

AI-baserat Interaktivt, Individuellt och Illustrativt lärande i Matematik (AI4Ma)

Projektet AI4Ma är ett samarbete mellan matematikenheten vid institutionen för teknik och naturvetenskap vid Linköpings universitet (Campus Norrköping) och Ebersteinska gymnasiet i Norrköping om ett digitalt lärande finansierat av Norrköpingsfonden. Inom projektet kommer vi att utveckla nya AI-metoder för ett interaktivt, individuellt och illustrativt digitalt lärande i kursen Matematik 3C (Ma 3C).

Bakgrund

(a) Forskning inom digitalt lärande:

Matematik är ett grundläggande ämne på gymnasiet och används också inom flera tillämpade ämnen såsom fysik och kemi. Kan vi lyckas hjälpa gymnasielever att bli mer framgångsrika i sina matematikstudier kommer det få positiv återverkan på hela deras studiegång.

Forskargruppen bakom projektet är vid institutionen för teknik och naturvetenskap (ITN) vid Linköpings universitet (LiU). Gruppen har en gedigen bakgrund inom grundutbildningen och erhållit ett flertal pedagogiska anslag. Under det senaste decenniet har forskargruppen gjort sig känd som en förnyare av utbildningen i matematik vid LiU, och skaffat sig en unik kompetens inom interaktivt, individuellt och illustrativt digitalt stöd och digital salsexamination. Detta har medfört att LiU ligger i framkant när det gäller digitalt lärande i matematik.

I det digitala stödet har vi använt e-läroplattformen Möbius för att stärka och effektivisera elevernas lärande och examination i kurser med matematiskt innehåll. Aktiv inlärning tillsammans med återkoppling är centrala begrepp inom pedagogisk forskning. I matematik är det särskilt viktigt att vara aktiv i sitt kunskapsinhämtande och att man får tydlig återkoppling på sina lösningar. Med Möbius har vi vidareutvecklat undervisning och examination genom att individanpassa och tydligare sätta elevens lärande i fokus. Adaptiva övningar har utvecklats där eleverna löser uppgifter och får förklaringar i steg anpassade efter deras behov med individanpassad feedback. Läroplattformen kan också användas vid examination (tentamen, kontrollskrivningar, nätduggor m.m.), eftersom Möbius har möjlighet till hög säkerhet och kan automaträtta övningar så att rättningsarbetet effektiviseras. Den därmed frigjorda tiden kan användas att ge ytterligare stöd till eleverna. Hittills har vi bland annat

- Implementerat digitalt stöd i flera av våra matematikkurser med framgång; där enkätundersökningar visar elevernas uppskattning.

- Startat år 2022 sommarkursen¹ ”Förberedande matematik” 6hp ETES43. Sommaren 2023 hade den med över 1400 antagna deltagare och över 700 förstagångs registrerade samt över 300 godkända.

Forskargruppen för diskussioner med ledningen för ITN om att skala upp det digitala stödet och bilda ett centrum för digitalt lärande i kurser med matematikinnehåll (CDLM). Projektet AI4Ma kommer att dra stor nytta av den storskaliga satsningen som CDLM kommer att ha. Det kommer också att framtidsäkra att samarbetet med gymnasieskolor som inleds i projektet kommer utvecklas att inkludera andra matematikkurser än Ma 3C samt kurser med matematikinnehåll.

(b) Forskning inom AI för digitalt lärande:

Medverkandeforskare har tillsammans med kollegor från avdelningen Medieteknik vid ITN bildat en forskargrupp: Matematik för maskininlärning (MML). Artificiell Intelligens (AI) och speciellt så kallad maskininlärning, som på engelska kallas Machine Learning (ML), har etablerat sig som en grundläggande teknologi inom i stort sett alla tillämpningsområden. Forskargruppen MML har utvecklat nya formuleringar av matematik och toppmoderna metoder för maskininlärning samt handlett en doktorand inom vad som kallas neurala nätverk inom ML, se webbsidan² [Mathematics for Machine Learning](https://liu.se/en/research/mathematics-for-machine-learning). Metoder som framtagits ska nu tillämpas inom AI-delen av projektet.

Syfte och mål

Syftet med projektet är att bygga vidare på och kombinera den gedigna kompetens som forskargrupperna har inom digitalt lärande och AI-forskning, för att i samarbete med gymnasielärare (till början med Ebersteinska gymnasiet) skapa ett unikt AI-baserat digitalt stöd i gymnasiekursen Ma 3C. Det övergripande ambitiösa målet är att klara av det mesta av följande:

- skapa individuella, interaktiva och illustrativa teoriavsnitt med exempel, övningar och digitala hem- och salsskrivningar som stöttar samt testar elevernas förståelse av Ma 3C, där grafer, bilder, ljud och även programmering är naturliga inslag.
- öppna för att adaptiv ledning kan ges för att undvika att elever fastnar på en uppgift och inte kommer vidare.
- effektivisera rätningsarbete och feedback genom automaträttning.

¹<https://liu.se/artikel/antagen-forberedande-matematik-pa-natet>

²<https://liu.se/en/research/mathematics-for-machine-learning>

- Utveckla AI-metoder (AI-motor) till att designa ett individuellt lärande och feedback.
- Det slutgiltiga resultatet av det framtagna lärmaterialet i Möbius tillsammans med AI-motorn kommer att erbjudas till gymnasieskolor i Norrköping.

Kort beskrivning av några huvudutmaningar

I maskininlärning används data för att träna så kallade neurala nätverk. Genom att visa upp data och tala om för datorn vad som finns i data, så kan nätverket lära sig att känna igen liknande objekt i data. Till exempel, om vi visar många bilder av hundar för datorn kan nätverket känna igen hundar i bilder. En förlösande faktor i utvecklingen av maskininlärning var när man började använda många lager av nätverk och massivt stora data för träningen av nätverken, och begreppet djup inlärning, Deep Learning (DL), etablerades. Framgången som maskininlärning har rönt de senaste åren står att finna i tillgången på data med hög kvalitet och tillgången till snabba datorer som kan processa data med hög hastighet för att träna och optimera parametrarna, bland annat vikterna i nätverken. Tillgången till data är en flaskhals inom maskininlärning och att fånga in och analysera bilder som ska användas för träning av neurala nätverken är mycket tidskrävande.

Vi ger en kort inblick i de utmaningar vi kan möta inom projektet AI4Ma genom att lista några av dessa utmaningar och vilka möjligheter vi har för att lösa dessa samt nyttan med det framtagna stödet.

- Samla in unik träningsdata: Det finns ingen träningsdata för kursens innehåll. Under kursens gång kommer (anonym) data att insamlas från elever med förhoppning att använda AI-metoder som gruppen framtagit för att ytterligare förfinas återkoppling till elever (och lärare) om vilken nivå elever befinner sig och vad de behöver träna på ytterligare.
- Utvecklande av AI-metoder för individuell feedback: Beroende på de svar som en elev ger på ett frågeavsnitt så ska efterföljande frågor baseras på automatisk bedömning av kunskapsnivån och vad som är lämpligt att träna på. I stödet ska åtminstone någon differentiering göras på individnivå. Mer långsiktigt så ska varje elev få individuell återkoppling med förslag om vad som behöver övas på ytterligare och vilka avsnitt och inspelade föreläsningar som de behöver gå igenom.
- Framtagande av lämpliga övningar och material för kursen Ma 3C med hänsyn till pedagogisk forskning kring digitalt lärande: En viktig del av stödet blir att tillsammans med medverkande forskare inom

AI, pedagogik och didaktik modifiera det redan framtagna materialet i Möbius och skapa för eleverna intressanta uppgifter på rätt nivå, från grundläggande till avancerad. I samarbetet ska undersökas hur väl resultat på skapade uppgifter förutsäger hur en elev kommer att prestera på tester och prov. Möjligheterna är många och flexibiliteten stor i Möbius, med alltifrån rena inövningsuppgifter till kontroll av elevens förståelse genom frågor kring grafer och bevis.

- Implementering av AI-metoder och feedback med grund i lärplattformen Möbius.

Möjligheter att utveckla eller lösa utmaningarna ovan

Medverkandeforskare är väl rustade för utmaningarna. För det första är de aktiva inom digitalt lärande, med stor erfarenhet av att utveckla material i vald lärplattform, vilket bland annat resulterat i ovannämnda sommarkurs ETES43. Samarbetet med Ebersteinska gymnasiet kommer vara till stor nytta vid framtagande av lämpligt pedagogiskt material. De inblandade forskarna har också utvecklat nya AI-metoder för att träna så-kallade neurala nätverk. Sådana metoder kan vidareutvecklas för att ge individuell feedback (det omtalade programmet ChatGPT använder neurala nätverk vilket visar på potentialen). Vidare finns vid Campus Norrköping lämplig datorutrustning och specialkompetens som behövs för att bygga ihop systemet med individuell feedback.

Forskarna har också under lång tid bedrivit forskningsprojekt inom matematik och AI och har god vana att möta utmaningar och tidsplaner.

En klass som läser kursen Ma 3C kommer att få tillgång till lärmaterialet i Möbius och använda detta som ett komplement till ordinarie undervisning. Varje elev får en licens och kan ta del av hela utbudet både som repetition under sina lärarledda lektioner och som extra material att arbeta med utanför lektionstid. De interaktiva inslagen kommer läraren att använda för att tydliggöra vissa moment vid genomgångar och förklaringar. Läraren kommer också att hänvisa till materialet framförallt för de studenter som behöver repetera något moment och för de elever som behöver extra utmaning. Även funktionen att enkelt kunna skapa självriktade test kommer att användas regelbundet för att snabbt och enkelt kunna se om eleverna har förstått de genomgångna momenten, ge återkoppling till eleverna och använda underlaget vid planering av undervisningen.

Genom att utveckla AI/NODE så kan skoluppgifter individanpassas genom att först träna det neurala nätverket och sedan använda det under studietiden. Data kommer att behöva samlas in genom att eleven anonymt

ger feedback på hur man upplever uppgifternas svårighetsgrad. När AI:n har tränats så kommer den att kunna ge individanpassat förslag på uppgifter som är på lagom nivå. Uppgifterna kommer att kategoriseras i olika svårighetsnivåer och eleven kan vid behov och dynamiskt välja en lägre eller en högre svårighetsgrad. Till varje uppgift och vid behov så kan AI:n hänvisa till tidigare exempel eller introduktion till ämnet för att underlätta elevens arbete.

Över tid så kommer AI:n att förbättras och kunna ge fler referenser och hänvisningar till kursinnehåll. Den automatiska rättningen kommer att uppmuntra eleven att ta sig an nästa steg i studierna samt effektivisera lärarens arbete kring rättning.

3.5. Resultat och nytta

Kommunen kommer att få direkt nytta av projektet bland annat då det är riktat mot den kommunala gymnasieskolan. Sammantaget listar vi följande:

- Elevens nytta: Varje elev får ett skräddarsytt individuellt stöd som kan användas både i skolan och i hemmet. Genom individuella, interaktiva och illustrativa teoriavsnitt med exempel och övningar stöttas samt testas elevernas förståelse av kursen. Det matematiska innehållet ges även i illustrativa inslag som grafer, bilder och videos för att underlätta djupare och mer hållbar förståelse. Individuella och interaktiva exempel och övningar ger eleverna möjlighet att stegvis få förklaringar och återkoppling på sitt lärande. Inom stödet finns också möjlighet till adaptiv ledning som kan ges för att undvika att eleven direkt fastnar på en uppgift och inte kommer vidare. Stödet ger också möjlighet till kooperativ inlärning, dvs tillfällen kan skapas för elever att träffas och jobba tillsammans. Elever kan testa sin förståelse hur ofta de vill genom självvärterande tester och diagnoser och har också möjlighet att ladda upp handskrivna lösningar för återkoppling. För de elever som inte kommer från en akademisk hemmiljö eller har någon typ av funktionshinder tror vi att stödet kommer att vara till stor hjälp. Stöder kommer också att kunna ge högpresterande elever den extra utmaning och stimulans som de behöver.

Eleverna saknar idag framförallt ett material som de kan arbeta med på egen hand utanför klassrummet när de inte har tillgång till lärarens hjälp och stöttning. Det material som används idag ger inte eleverna någon stöttning längs vägen medans detta projekt ger eleverna stöd när de kör fast.

I befintliga läromedel finns det inte många uppgifter på varje svårighetsgrad inom varje område. Uppgifterna är för få för de elever som behöver myc-

ket träning på en viss nivå, vilket leder till att eleven inte får möjlighet att repetera en metod tillräckligt för att befästa sina kunskaper innan de går vidare till en högre nivå. Det finns flera olika webbsidor där teori och övningar varvas, men dessa sidor saknar helt individuell anpassning till varje enskild elev. De innehåller dessutom begränsat med interaktiva inslag, samt endast ett fåtal exempel och uppgifter där lösningar endast presenteras i sin helhet utan möjlighet till vägledning längs vägen. Detta projekt ger mycket större möjlighet till individuell repetition och stöd.

Kunskapsmatrisen är en tjänst som används av gymnasieskolorna i Norrköpings kommun. Detta är en uppgiftsbank där lärare kan skapa tester och prov, antingen digitalt med självriktade uppgifter eller traditionellt med papper och penna. Eleverna kan sedan se sitt resultat i matrisform och kan på så sätt få en bild av vilka områden som behöver utvecklas ytterligare. Vid de digitala proven saknas dock ett matematiskt verktyg för att redovisa sina lösningar, vilket gör det svårt för lärare att bedöma elevens lösningar och skriftliga kommunikation. Kunskapsmatrisen saknar helt teori, exempel och interaktiva övningar samt har ett begränsat utbud av uppgifter och sällan fler än ett par uppgifter för varje metod och svårighetsnivå. Eleverna kan inte heller få någon vägledning vid lösande av uppgifter.

Syftet med undervisningen är att eleverna under sina matematikstudier ska nå en högre måluppfyllelse, men också att stimulera dem till ett lustfyllt och intresseväckande lärande.

Projektet kommer att utveckla material som utvecklar och utmanar elever med olika behov och förutsättningar, både elever som har svårt för matematik och elever som har en högre matematisk förmåga.

- Gymnasielärarens nytta: Många av punkterna ovan kan tillämpas på lärarens arbete. Dessutom kan läraren använda stödet för att variera och individanpassa undervisningen. Stödet kan komplettera eller ersätta det befintliga läromedlet i något moment genom sitt interaktiva och illustrativa innehåll. Läraren kan utvärdera och ge feedback på elevernas kunskaper på ett effektivare sätt genom automatiskt tester och diagnoser. Möjligheten att följa elevernas resultat ger läraren en unik möjlighet att anpassa sin undervisning utifrån elevernas behov. Materialet ger också möjlighet till digitalisering av prov, vilket är en bra förberedelse inför de nationella proven som i framtiden kommer att genomföras digitalt. Under de senaste åren har vi matematiklärare sett en större utmaning i att skapa intresse och motivation hos eleverna i

matematikkurserna. Detta gäller såväl under lektioner som utanför lektionstid. Vi ser också att få av våra elever har föräldrar med akademisk bakgrund, vilket leder till att många elever inte har möjlighet till hjälp och stöttning i hemmet.

Många elever kommer dessutom med svaga förkunskaper och därmed begränsad möjlighet att följa med och ta till sig kunskapen i gymnasiekurserna.

- Forskningen på Campus: Utveckla AI-metoder till att designa ett individuellt lärande. Gruppen får genom projektet en unik möjlighet till utveckling och förfining av framtagna AI-metoder och tillämpa dessa inom ett mycket viktigt område, digitalt lärande av matematik. Detta kommer att kraftigt stärka Campus som en drivande motor in AI och undervisning.
- Studier på Campus: En viktig aspekt av det akademiska arbetet är att locka elever till högre utbildning vid Campus Norrköping. Elever på gymnasiet kommer via framtaget material att tidigt komma i kontakt med forskningsresultat från Campus Norrköping, vilket kan öka intresset att stanna inom kommunen och studera på Campus. Vidare kan elever på våra program i framtiden vara med och utveckla AI metoder mot undervisning.

Projektgruppens sammansättning

Huvudansvarig är Bitr. prof. George Baravdish (ITN/Campus Norrköping). Medverkande är Claes Algström, Tomas Johansson, Lukas Maly, Olof Svensson, och Berkant Savas (alla vid ITN/Campus Norrköping) samt Anneli Carlshamre (Ebersteinska gymnasiet). Baravdish har som chef och studierektor sedan år 2000 varit med och utvecklat matematikkurserna vid ITN/Campus Norrköping. Han har också bedrivit många pedagogiska projekt och lett gruppen till att vinna ett flertal anslag från PUG, Didacticum och Rektorsutlysning för utveckling av matematikundervisningen. Baravdish har lång erfarenhet av forskning inom matematik med tillämpningar inom AI, bildbehandling, matematisk onkologi och telekommunikation. Baravdish och hans grupp har mer än 100 internationella refererade tidskrifter. I gruppen finns också Tomas J. som har jobbat med projektet Mattecoach och TalkMath (nominerade till det internationella priset QS Reimagine Education Awards - the "Oscars" of Education, 2019). Lukas Maly har vunnit *Gyllene moroten*, Claes Algström har regelbundet blivit nominerad till lärarpriser, Berkant Savas har erfarenhet av olika tillämpningar av AI och ger nu kursen Matrismetoder för AI, TNA010, på avancerad nivå, samt Olof Svensson som

har erfarenhet av att ha arbetat på Didacticum med att utveckla undervisning.

George Baravdish, Bitr. prof.
george.baravdish@liu.se
Studierektor och chef för matematik
Institutionen för teknik och naturvetenskap (ITN),
Campus Norrköping
Linköpings universitet