikkerhet:** Agenter med tilgang til systemer = angrepsflate
- ⑤ **Dehumanisering:** Risiko for å redusere menneskelig kontakt i helse
- ⑥ **Overtillit:** "Automation bias" – blindt støle på agenten

Prinsipper for ansvarlig agentisk AI

Gradvis autonomi, robust HITL, klar ansvarsfordeling, omfattende testing, kontinuerlig overvåking

Oppsummering: Nevrosymbolisk AI og Agentisk AI

Nevrosymbolisk AI:

- S01–S02: Kombinerer nevralgt (læring) og symbolisk (resonnering)
- S03–S04: Kunnskapsgrafer og medisinske ontologier
- S05–S07: Fordeler i medisin, case gliomdiagnose, validering

Agentisk AI:

- S08: Autonome, målrettede AI-systemer med planlegging
- S09: Orkestrering av kliniske arbeidsflyter
- S10–S11: HITL og etiske utfordringer

Lab 3, Notebook 08

Utforsk en detaljert case study som demonstrerer nevrosymbolisk gliomklassifikasjon og agentisk orkestrering.