

Formidlingstekst til PhD afhandlingen:

Maritime Surveillance: Finding Dark Ships with Satellites and Artificial Intelligence

Bedre overvågning af havene:

Fra Arktis til Østersøen - beskyttelse af kritisk infrastruktur og arktiske farvande

Flere og flere skibe udgør en global sikkerhedstrussel. Vi har set det med Nord Stream-gasledningerne, kommunikationskabler, der bliver ødelagt, vindmølleparker, der bliver udspioneret, og ved at vi ikke har fuldt overblik over hverken amerikansk eller russisk aktivitet i Arktis. Globalt er over 20 % af alle større skibe og over 70 % af alle mindre skibe "mørke", dvs. de fortæller ikke, hvor de er, eller hvad de laver, selvom de er forpligtet til det ved lov. Det samme gjaldt de skibe, der sprængte Nord Stream, ødelagde fiberkabler i Baltikum, Nordsøen, ved Færøerne og mange andre steder (illustreret ved figur 1). Vi som samfund er derfor nødt til at blive bedre til at overvåge havene. For vores alles sikkerhed.



Figur 1: Fiberkabler bliver ødelagt af "mørke skibe". Min forskning har netop handlet om at finde disse mørke skibe, så vi kan stoppe dem, før de forårsager skader.

I min forskning har jeg udviklet metoder til at finde disse "mørke skibe" med særligt fokus på områder, hvor det er ekstra svært at opdage dem - altså i store områder langt fra kysten. Jeg har forsket i, designet og udviklet metoder til at finde og karakterisere mørke skibe ved hjælp af bl.a. satellitter og kunstig intelligens. Mine AI-modeller kan detektere, identificere og spore dem via satellitdata, hvor jeg har kombineret og fusioneret radar, optiske sensorer og radiofrekvensmålinger.

Gennem hele min forskning har jeg fokuseret på, hvordan jeg kan øge kapaciteten hos myndighederne. Altså hjælpe forsvaret (FMI, Arktis Kommando m.fl.) og dermed samfundet og har da også fået besøgt Arktisk kommando i Nuuk flere gange. NATO har tildelt mig en af deres Early Career Awards i 2024. Det peger på, at problemstillingen (og især min forskning og resultater) har international relevans, og at Danmark selv har mange af de tekniske kompetencer, der skal til for at løfte opgaven.

Hvorfor skal vi have mere maritim overvågning?

Vores maritime miljø spiller en afgørende rolle for den globale økonomi og sikkerhed. Omkring 90% af al verdenshandel transporteres over havet, et tal der kun øges med åbningen af nordøst og nordvest passagerne. Et af de mest alvorlige problemer er "mørke skibe": skibe der ikke udsender information om deres identitet og position, selvom de er forpligtet til det ved lov. Dette betyder, at enorme dele af den maritime aktivitet foregår uden at vi kender til det. Selvom ikke alle mørke skibe laver ulovlige aktiviteter, er langt de fleste skibe, der begår kriminalitet på havet, enten mørke eller sender falsk information (kaldet spoofing). Det omfatter bl.a. ulovligt fiskeri, smugling, og uautoriseret indtrængen i nationale farvande (læs: udenlandsk militær). For Danmark og det internationale samfund udgør dette et stort sikkerhedsproblem i lyset af den nuværende geopolitiske udvikling.

Behovet for effektiv maritim overvågning er, om muligt, blevet endnu vigtigere i de seneste år på grund af den ændrede sikkerhedssituation, særligt i Arktis, hvor der er en kompleks sikkerhedsdynamik. Arktisk Kommando, med baser i bl.a. Nuuk og Kangerlussuaq, har ansvaret for maritim overvågning i et enormt område på cirka 2,2 millioner km² omkring Grønland. Med begrænsede ressourcer i form af patruljeskibe og fly, er AKO i stigende grad afhængig af satellitbaseret overvågning.

En teknologisk løsning på et globalt problem

I min PhD-afhandling forsøger jeg at løse disse udfordringer ved at udvikle avancerede metoder til at opdage og karakterisere mørke skibe ved hjælp af især satellitter og kunstig intelligens, med klare paralleller til de andre redskaber man har til rådighed. Forskningen blev finansieret af det danske forsvar som en del af det større Dark Ship-projekt, hvilket understreger dens operationelle relevans.

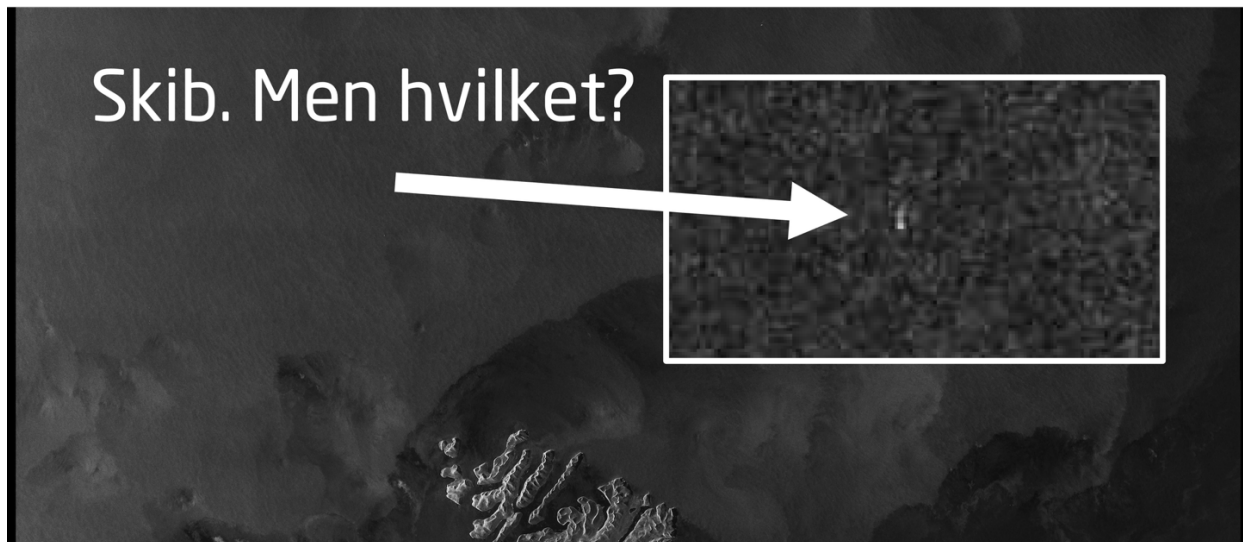
Satellitter er helt essentielle for effektiv overvågning, især i store områder, hvor brugen af droner, skibe, eller fly er som at lede efter en nål (skib) i en høstak (havet). Hvis ikke man først har en idé om, hvor nålen er, er det nærmest umuligt at finde den. Satellitter hjælper os med at vide cirka, hvor "nålen" er, hvorefter vi kan bruge droner, fly, skibe, eller endda specialiserede "spion"-satellitter til at finde den præcise placering af nålen. Men satellitter genererer enorme mængder data. Den store datamængde gør brugen af kunstig intelligens helt nødvendig for at behandle og analysere data effektivt og præcist.

Jeg har fokuseret på fire primære datakilder: optiske billeder, som giver god information, men som er nærmest ubrugelige, når der er skyer, eller det er mørkt (der er ofte skyer over havet, og der er mørkt store dele af året i dele af Arktis); radarbilleder (kaldet SAR-data), som kan bruges selv gennem skyer og når det er mørkt; radiofrekvens data, som overvåger de signaler, som skibe selv udsender, f.eks. via deres navigationssystemer; og endelig Automatic Identification System (AIS), som er de positionsdata, som skibe per lov skal udsende. De bruges især til at filtrere "lovlige" skibe fra "mørke" skibe.

Forsvaret løser sine opgaver ved først at indhente information, bearbejde informationen, og når man har tilstrækkelig (og god nok) viden, kan man tage en beslutning og udføre sin aktion. Dette kaldes i daglig tale OODA-loopet. Det lyder simpelt, men det er det ikke. Min PhD-afhandling indeholder seks artikler, som løser forskellige

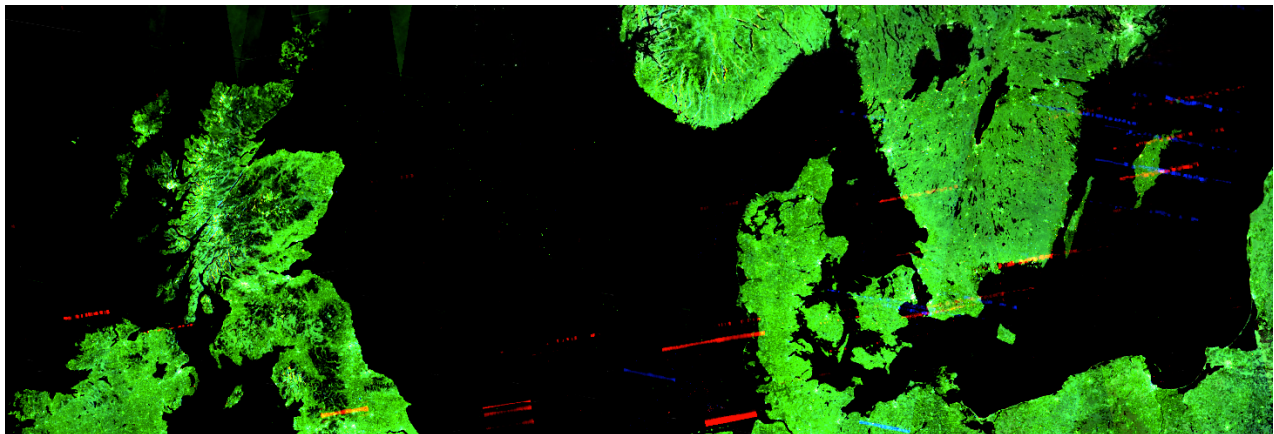
delelementer af dette loop. Tænk tilbage til høstakken: mine to første artikler handler om at lede hele høstakken igennem. I mine to næste artikler udviklede jeg metoder til at beskrive nålen (skibet) efter den er fundet, da man foretager meget forskellige beslutninger ved f.eks. en dansk fiskekutter eller et udenlandsk militærskib. Når man har en overordnet idé om, hvor nålen (skibet) er, skal man kigge meget mere detaljeret med en anden platform. Det kaldes Tip and Cue. I min femte artikel udviklede jeg en metode, der kan forudsige, hvor skibene sejler hen, så vi ved, hvor vi skal sende f.eks. vores drone hen. I min sjette artikel viste jeg, hvordan det maritime situationsbillede forbedres, når man fusionerer viden fra forskellige platforme.

At finde "mørke skibe" langt fra kysten lyder enkelt: man leder efter noget, der flytter sig på havet. I praksis er det svært, fordi sensorerne ser meget mere end skibe. I radarbilleder kan bølger, skær og andre objekter ligne skibe. I Arktis bliver det endnu sværere, fordi især isbjerge øger risikoen for falske alarmer og for, at man overser det, man leder efter. Derfor har jeg udviklet mine egne kunstig intelligens-modeller. Den ene lille og hurtig, den anden er stor og langsom.. Satellitterne producerer enorme datamængder, og hvis alt skal sendes ned og analyseres på jorden, mister man tid. En vigtig pointe i afhandlingen er derfor også brugen af små og hurtige modeller, der kan køre direkte på satellitten (det kalder vi AI on-board) så man kan sende resultater og prioritere opfølgende observationer hurtigere. Omvendt bruges den store model til meget detaljerede analyser, når vi først har modtaget satellitdataene.



Figur 2: Illustration of et skib (zoom) i et radarbillede.

Når et skib først er fundet, er en prik på et kort ikke nok. Man agerer meget forskelligt over for fiskefartøjer og fremmed militær. Derfor skal man kunne karakterisere skibet: størrelse, retning, adfærd og potentielle tegn på intention. Her rækker jeg ud over klassisk billedanalyse og ind i signalforståelse. Et eksempel er, at jeg har brugt forstyrrelser i radardata, som ofte behandles som "støj", til at udlede information om hardware om bord på skibet. Jeg kunne dermed sige noget om den luftovervågningsradar, som militærskibe anvender. Dette er vist i Figur 3 nedenfor, hvor de røde og blå striber stammer fra interferens fra jordbaserede signaler. Signaler, som jeg kan bruge til at karakterisere den transmitter, der udsendte signalet. Det kobler satellitdata, signalanalyse og operativ vurdering.



Figur 3: En samling af mange radarbilleder. De røde og blå striber viser steder, hvor vi har luftovervågningsradare. Dem vi finder på havet, kan vi bruge til at sige noget om, hvad skibet kigger efter.

Min PhD afhandlingen består af seks artikler, der hver tager fat på et konkret problem inden for maritim overvågning. Pointen er at de tilsammen viser, hvordan hele kæden hænger sammen, når man vil finde og forstå mørke skibe i praksis. Selvom satellitter er et utrolig vigtigt element, kan satellitter ikke stå alene i nogle former for operationelle scenarier. Vi skal forbinde dem med data fra fly, droner, vores egne skibe, andre satellitter og alle mulige andre platforme. På den måde kan vi udnytte de forskellige fordele fra dem hver især.

Truslen fra mørke skibe mod kabler, rørledninger og Arktis farvande kræver, at vi ser mere og reagerer hurtigere. Min PhD-afhandling viser en sammenhængende kæde: satellitdetektion, AI-on-board, karakterisering, og datafusion med forskellige typer af satellitdata, samt bidrag til tip-and-cue ved hjælp af forudsigelser af skibsruter. Det viser, hvordan vi kan gå fra store, uoverskuelige maritime områder til praktiske løsninger. Men vi mangler stadig meget. Der er behov for mere forskning i satellitter, men også i andre platforme (droner, jordbaserede sensorer, ...) og i, hvordan vi forbinder dem bedre. Men endnu vigtigere mangler vi et større fokus på hele problemet, hvor vi ikke tænker i siloer og enkelte platforme. Vi skal lære, som samfund, at droner ikke kan løse problemet. Det kan satellitter heller ikke. Eller nye arktiske skibe. Nej. Vi skal designe en samlet løsning, der udnytter alle platforme og teknologier i samspil og forbinder dem i én stor løsning.