

# Situationsmedvetenhet

## Innehållsförteckning

Abstrakt.....	3
Introduktion.....	3
1. Vad är situationsmedvetenhet.....	3
2. Kontext.....	3
3. Bakgrund till situationsmedvetenhet för fartyg.....	4
Sensorer.....	6
1. Bakgrund.....	6
2. Sensorfusion.....	8
3. Vilka sensorer används inom situationsmedvetenhet.....	12
Lidar.....	12
Kamera.....	13
Radar.....	14
Vad klara sensorerna av?.....	15
4. Andra metoder för situationsmedvetandet.....	17
AIS.....	17
UAV.....	18
SAR.....	19
Utmaningar inom Situationsmedvetenhet.....	21
1. Teoretisk modell för situationsmedvetenhet.....	21
2. Datakommunikation.....	23
3. COLREG-regulationerna.....	24
4. Sensorernas utmaningar.....	25
Diskussion.....	26
Avslutning.....	27
Referenser.....	28

## Abstrakt

### Introduktion

#### 1. Vad är situationsmedvetenhet

Situational Awareness kan definieras som situationsmedvetenheten av element och händelser som finns i omgivningen, i förhållande till tid eller rymd. På basis av situationsmedvetenhet kan till exempel ett system få information över hur det ska agera inom snar framtid [1]. Situationsmedvetenhet handlar områden där komplexa och dynamiska system ingår i t.ex. flygplans trafikkontroll, ett fartygs navigationssystem och militära applikationer. Ett systems agerande beror på vilket slags system det är fråga om, då det får en bild av situationen. Detta kan också vara manuellt eller automatiskt beroende på systemet. Ett exempel är hur ett fartyg känner till vilka andra fartyg som finns i närheten, vilken hastighet de har, vilken kurs de har och deras identitet. Denna information fås från de olika sensorer som finns på fartygen, de skickar och tar emot data från andra fartyg, samt från hamnen. På basis av insamlade data kan sedan besättningen på fartyget och i framtiden autonoma fartyg, aktivt ingripa då till exempel fartyget håller en kollisionskurs med ett annat fartyg.

#### 2. Kontext

I denna avhandling kommer situationsmedvetenheten att behandlas i anknytning till analysen av hur sjöfartyg använder och påverkas av situationsmedvetenhet. Detta kan vara till exempel hur ett fartygs navigationssystem är uppbyggt eller hur olika fartyg kan kommunicera med varandra. En annan fråga som kommer att besvaras är vilka slags sensorer fartyg använder mest, när fartygen ska ha en klar bild av situationen i omgivningen.

Det finns också många utmaningar inom uppbyggnaden av lägesbilden, som fås via situationsmedvetenhet, t.ex. hur mycket de olika sensorerna och sensornätverken uppfyller kriterier som sätts för dem. Det finns också utmaningar inom datakommunikation, då det gäller sensornätverken.

Situationsmedvetenhet används också mycket inom forskningen av autonoma fartyg. Dessa fartyg möter på många olika utmaningar. Denna avhandling kommer

att kortfattat även ta upp utmaningar som även autonoma fartyg har och kommer att möta. Till exempel, innan autonoma fartyg kan tas i bruk till måste de anpassa sig sjöfartslagarna (Colreg) eller så måste lagarna förändras.

Den första delen av avhandlingen kommer att behandla grunderna till sensornätverk, och hur sensorfusion fungerar. Utöver det, kommer det också tas upp vilka sensorer som används på fartyg för att uppnå en bra nivå av situationsmedvetenhet och vad de olika sensorerna har för fördelar och nackdelar.

Andra delen av avhandlingen kommer att behandla vilka andra system och metoder som används för att få situationsmedvetenhet, som till exempel AIS, UAV och SAR.

En annan del av analysen kommer att rikta in sig på vilka slags sensorer som används inom situationsmedvetenhet, t.ex. GPS-sensorer, rörelsesensorer och radiosensorer. Med hjälp av dessa olika sensorer får man veta t.ex. hur informationen används ombord på fartyget, hur mycket information ett fartyg kan ta emot och hur informationen påverkar beslutsfattandet ombord. Utöver det kommer en del av avhandlingen också att behandla sensorernas uppbyggnad, sensorfusion och de olika slags sensorer som används inom situationsmedvetenhet.

Den sista aspekten som kommer med i analysen är vilka slags utmaningar det finns för olika fartyg och hurdana utmaningarna kommer att vara i framtiden, då det gäller situationsmedvetenhet.

### 3. Bakgrund till situationsmedvetenhet för fartyg

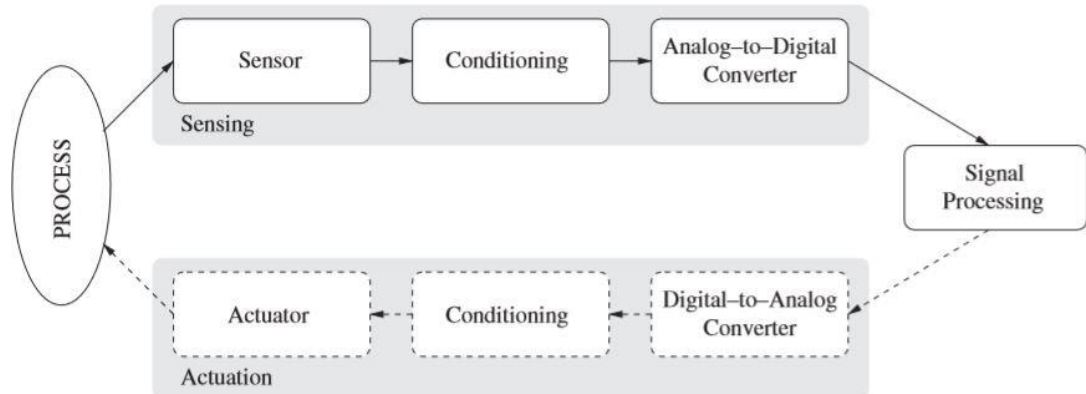
I dagens läge används sensorer och sensornätverk allt mera inom utveckling av olika system, p.g.a. att sensornätverk kan samla ihop mycket relevanta data för systemet. Då fartygstillverkare producerar nya fartyg idag, så försöker de få så mycket som möjligt automatiserat, för att få fartygen att bli säkrare och effektivare, och möjligen i framtiden få mindre besättning ombord. För att öka effektiviteten har sensornätverk blivit en allt större del då fartygen byggs, eftersom de samlar in massvis med relevant information, som kan användas till för att bygga upp en bra lägesbild över vilket tillstånd fartyget är i och vad som pågår utanför fartyget [2]. Om fartyget är i en skärgård, så kan det behövas sensorer som samlar in data över hur det ser ut i omgivningen, är fartyget på kollisionskurs med en ö eller håller

fartyget på att köra in på grund. Här blir det relevant vad för slags sensorer som används, vad de klarar av och vad som är sensorernas räckvidd.

# Sensorer

## 1. Bakgrund

En sensors huvudsakliga uppgift är att registrera och samla information från ett fenomen eller en process. Därefter ska sensorn bearbeta informationen som samlats till olika slags signaler som sedan kan analyseras och användas. Den information som sensorn samlar in är en analog signal, och den signal som sedan läses och analyseras är en digital signal. Till exempel samlar en temperatursensor information om temperaturen från sin omgivning och skapar sedan en signal, som ändras då temperaturen ändras. Denna signal kan sedan konverteras till en digital signal med hjälp av en analog-till-digital-omvandlare och den digitala signalen kan sedan avläsas med hjälp av en slags dator. För hela processen för att få information från en sensor, kan det behövas olika slags filter som förstärker signalen eller tar bort onödigt brus från den. Det existerar ett flertal olika slags sensorer som till exempel temperatursensorer, trycksensorer, positionssensorer och rörelsesensorer [3].



Figur 1. Processen över hur en sensor samlar in data och bearbetar det till digital data [3].

Processen börjar med att en sensor samlar in en signal från den fysiska världen. Efter det måste signalen möjligen förstärkas eller så måste det appliceras ett filter på signalen för att bli av med möjligt brus, innan signalen kan sedan konverteras till en digital signal. Sedan skickas signalen till en analog-till-digital konverterare, som sedan konverterar signalen till en digital signal. I många fall finns det också en regulator implementerat i sensorerna, som låter sensorerna direkt påverka den

process som sensorn uppehåller data över. Detta kan till exempel vara en vanlig sensor som ska uppehålla rumstemperaturen, enligt vad för temperatur som önskas. Om temperaturen sjunker under en viss nivå kan sensorn höja värmen igen i rummet så att den uppnår den temperaturnivå som fanns tidigare. Regulatorn illustreras av den nedre delen av Figur 1.

Ett trådlöst sensornätverk är ett nätverk av sensorer som kommunicerar med varandra över ett trådlöst nätverk. Trådlösa nätverk har den fördelen att de kan vara mera geografiskt utspridda, än ett sensornätverk som fungerar på ett lokalt nätverk. I trådlösa nätverk kan det finnas upp till flera hundra eller tusentals sensorer som kommunicerar med varandra. Fördelarna med detta är att sensorerna utöver att samla och skicka information också kommunicera med andra sensorer och till exempel få en helhetsbild av ett område. I trådlösa sensornätverk kan sensorerna skicka sin information till sin basstation, som sedan skickar data vidare för analysering, bearbetning och för att spara informationen. Basstationen kan göra detta med att skicka informationen via internet till olika serverar. Med hjälp av trådlösa sensornätverk kan det byggas upp en helhetsbild av omgivningen, som sedan används mycket inom situationsmedvetenhet. Till exempel förekommer detta inom militära applikationer, där befälhavaren måste få en helhetsbild av slagfältet och se vart trupperna befinner sig.

Ett annat exempel kan vara en automatiserad bil som måste förutspå om den måste väja för andra bilar. Bilen måste alltså få en lägesbild över vad som pågår runt den och agera enligt det data som tas in. Den data kan bestå av positionsdata, kameradata, optiskdata, rörelsedata o.s.v. Ifall sensorerna inte fungerar korrekt kan bilen göra fel slags beslut och då finns det en stor risk att bilen orsakar en kollision eller andra slags skador.

I allmänhet har sensornätverk många utmaningar som måste lösas på ett effektivt sätt. En utmaning är hur energieffektiva sensorerna är, till exempel i vissa applikationer måste sensorerna vara igång i många år utan att batterierna byts. Då måste sensorerna vara designade att vara energisnåla. En annan utmaning som sensorer har är att i vissa applikationer måste sensorerna vara automatiska, både i konfigurering och uppehåll. Detta betyder att då sensornätverken blir utplacerade, så måste varje enskild sensor autonomt börja utföra olika slags installations och

konfigurerings steg. Dessa steg kan innebära att sensorn upprättar kommunikation till andra sensorer, bestämmer andra sensorers position och ser till att de andra sensorerna utföra de uppgifter som har fått. Speciellt inom militära applikationer, om sensorer släpps ut från ett flygplan in i ett fientligt område, så kan sensorerna inte konfigureras för hand. En lösning till detta är att när sensorerna sätts ut i någon omgivning, så konfigurerar sensorerna sig själva och börjar utföra sina uppgifter. Det är också viktigt då att sensorerna är kapabla att uppehålla sig själva om de stöter på problem, som till exempel nätverksproblem eller något yttre störningsmoment [3, s.5–7].

En av de viktigare utmaningarna som måste lösas inom sensornätverk, är hur säkerheten kan uppehållas inom sensornätverken. Den information som sensorerna skickar ut kan vara väsentlig för olika slags applikationer, speciellt inom militära applikationer. Ett av de största hoten som de möter är överbelastningsattacker, som kan överbelasta hela nätverk. Då kan inte sensornätverk fungera på rätt sätt.

## 2. Sensorfusion

För att processera det data som ett sensornätverk samlar ihop måste det finnas ett sätt att hitta relevant data från det insamlade datamängden. Det finns en metod för detta som heter sensorfusion, som per definition är: “teorin, tekniker och verktygen som används för att kombinera sensordata, eller data som härrör från sensordata, till en gemensam representations modell” [4]. Detta betyder att mängder av sensordata kombineras för att få bättre kvalitet av data, och t.ex. en bättre bild av situationsmedvetenhet. Ett exempel där sensorfusion kan förbättra prestandan och lägesbilden är ett överbevakningssystem som har tillgång till flera kameror än bara en kamera. Med hjälp av flera kameror fås också en bättre lägesbild [4].

Det finns fyra huvudsakliga sätt för sensorfusion att förbättra ett systems prestanda. Prestanda av ett system i det här sammanhanget betyder till exempel hur sensorfusion kan förbättra kvaliteten av data i ett sensornätverk. Dessa metoder är representation av data, säkerhetsställelse av data, precision av data och fullständigheten av data. Representation av data betyder att den information som är samlad i början eller i slutet av en period efter fusionprocessen, har bättre kvalitet på data än en enskild sensors insamlade data efter en period. Till exempel, fås det mera exakt positionsdata från GPS-sensorer om det utförs sensorfusion på det

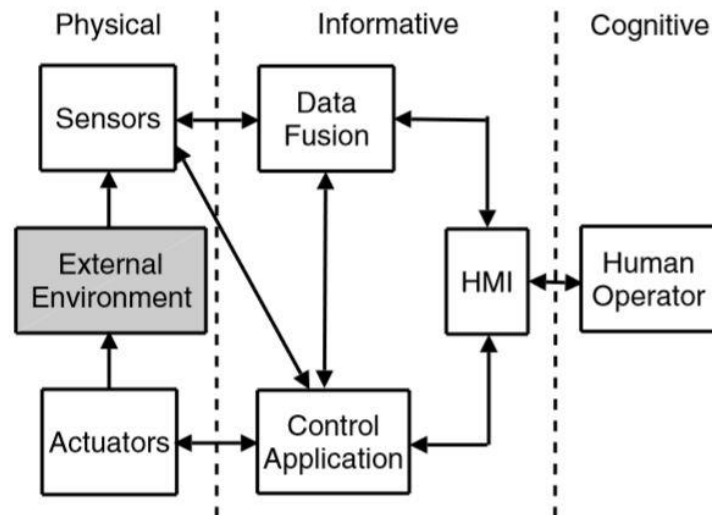


insamlad data, till skillnad från insamlad data från en enskild GPS-sensor. Säkerhetsställelse av data, betyder i detta sammanhang att all insamlade data efter fusionen har större sannolikhet att vara bättre än data innan fusionprocessen. Precisionen av data betyder att ifall insamlad data har mycket brus eller störningar innan fusion, så försöker fusionprocessen filtrera bort störningarna från all data. Till exempel, en enskild värme-sensors data kan innehålla brus som gör data mindre noggrann medan under sensorfusionsprocessen kan bruset elimineras från insamlad data. Fullständigheten av data betyder att med hjälp av sensorfusion fås en mycket klarare bild av sensornätverkets omgivning, t.ex. desto mera kamerasensorer det finns i ett smart hem, desto klarare bild kan det fås [4, s. 4 - 5].

Det finns också olika slags fusionstyper som kan användas i sensornätverk. Fusion över ett sensornätverk betyder att en mängd sensorer samlar in data och mäter samma objekt, till exempel luftfuktigheten. Fusion över attribut betyder att sensorer i ett sensornätverk mäter olika attribut i samma fysiska fenomen, till exempel en sensor mäter luftfuktigheten, en annan sensor mäter luftfuktigheten och en sensor mäter luftens tryck. Med hjälp av de olika attributen kan sen till exempel luftens brytningsindex bestämmas [4, s. 5]. Fusion över olika domäner betyder att ett flertal sensorer mäter samma attribut från olika domäner och varierande räckvidd. Fusion över tid betyder att nuvarande mätningar blir sammansatta med föregående mätningar, detta kan åstadkomma högre precision i framtida mätningar.

Vattenkraftverk har till exempel problemet att utsläpp från avlopp släpps ut till naturliga vattendrag. En lösning som uppkom för att reducera utsläpp från avlopp till naturliga vattendrag, var att med hjälp av sensorfusion över sensornätverk mättes mängden regnvatten som uppkom under stormar av flera sensorer. [4, s. 6]

De flesta datafusion systemen har behov konventionellt ramverk för att bli representerade, annars kan representationen av dessa system bli för stora och komplexa. Nedan finns en bild av ett ramverk.



Figur 2. Ett konventionellt ramverk för ett sensorfusions system [4, s. 8].

Den modullära strukturen på ramverket hjälper till med planeringen av sensorfusion system. De är användbart att dela in de olika modulerna i tre olika domäner; fysisk domän, informations domän och den kognitiva domänen. Den fysiska domänen handlar om hårdvaran i systemet. I den fysiska domänen finns det sensormoduller som samlar in information från fysiska fenomen. Varje sensormodul innehåller en sensormodell som beskriver mätningarna som görs av sensorn och omgivningen som mätningarna görs i. I detta fall finns det också en regulator som kan påverka omgivningen som mäts.

Informationsdomänen handlar om mjukvaran som finns i systemet. Denna domän innehåller datafusionsmodullen, kontrollpanelen och det grafiska gränssnittet. Datafusionsmodullen uppbyggd som ett autonomt nätverk av datafusionsmoduller, nätverket är ansvarig för att kombinera all sensordata till en ihopsamlad bild av omgivningen. Denna bild kan användas för att se vad för slags data som har samlats in. Kontrollpanelen är ansvarig för alla beslut i systemet, på basis av den ihopsamlade bilden av omgivningen, den som fås från sensorfusionsmodullen. [4, s. 8]

Den kognitiva domänen är inte nödvändig i alla sensorfusionssystem, men om den beslutsfattande rollen är hos människan så finns denna domän med. En människoanvändare kan iså fall agera som det sista beslutsfattande organet i systemet [4, s. 9].

Det kan förväntas att sensorfusionssystem alltid har högre prestanda än enskilda sensorer, men det finns fall då ett sensorfusionssystem inte har högre prestanda än enskilda sensorer. Detta kallas katastrofal fusion [4, s. 10]. Detta beror på att sensorer är designade att operera korrekt under specifika omständigheter eller krav. I sensorfusions system kan det därför uppkomma situationer då en enskild sensor används i en omgivning som är inkonsistent med omgivningen som sensor är designad för. Då uppkommer det katastrofal fusion i den enskilda sensors signal, vilket är då dominant över den signalfusionen som sensorfusionssystemet åstadkommer [4, s.11]. För att undvika detta används det ofta sekundära klasser eller processer som övervakar varje enskild sensors prestanda, då kan katastrofal fusion också undvikas.

Sensorfusion är en kritisk del av sensornätverk och situationsmedvetenhet. Utan sensorfusion kan till exempel en självkörande bil inte få en klar situationsbild av omgivningen. Dessutom kan inte sensornätverk utan sensorfusion uppfylla kriterierna för prestanda inom svåra omständigheter [5]. Därför är sensorfusion en viktig del av situationsmedvetenhet.

### 3. Vilka sensorer används inom situationsmedvetenhet

Det finns en mängd olika sensorer som kan används för att få en lägesbild eller en bättre uppfattning av situationen, t.ex. då det uppstår mycket trafik vid en hamn. Då sensorer jämförs så finns det olika sensorer att välja ifrån för att uppnå en bra nivå av situationsmedvetenhet. Google använder t.ex. LIDAR-sensorer som sin huvudkälla av situationsmedvetenhetsinformation hos sina autonoma bilar. Tesla använder däremot en blandning av kameror och kortdistansradar i sina autonoma bilar [5, s. 17]. De huvudsakliga sensorerna som används för fartyg är följande: LIDAR, kamera och radar. Utöver sensorerna finns det redan andra hjälpmedel för att få in mera hjälpsam information om lägesbilden, t.ex. AIS, SAR och t.o.m. drönare kan möjligen används.

#### Lidar

Lidar (**Light detection and ranging**) är ett optiskt mätinstrument, som fungerar med hjälp av laserteknik. Lidar baserar sig på en fjärrkontrollteknik som avger en kraftig och fokuserad ljusstråle. Det som mäts i ett lidarsystem är hur lång tid det tar för en sensor att upptäcka ljusstrålens reflektion. På detta sätt kan avstånden till olika objekt mätas. De flesta lidarteknikerna fungerar nära den infraröda regionen av det elektromagnetiska spektrumet [6, s .3].

Det finns också två olika slags fjärrkontrollsystem, aktiva och passiva system. Det passiva systemet baserar sig på att systemen upptäcker externa källor av strålning, som till exempel solen. Det aktiva systemet genererar egen strålning som kan sedan siktas mot ett mål, lidartekniken är ett exempel på detta [6, s. 3]. Strålning som är genererad från Lidar kan inte genomtränga moln, regn eller annan tät terräng, till skillnad från radar som kan samla upp data under molnigt eller regnigt väder. Den använder också sensorteknologi för att få en klarare bild av omgivningen. Lidar kan ge mycket exakta avståndsmätningar, och med hjälp av Googles utvecklade optiska mätinstrument kan det också bygga upp en noggrann 3D karta av omgivningen. Detta mätinstrument använder Google till exempel i sina autonoma bilar för att få en mycket bättre bild av omgivningen [5, s. 26]. Andra fördelar med att använda lidar är att lidar kan åstadkomma högpunktsdensitet, lidar kan mäta stora täckningsområden och lidar kan också ta nya sampel av objekten snabbt och

effektivt [6, s. 9]. Högpunktsdensitet betyder att lidar kan få en mycket klar bild av det objekt som mäts, d.v.s. lidar kan samla in många sampel från objektet. Lidar kan användas för att samla in data från stora områden och det insamlade data har också hög precision. Lidar kan ta in massvis med sampel från olika objekt, detta användas till exempel rekonstruera omgivningen med en hög resolution.

Praktiska exempel där lidar har använts är forskningen kring träd och skog, och kartläggning av kusten. Inom forskningen av skog har lidar använts för att effektivisera insamlandet av data av träd [6, s.9–10]. Här är parametrarna som mäts till exempel trädens höjd, tätheten av skogen och bredden av träden. Utifrån det insamlade data kan det fås reda på när det lönar sig att skörda skogen och hur mycket skog det finns. Inom kartläggning av kusten används lidar tekniken flitigt för att samla in data över vågor, tidvatten och stormar [6, s.10]. Med hjälp av lidar tekniken kan det förutspås om det till exempel kommer högre tidvatten än vanligt eller om en storm är på väg till kusten. Om informationen fås in tidigt om att en storm är på väg, kan till exempel befolkning evakueras snabbare från kusten.

## Kamera

Inom situationsmedvetenhet används kameror till en bredd utsträckning. De kan ge en klar bild av vad som sker i omgivningen, de är små och robusta. De har också möjlighet att uppnå en hög optisk upplösning och de kan också använda sig av olika färger. Utöver det är kamera sensorer relativt billiga, beroende på vilka slags kamerascensorer det är frågan om [5].

Det finns många olika slags kamerascensorer, t.ex. värmekamerascensorer, nattvisionsscensorer och videokameror. Dessa kan alla användas då det gäller situationsmedvetenhet, och kameratekniken går framåt hela tiden. Kamerascensorer är viktiga då det kommer till situationsmedvetenhet, de kan identifiera olika slags objekt och hinder som kan uppkomma ute på havs eller i skärgården. Det existerar också en stor informationsgemenskap som kan ha många idéer till lösningar för situationsmedvetenhet för fartyg. HD kameror med ett normalt visuellt spektrum kan också ses som relevant teknik, som kan sammanslås med annan sensordata för att få en bättre lägesbild. Om en kamerascensorn också har hög optisk upplösning kan sensorn identifiera olika slags objekt eller hinder, antingen med hjälp av en människa som fungerar som en operatör eller genom automatiska analys algoritmer.

Med hjälp av färgdata kan sensorn också separera olika slags objekt från till exempel havsbakgrunden [5]. Men hur stor optisk upplösningen en kamerasensor bör ha är också en fråga som det behövs svar på. Det beror stort sett på kamerasensoren. Till exempel, om en kameras upplösning räcker till för att identifiera ett stort fartyg som ett stort block på basis av sensordata, kan det räcka med en tillräcklig optisk upplösning. Men då det behövs exakt data eller bild av ett objekt eller omgivning kan det behövas en hög optisk upplösning för kamerasensoren.

## Radar

Principen för hur radar fungerar är enkel, men implementationen är ofta inte lätt. En radarapplikation skickar ut elektromagnetisk strålning och sedan upptäcker radarapplikationen de reflekterade strålarna som kommer tillbaka från objektet eller objekten [8]. Den reflekterade strålen som upptäcks av radarapplikationen innehåller information som räckvidden av objektet eller distansen till objektet. Radar kan upptäcka små objekt som är långt borta eller nära, och en av fördelarna med att använda radar är att radar har hög noggrannhet i alla väderförhållanden till skillnad från andra sensorer. Om objektet rör på sig kan radar också härleda dess färdväg eller spår och kan med hjälp av dessa räkna ut till exempel objektets framtida rutt. Radar kan också separera olika objektets som upptäcks av radarapplikationen och med tillräcklig hög optisk upplösning kan radar också få data om objektets storlek eller form [8]. Radar är en aktiv apparat som har en egen avsändare och är inte beroende av omgivande strålning som de flesta infra röda och optiska sensorerna.

Användningen av radar har en lång historia i den marina miljön och därför är radar också mycket använt, då iakttagelse av omgivningen behövs. Radar kan upptäcka hinder och de kan också användas för att bygga en bild av omgivningen. Radars prestanda påverkas av hur hög radars frekvensband är, d.v.s. radarapplikationer med högt frekvensband kan ge en bättre vinkel och har också bättre räckvidd [5]. Typiska radarapplikationer som används i den marina miljön är mikrovågsradar som använder sig av S-band eller X-band. Dessa sorters radar är också robusta i förändrande väderförhållanden.

X-band och S-band är beteckningar för frekvenser inom mikrovågsspektrumet. X-band används ofta i marin radar, för att m.h.a. deras korta våglängd kan X-band bygga upp en bild med hög upplösning [7]. S-band används också inom marin radarteknik för att m.h.a. S-band kan radarapplikationer få en längre räckvidd.

Vad klara sensorerna av?

### *Lidar*

Lidar kan ge en mycket bra bild av omgivningen med hjälp av laser men Lidar-sensorer fungerar inte alltid optimalt i dåliga väderförhållanden eftersom Lidar använder sig av en laserstråle för att utföra mätningar. Dessa svåra väderförhållanden kan uppkomma ofta ute på havs. Ifall ett fartyg råkar ut för en storm ute på havs, kan uppkomma allvarliga mätfel i Lidar-sensorn. Detta kan sedan leda till att fartyget inte mera har en bra lägesbild, vilket får fartyget och besättningen att göra felaktiga val. Dessutom klarar Lidar-sensorernas komponenter sig inte alltid bra i krävande väderförhållanden, eftersom Lidar använder sig av mycket snabbt rörande mekaniska komponenter för att utföra sina mätningar. De krävande väderförhållandena kan leda till att de mekaniska komponenterna inte fungerar i det långa loppet.

### *Kamera*

De två stora nackdelarna med att använda kamera baserad situationsmedvetenhet är att kamerasensorer inte fungerar bra i krävande väderförhållanden och det finns inte ännu ett effektivt sätt att få distansinformation från kamerasensorens data.

En till nackdel med att kamerasensor är att hantera den stora mängden data som genereras av sensorer med hög upplösning och detta kräver att omfattande och effektiv processeringsprestanda, utöver det krävs det också hög-bandbredds data länkar för att analysera och överföra det insamlade data. Men till exempel, energikonsumtionskraven på hårdvaran för att åstadkomma situationsmedvetenhet för stora fartyg är mindre strikta, då det jämförs med bilar och flygplan [5]. Kameror med visuellt spektrum har också nackdelar som till exempel, de kan inte bli använda i mörkret och deras räckvidd avtar snabbt i dåliga väderförhållanden, som störtregn eller dimma. Kameror som kan se det infraröda spektrumet eller se nära det

infraröda spektrumet, kan användas till att få situationsmedvetenhet i mörker. Dessa används ofta som säkerhetskameror för att de ser i mörker. Men för att använda dessa sorters kameror behövs det konstant infraröd belysning av omgivningen för att kamerorna skall fungera korrekt [5]. En lösning till detta är att använda LWIR kameror (**Long-wave infra red**) för att alla objekt passivt sänder ut infraröd strålning [5]. LWIR-kameror kan användas i totalt mörker och för att olika objekt sänder ut varierande kraftig infraröd strålning kan en bild göras av omgivningen och objekten som iakttas.

Det finns också SWIR (**Short-range infra red**) – kamerateknik som har tidigare bara använts av militären [5]. SWIR-kameror, till skillnad från LWIR-kameror, ser inte den passivt emitterade strålningen från objekt utan SWIR kameror ser den reflekterade strålningen från omgivningen. De har bättre prestanda i till exempel dimma och de fungerar också bra i förhållanden där det inte finns mycket ljus, men inte i totalt mörker. Det är anges också att SWIR-kameror ser bättre i dimmiga och regniga förhållanden än LWIR-kameror, men SWIR-tekniken är för tillfället dyrare än LWIR-tekniken och SWIR förbättrar inte den optiska upplösningen [5].

Infraröda kameror kan ge en bra bild av omgivningen, men deras prestanda sjunker då det är förekommer dåliga väderförhållanden. Till exempel, kan olika infraröda våglängder ge varierande resultat beroende på luftfuktigheten. Därför har sensorfusion blivit använt för att sätta ihop kameran sensor data med radardata [5]. Radar är robust mot väderförhållanden.

### *Radar*

Den optiska upplösningen som fås från radarapplikationer är eventuellt inte tillräckligt för att bli använt inom undvikning av kollisioner. I Rolls Royce rapport används ett exempel för autonoma fartyg för att belysa behovet av bättre optisk upplösning inom radarapplikationer [5]. Om ett autonomt fartyg befinner sig i hamnområdet eller om fartyget skall angöra sig till hamnen, då måste radarapplikationen vara tillräckligt exakt för att upptäcka små objekt eller andra rörande skepp. Ett förslag på en lösning är att använda nya slags radarapplikationer som använder sig av New Ka och W-frekvensbanden, dessa radarapplikationer var ursprungligen gjorda för att bli använda inom autonoma bilar, men de kan vara till stor nytta inom den marina miljön [5]. Dessa radarapplikationer har också



möjlighet att ge bättre vinkel och räckvidds upplösning, till skillnad från traditionella radarapplikationer. Men de gör det på bekostnad av räckvidd för radarapplikationen.

#### 4. Andra metoder för situationsmedvetandet

##### AIS

AIS står för **Automatic Identification System**, som är ett självrapporterandesystem. Detta system skickar ut ett fartygs information via en digitalradiokanal, som kan upptas av andra fartyg. Denna information skickas ut med jämna intervaller. Med denna information kan andra fartyg bland annat se vart olika fartyg är på radar, vad fartygens hastighet, fartygets unika identitetsnummer, storlek i längd och bredd, och fartygets destination [9]. Fördelarna med att använda sig av AIS är att andra fartyg kan se vart andra fartyg finns, AIS hjälper med vattenvägsledningen i hamnar, och AIS ökar på säkerheten ute på havs och i hamnen. AIS signaler som skickas ut kan också upptas av satelliter, vilket också har ökat mängden satellitbaserad AIS data.

AIS är obligatoriskt på fartyg som väger 300 bruttoton och över på internationella fartyg. I vatten som inte är internationella är AIS obligatoriskt för fartyg som väger över 500 ton med last och passagerarfartyg [10]. Inom EU är det också obligatoriskt för fiskarfartyg som är längre än 15 meter att ha en AIS-transponder ombord. Den information som AIS skickar ut kan användas i samarbete med till exempel, radarapplikationer som SAR-radar och HF-radar. Dessa kommer att tas upp i ett senare skede. AIS data kan också analyseras över ett viss tidsintervall och på basen av fartygets beteende kan man också dra slutledningar om fartyget utövar någon slags illegal aktivitet [11]. Detta beteende kan vara till exempel sådant som att fartyget avviker från egentliga rutt eller om AIS-transpondern stängs av vid vissa tidpunkter. AIS data fungerar också i så gott som alla väderförhållanden och är därför också en viktig del av situationsmedvetenhet inom den marina miljön.

En av nackdelarna med AIS som används på öppet hav, är att satellitbaserad AIS data kan bli fördröjt med flera timmar. Detta har blivit ett problem, då förutsäga man vill förutsäga ett fartygs position på öppet hav. En annan nackdel är att AIS

kan stängas av när som helst och vissa fartyg har inte alls på AIS-transpondern fast det skulle vara obligatoriskt för fartyget.

AIS är en viktig del av för den marina situationsmedvetenheten och andra slags applikationer som fungerar på basis av AIS data har blivit forskade.

En applikation som var undersökt handlade om att man skulle kunna förutspå ett fartygs position med hjälp av historisk AIS [10]. I artikeln som var skriven av Fabio Mazzarella m.m [10], undersöktes hur man skulle kunna förbättra förutsägelsen av fartyg med hjälp av ett partikelfilter som använder sig av historisk AIS data. Denna applikation använde sig också av en bayesiansk metod för att hjälpa med förutsägelsen av fartyg och i slutet av artikeln kom man fram till att metoden som undersöktes fungerade på sättet man ville, alltså att förbättra förutsägelsen av fartygs position. En nackdel med applikationen var att den också ökade datorberäknings komplexiteten för systemet.

## UAV

Ett av de kanske mera udda sätten att uppnå situationsmedvetenhet ombord på ett fartyg är att använda autonoma drönare. Enligt Fabio Andrade [12] kan man använda sig av autonoma UAV (**Unmanned Aerial Vehicle**) för att kartlägga området runt ett fartyg för att uppnå bättre situationsmedvetenhet. Till exempel, kan en drönare flyga över ett fartygs planerade rutt för att kartlägga och upptäcka okända objekt som fartyg, isberg eller t.o.m. pirater från rутten. Drönare har bra verktyg för att möjliggöra detta för att drönare kan försedda med olika slags sensorer som till exempel radarsensorer och kamerasensorer. Kamerasensorerna kan till exempel använda infraröda spektrumet för att se bättre på natten. Den information som drönaren samlar in kan sedan användas till att undvika kollisioner och andra möjliga element som pirater [12].

Men för att detta skall fungera måste man bland annat ta i beaktande fartygets hastighet och dess planerade rutt. Drönaren måste flyga på ett visst avstånd från fartygets och med en viss hastighet, beroende på dessa faktorer, så att fartyget eventuellt hinner reagera på ett möjligt hinder på rутten. Till exempel, om fartyget behöver nya data om den planerade rутten om 4 minuter, så måste drönaren flyga över det okända området 4 minuter från och med då fartyget behöver informationen

[12]. För att drönaren skall bestämma den optimala rutten till det område som drönaren blir utsänd till, måste man lösa ett optimeringsproblem. Om optimeringsproblemet inte blir löst, kan drönarens mätningar bli försenade eller oexakta. I artikeln, som är skriven av Fabio Andrade [12], löste detta optimeringsproblem med hjälp av en avancerad regleringsstrategi som heter **Model Predictive Control** eller MPC. MPC består av en mängd regleringstekniker som man med hjälp av kan lösa optimeringsproblem som uppstår i diskreta system. I MPC kan man kontrollera inmatningen in i systemet och med hjälp av det kan man minska mängden avvikelse som uppstår i systemet. I artikeln var en MPC modul med i systemet och modulen var ansvarig för att konstant räkna ut den optimala rutten, på basis av fartygets position och hastighet [12].

Sammanfattning av artikeln gav bra resultat för att man kunde lösa optimeringsproblemet med hjälp av MPC. Det är alltså möjligt att få en bättre lägesbild med hjälp av att använda drönare som utforskar fartygets omgivning och rutt.

## SAR

SAR står för **Synthetic-aperture-radar** och är en radarteknik som tar bilder med hög upplösning med hjälp av en antenn eller satellit. Denna radar används inom marina övervakningsapplikationer för att upptäcka fartyg på dagen eller natten. En fördel med att använda SAR är att den kan ta bilder bland annat igenom moln [13]. Satellitbaserade SAR applikationer kan ta bilder globalt, men de kan bara övervaka ett område på en gång, detta område kan ha en bredd på tio kilometer upp till ett par hundra kilometer. Men ett par nackdelar är också att satellitbaserade SAR-applikationer har långa uppdaterings tider och dessa satelliter flyger på samma gryningsbana som jorden gör, och detta begränsar antalet möjliga observations möjligheter [13].

I en artikel av Fabio Mazzarella [13] har man forskat kring möjligheten av att optimera fusionen av AIS och SAR. Det har forskats kring fusionen av AIS och SAR data, eftersom båda har sina fördelar och nackdelar och med hjälp av en fusion kan båda applikationerna komplettera varandras svagheter. Detta kan hjälpa till stor del med att få en bra lägesbild till ett fartyg. Fartyg som inte använder sig av AIS-transponder kan upptäckas av SAR och fartyg som inte kan upptäckas av SAR har

kanske en AIS-transponder som skickar ut data om positionen. I artikeln använder forskarna sig av historisk AIS data för att utföra optimeringen.

I slutet av artikeln har man bevisat att det går att optimera noggrannheten av data som fås från en datafusion av SAR och AIS data [13]. Allt som allt finns det en del möjliga radarapplikationer man kan använda för att uppnå en lämplig nivå av situationsmedvetenhet.

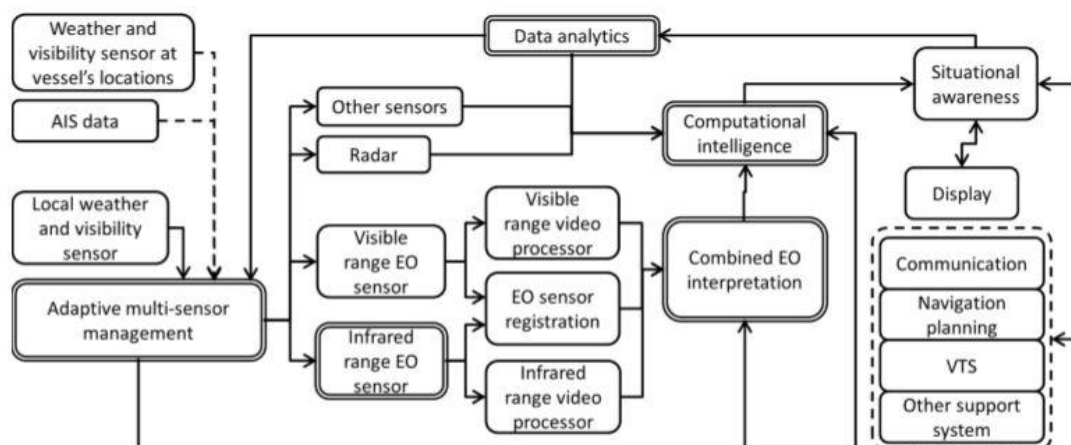
## Utmaningar inom Situationsmedvetenhet

I denna del av avhandlingen kommer det tas upp en teoretisk modell för hur man kan använda sig av situationsmedvetenhet i autonoma fartyg. I scenariot kommer jag att ta upp hur den teoretiska modellen är uppbyggd och vad som är utmaningarna inom scenariot och allmänt vad som är utmaningar inom situationsmedvetenhet ombord på fartyg och autonoma fartyg.

### 1. Teoretisk modell för situationsmedvetenhet

En av de centrala applikationerna för situationsmedvetenhet, som forskas kring intensivt, är applikation för autonoma fartyg. Till följande kommer ett förslag för ett autonomt fartygs system tas upp.

I en artikel av Dilip K. Prasad m.m. [14] behandlar forskarna ett flexibelt multisensor-ramverk som kan fungera ombord på ett autonomt fartyg, i teorin. Detta ramverk skulle kunna fungera som det centrala systemet för det autonoma skeppet och skulle vara tåligt mot förändrande och svåra väderförhållanden.



Figur 3. Ett blockdiagram för multisensor arkitekturen, som kan användas på ett autonomt fartyg [14].

I Figur 3, som finns ovan, kan man se hela ramverket för det autonoma fartygs systemet. Systemet fungerar i stora drag så att den kontrollerar alla sensorer i systemet och använder sig av en slags maskinintelligens. Maskinintelligensen är baserad på en form av anpassningsbar data-analys, som kombinerar relevant

sensordata. Från bilden kan ses att det finns en mängd olika sensorer som används, till exempel radar, vädersensorer och andra sensorer som utökar situationsmedvetenhetsbilden. Dessutom finns det EO sensorer, som står för elektro-optiska sensorer. En EO sensor fungerar med att den konverterar ljus till elektronisk signal som kan sedan användas, till exempel om det är mörkt i ett rum, så kan sensorn automatiskt tända lampan i rummet. Från figuren kan det också ses att AIS data är också använt. En viktig modul i ramverket heter **Adaptive multi-sensor management**, som används till att kontrollera och sätta ihop all insamlade data från sensorerna och sedan skickar modulen iväg relevant data till block som utför beräkningar [14, s. 2]. Modulen, **Combined EO interpretation**, visar grafiska data från EO sensorerna och bestämmer hur mycket information som tas med, hur pålitligt data är och hur data skall tolkas. Ett av de viktigaste blocken i bilden är maskinintelligensblocket (**Computational intelligence**) [14], som utför en slags intelligent kombinerad av det insamlade data från sensorerna och därifrån fås sedan den en lägesbild, som kan användas i situationsmedvetenhet.

I det planerade ramverket använder man följande slags sensortyper; bildbehandlingssensorer, vädersensorer och geosensorer. Bildbehandlingssensorer består av radarsensorer, EO sensorer och EO -kamasensorer. EO-kamasensorerna kan bestå av infraröda kamasensorer som har lång våglängd, som till exempel FLIR och NIR våglängder. Det finns också åtminstone en radarsensor ombord på fartyget [14, s.3]. Med radar kan man få reda på andra fartygs platser eller om det finns land i närheten av fartyget och räckvidden för radar är från ett par kilometer upp till ett par hundra kilometer.

Geosensorerna består av GPS-sensorer, kompasser och hastighetssensorer som hjälper fartyget att bevaka fartygets position och rutt. Vädersensorerna består av vindsensorer, luftfuktighetssensorer och ljussensorer m.m. Med hjälp av dessa sensorer kan man planera fartygets rutt och bevaka ifall vädret förändras [14]. Utöver det, används det också AIS ombord på fartyget, på grund av det data som fås från AIS-systemet. AIS data kan också sammanslås med data från vädersensorer, som finns ombord på andra fartyg och med hjälp av detta kan man få en grov karta över väderleken, som finns i regionen [14, s.5]. Med samarbetning av de olika sensorsystem ombord på fartyget kan man uppnå en bra nivå av situationsmedvetenhet, om man använder ramverket som finns i artikeln.

Blocket, **Adaptive multi-sensor management**, som finns i figur 3 används till att hantera data som alla sensorer som inte hör till bildbehandlingssensorer [14]. På basis av insamlade av data kan modulen skapa en uppskattning av vädret [14, s. 5]. Utöver det, så tar modulen uppskattningen av vädret och ändrar på frekvensen på hur ofta modulen får in nya data från varje enskild sensor.

Denna modul är enbart teoretiskt och kräver mera forskning. Utmaningar ligger i maskinintelligensen, data-analysen och andra delar av ramverket. Sensorerna är redan tillräckligt utvecklade för att kunna köra ett sådant system. Inom data-analysen är utmaningen att systemet måste lära sig att reagera på olika data som samlas in av sensorerna och lärandeprocessen kan vara långsam i början. För maskinintelligensen kan utmaningen vara att tolkar maskinen data rätt och kan den veta skillnad på falska alarm och riktiga varningar. I teorin skulle systemet vara automatiskt, anpassningsbart och skulle kunna fungera utan större mänsklig medverkan. I slutet av artikeln, där systemet presenteras berättas det att systemet kräver mera forskning i framtiden men tekniken som finns i dagens läge bör fungera med systemet [14, s. 9].

## 2. Datakommunikation

Datakommunikationen är viktigt både innanför och utanför fartyget. Innanför fartyget kan det gälla sensornätverk som kommunicerar mellan varandra och där det uppstår en mängd problem. Ett problem som uppstår då man använder trådlösa sensornätverk innanför fartyg är sensorernas signaler blir svagare på grund av den metalliska strukturen på fartyget [2, s. 1]. Detta kan påverka sensorernas signaler avsevärt både inne i fartyget och utanför fartyget. Till exempel kan viktiga data, som samlas in från en mängd sensorer, bli ofullständigt när den skickas vidare till en basstation ombord på fartyget och detta kan sedan leda till att besättningen agerar på basis av falsk information.

Enligt artikeln, som är skriven av företaget Rolls Royce [5, s.4], är det inte möjligt med dagens teknik att skapa ett helt autonomt fartyg, utan det måste vara en människa inblandat i systemet. För att övervaka fartygen kan det till exempel används olika slags satellitsystem. Ett problem som kan uppstå speciellt för dessa

satellitesystem är att en människa möjligen måste bevaka fartyget konstant och detta kräver att finns krav för konstant hög bandbredd för satellitesystemets kommunikation. Väderleken kan påverka bandbredden för satellitesystemet och detta kan vara ett problem som kräver en lösning [5, s. 8]. Utöver det, kan det uppstå problem då satellitesystemet inte är tillgängligt konstant, som sades tidigare att detta kan bero på varierande väder. Då måste det finnas ett annat sätt för den mänskliga operatören att uppehålla bevakningen av fartyget. Det finns också en säkerhetsaspekt, när det gäller till exempel, autonoma fartyg. Det viktiga data som sänds och tas emot av fartyget måste också vara säkert, så att man kan undvika att data blir uppfångat eller manipulerat av en fientlig aktör [5, s.30].

Ett problem kan uppstå också då när ett fartyg är ute på havs och det blir storm. Då kan datakommunikationen lida och det kan uppstå en försening av data som skickas och tas emot av fartyget.

### 3. COLREG-regulationerna

COLREG står för **International Regulations for Preventing Collisions at Sea** och kan översättas till sjövägsreglerna. Dessa sjövägsregler måste följas av varje fartyg som är ute på havs och syftet med dessa regler är att man skall kunna undvika kollisioner på havs. Till exempel, i en artikel som är skriven av Wasif Naeem [16] säges det att 60 % av alla olyckor som händer ute på havs är på grund av kollisioner. Men ombord på normala fartyg, beror dessa kollisioner oftast på mänskliga faktorer. Till exempel, kan en människa vara utmattad och kan inte uppehålla en bra situationsmedvetenhet, då hen spanar efter andra fartyg och objekt som fartyget kan kollidera med. Ett problem som måste lösas innan man får ta i bruk autonoma fartyg, är att man måste ändra på dessa regler så att reglerna också gäller för autonoma fartyg. Ett typiskt problem som kan uppkomma i samband med dessa regler är att vem som är ansvarig för fartyget, då det sker en kollision ute på havs.

Ett till problem som måste lösas då man tänker på autonoma fartyg, är att en av sjövägsreglerna dikterar att det alltid måste finnas en lämplig utkikssyn och hörsel ombord på fartyget, så att man hela tiden har en lägesbild ombord på fartyget och utanför fartyget. Med denna regel vill man bl.a. minska på möjliga kollisioner som kan uppstå [5, s. 46]. I autonomt fartygs kontext ligger utmaningen i att räcker den lägesbild eller situationsmedvetenhetsbild man får från kameror, sensorer, radar och



andra slags hjälpmedel, som kan ge en bra situationsmedvetenhetsbild, till att uppfylla kravet för den sjövägsregel som nämndes tidigare.

En annan fråga som kräver ett svar är att ska en människa göra de operationella besluten ombord på ett autonomt fartyg eller ska det också vara automatiserat. Om man tänker på sjövägsreglerna så finns det inte ett klart svar på detta. I princip kan de operationella besluten göras av ett automatiserat system, som den teoretiska modellen jag tog upp tidigare i början av kapitlet. Det är alltså möjligt att skapa ett sådant system, men problemet ligger i att kan man lita på att systemet gör de rätta besluten.

#### 4. Sensorernas utmaningar

## Diskussion

## Avslutning

## Referenser

- [1] Stanton, N.A. & Chambers, P.R.G. & Piggott, J: (2001) Sitational awareness and safety. s. 191-192.
- [2] Khoduh, H & Zaharia, G. & Brousseau, G m.m.: (2012) Wireless Sensor Network on Board Vessels. Rennes, France. s.1.
- [3] Dargie, Walteneus & Poellabauer, Christian: (2010) Fundamentals of Wireless Sensor Network, Theory and Practice. John Wiley and Sons Ltd, publication. s. 4-7.
- [4] Mitchell, H.B: (2007) Multi-Sensor Data Fusion, An Introduction. Springer, New York. s. 3 - 5
- [5] Rolls-Royce: (2016) Remote and Autonomous Ships, The next steps. s. 4, 16, 17, 30, 46.
- [6] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Coastal Services Center: (2012) Lidar 101: An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications. Charleston, SC: NOAA Coastal Services Center. s. 3, 9-10,
- [7] Weather- radar- bands. Hämtat 21.3.2018.  
URL:<http://www.everythingweather.com/weather-radar/bands.shtml>
- [8] Merrill I. Skolnik: Chapter 1, An introduction to radar. s. 1- 4.
- [9] Harati-Mokhtari, Abbas & Wall, Alan m.m. : Automatic Identification System (AIS): Data Reliability and Human Error Implications. Liverpool John Moores University, UK. s. 373- 375, 387.
- [10] Mazarella, Fabio & Fernandez, Virginia & Vespe, Michele: (2015) Knowledge-Based Vessel Position Prediction using Historical AIS Data. . European Commission – Joint Research Centre.1-3.
- [11] Lane, Richard O & Nevell, David A m.m. : (2010 )Maritime anomaly detection and threat assessment. Malvern, UK. s. 1-3, 8.

- [12] Andrade, Fabio & Storbald, Rune & Johansen, Tor Arne: (2017) Autonomous UAV surveillance of a ship's path with MPC for Maritime Situational Awareness. s. 633-634, 638.
- [13] Mazzarella, Fabio & Fernandez, Virginia & Santamaria, Carlos: (2015) SAR Ship Detection and Self-Reporting Data Fusion Based on Traffic Knowledge. s. 1-3, 5.
- [14] Prasad, Dilip K & Prasath, C. Krishna m.m : (2017) Maritime situational awareness using adaptive multi-sensor management under hazy conditions. Rolls-Royce, Singapore. s. 1- 9.
- [15] <https://patents.google.com/patent/US7620212B1/en>
- [16] Naeem, Wasif & Irwin, George W & Yang, Aolei: (2012) COLREGs-based collision avoidance strategies for unmanned surface vehicles. Queen's University, Belfast. s. 669-671.