

Efficient search of an underwater area based
on bayesian probability
Bachelor thesis

Hampus Puktits Furhoff
KTH Royal Institute of Technology

February 2019

Abstract

Contents

Abstract	i
1 Introduction	1
1.1 Background	1
1.2 Problem	2
1.3 Purpose	3
1.4 Goals	3
1.5 Social benefits, ethics and sustainability	3
1.6 Methods	4
1.7 Employer	4
1.8 Delimitations	4
1.9 Outline	5
2 Theory	6
2.1 Optimal search	6
2.1.1 NP-completeness and NP-hardness	9
2.2 Search-strategies	9
2.2.1 Optimal search plans with unknown probability distribution	10
2.2.2 Bayesian search theory	10
2.2.3 Approximation algorithms	11
2.3 Similar cases and previous implementations	12
3 Methods	13
3.1 Research-methods	13
3.1.1 Literature study	13
3.1.2 Experiments	14
3.2 Project-methods	14
3.3 Technological methods	15
3.3.1 Requirements	15
3.3.2 Design	15
3.3.3 Construction and testing	15
4 Implementation	16
5 Results	17

6	Discussion and conclusions	18
6.1	Validity	18
6.2	Reliability	18
	References	19
A	Appendix - Projektdefinition	22

1 Introduction

The research-subject of autonomous robots and vehicles is one that has not been lacking in attention the last couple of decades. These autonomous robots and vehicle are often used to go on missions in remote places in extreme environments. However, one sub-area of this research-subject that is lagging is the one of autonomous underwater vehicles (AUV's).

Scientists and other organizations hope to be able to use AUV's to perform tasks underwater in the future to a greater extent, without the use of human interference [1]. Therefore, this study aims to decrease the energy and time used by an AUV while searching for an object within a known area, and in this chapter the different parts of the study is introduced.

1.1 Background

The Swedish maritime robotics centre (SMaRC) has identified four research areas to be of particular interest concerning the futures unmanned maritime robots [2]:

- Autonomy – the ability to adapt actions based on sensed data
- Endurance – the ability to stay on mission for a prolonged period of time
- Perception – the “eyes and ears” of the maritime robotics, not only for mission-related tasks but also for navigation
- Communication – the notion of sending and receiving data, typically under extremely challenging circumstances

These areas are selected because of the wish that the future AUV's should be easier to handle, need less assistance from humans and be able to take on more difficult missions further away in unknown waters. An ambition is that an AUV should be able to start a mission from a known position and go to a specific position after the mission has been performed, without human interference.

1.2 Problem

Due to the fact that radio waves cannot penetrate water very far an AUV cannot rely on the global positioning system (GPS) when navigating [3]. Instead strategies like dead-reckoning can be used. Dead-reckoning means that based on a previously known position, known as a fix, and input from sensors measuring the movement of the object, the current position can be calculated. A problem with using dead-reckoning for navigation is that the current position always comes with a margin of error, known as a navigational error, that grows in size with increasing time since the last fix. An illustration of this can be seen in figure 1.

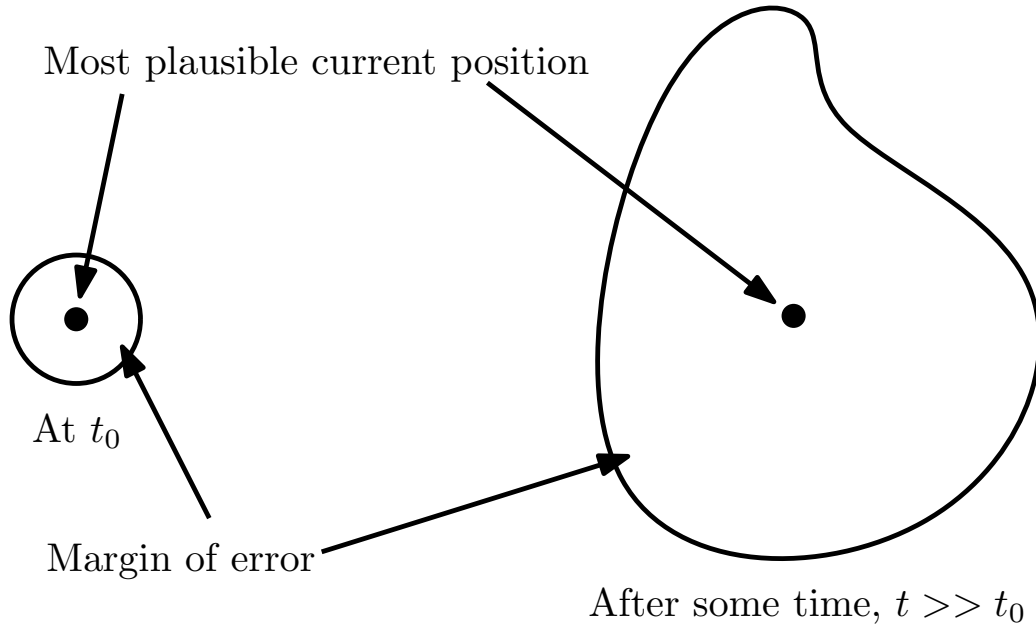


Figure 1: Accumulation and transformation of navigational error over time.

A problem arises given that an AUV should be able to go to a specific position after a mission and that the AUV most likely have accumulated a rather large and oddly shaped navigational error during this mission. How will the AUV know that it is at the correct position?

Before any research-question can be formulated, we need to make some assumptions:

1. We assume that at the specific position there is some kind of device

(e.g. a docking-station or a buoy) capable of receiving and transmitting sonar messages that can let us know that we have arrived at the correct destination.

2. The area of the navigational error is sufficiently small so that the AUV can search through it without the navigational error expanding beyond manageability.

With these assumptions in place, the following research-questions can be formulated:

- **RQ1:** What is a good algorithm to implement in software for an AUV with limited computational power, to efficiently search a bounded area for a stationary object?
- **RQ2:** How do you compare different searching-algorithms with respect to energy-consumption and time-efficiency?

1.3 Purpose

The purpose of the study is to minimize the power and time used by an AUV with a navigational error when searching for a device.

1.4 Goals

The aim of the study is to suggest a software-implementation of an algorithm, based on existing theories or by own construction, that can be used to minimize the power and time used by an AUV when searching for a device within an area given by a navigational error. The aim of the project is to implement said software at an actual AUV and describe the approach of doing so.

1.5 Social benefits, ethics and sustainability

After this study has been performed and documented, others who may have an interest in performing research with AUV's will be able to make use of the knowledge gained and implement it in their own projects. So hopefully this study will in the end contribute to increased knowledge about what is going on in our oceans.

If this study finds a way to decrease the energy used by AUV's this will not only mean that they get a smaller environmental impact, but also that the AUV's can stay out on longer missions and gather more data about our oceans.

However, it can also be used for various military purposes such as mine-countermeasures, attacking targets and gathering intelligence [4]. Although it is unlikely that this study will have a great impact in that sense since many military organizations already do extensive research on this subject.

1.6 Methods

An extensive literature study was performed to gain knowledge about what algorithms already exists and how comparison have been performed previously. A literature study was also performed on the documentation of the existing AUV on which the result would be implemented and tested to gain knowledge about the system.

Given the setting of the project where the software can be implemented at a specific AUV, the way of working would be with a qualitative and inductive case-study. This means that based on this case and the observations made of it, some selected algorithms are implemented and tested thoroughly. The testing was done by quantitatively gathering data from simulations and getting numerical result, from which conclusions could be drawn and theories formulated.

1.7 Employer

The Swedish maritime robotics centre (SMaRC) is a Swedish research center where several universities and industry-leading companies cooperate with the purpose of researching the AUV's of the future and to develop solutions to promote the transition to these [6]. The research areas they focus on are autonomy, endurance, perception and communication.

1.8 Delimitations

The study will not investigate the following:

- Search-strategies where several AUV's participate and coordinate.

- Search-strategies where the navigational error grows significantly during the search.
- How to implement dead-reckoning and calculations of navigational error. A precondition for the algorithms considered is that an area will be given together with a probability distribution over the area.

1.9 Outline

In chapter 2 the theoretic foundation needed to understand the problem, the methods used, the results obtained and the conclusions drawn are explained. In chapter 3 the research-methods used in the study is presented. In chapter 4 the implementation of the algorithms is explained and the project-methods used is described. Some difficulties encountered is also mentioned. In chapter 5 the results are presented in tabular form and analyzed. Finally, in chapter 6 previous points (e.g. implementation issues, sustainability and ethics, etc.) of the study is revisited and discussed. Conclusions are drawn and the research-questions is answered. Suggestions for future work is given.

2 Theory

In this chapter the theory of optimal search is explained and an overview of different applied solutions to cases similar to the problem will be given.

2.1 Optimal search

Search theory is, as Kōji explains: “... one of the oldest areas of operations research, has continuously provided powerful support for planning efficient search operations in real-world applications. The aim of the searcher is to efficiently find the target in his search operations, and analysts are asked to offer theoretical bases for optimal planning of the search.” [7, p. 1].

It is often assumed [8] that there is a known probability distribution of the targets position at time $t = 0$ and that the searchers decisions is based on that. There exists [7] a variety of different search problems and a diagram of the different types can be seen in figure 2. Here follows an explanation of the different types:

- One-sided decision vs. Two-sided decisions: With one-sided search the searcher can determine a search path in advance based on probability, whereas with two-sided decisions the target can take actions against the searcher to avoid detection.
- Single-stage decision vs. Multistage decision: During a multistage search the searcher can make new decisions based on new information, in contrast to single-stage search where the search is planned ahead and no alternations are made. This is also called in other literature [9, 10, 11] for offline and online search correspondingly.
- Discrete target-space vs. Continuous target-space: The target-space is the space in whereas the search is taking place. This can be viewed as a collection of discrete points or as a continuous area. Often times [11, 12, 13] searches that take place in a continuous area are meshed and the cell-size of the mesh corresponds to the range of the detecting sensor in an effort to make the target-space discrete and easier to handle.
- Appeared target vs. Appearing/Disappearing target: If the target is appearing in the target-space before the search and for the entirety of the search, then the target is an appeared target. If the target

may appear or disappear at some time it is an appearing/disappearing target.

- Stationary target vs. Moving target: If the target is in a fixed position it is a stationary target. If the target can move it is a moving target.
- Discrete searching effort vs. Continuous searching effort: The search effort is the searcher's resources, such as fuel, man-hours or expenditure. If the search effort is quantifiable it is a discrete search effort. If the search effort is continuously divisible it is a continuous search effort.
- Noiseless detection vs. Noisy detection: With a noisy detection there is a possibility of false contact, meaning that the searcher may incorrectly think it has detected the target. This is also referred to in other literature[11, 14] as the presence of false positives.

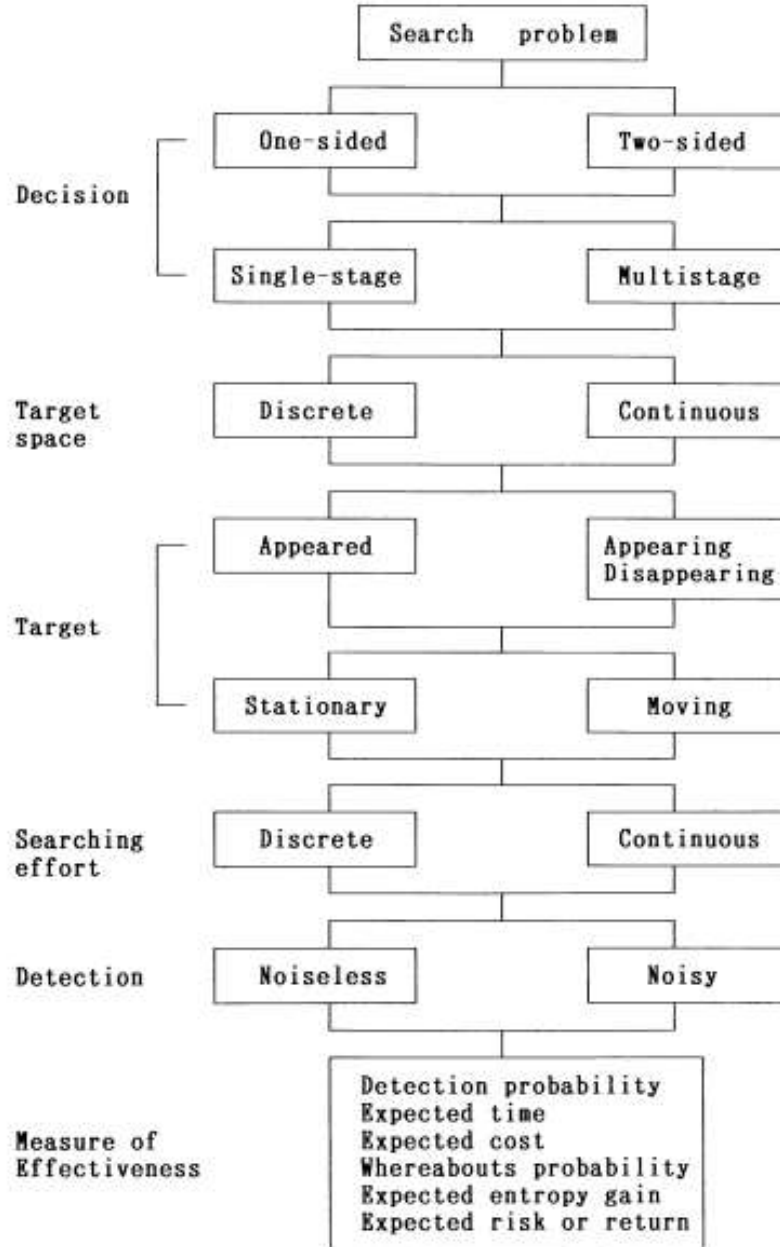


Figure 2: Classifications of different search problems, from [7, p. 4].

However, the search problem can be categorized further [15]. The time horizon for the search can be viewed as finite or infinite. If the time hori-

zon is finite the probability of detecting (PD) the target is one measure of effectiveness that can be used. If the time horizon is infinite the expected time (ET) until the target is detected is another measure of effectiveness that can be used. Aside from the measures PD and ET a search strategy can be evaluated based on expected cost until target is found, whereabouts probability (i.e. being able to point out the target position, by detecting the target or successfully guessing its position after a completed search), expected risk (i.e. the difference between the expected reward of detecting the target and the expected searching cost after the target has been found or the search has stopped) and expected entropy gain [7].

Based on this information the problem for this study can be viewed as a search problem with an appeared and stationary target in a continuous, noiseless target-space. The search is also one-sided with a continuous searching effort, with the freedom of choice in whether or not the implemented algorithm at the AUV should be single-stage or multistage. The time horizon can be viewed as finite since the AUV does not have unlimited battery-capacity, which makes it a NP-complete problem [15]. However, the time horizon can also be viewed as infinite since the AUV can plan its mission in such a way that it is guaranteed that the AUV will be able to search the entire navigational error with energy to spare. When the time horizon is viewed as infinite, the problem is classified as NP-hard [15].

2.1.1 NP-completeness and NP-hardness

A NP-complete problem and a NP-hard problem is a problem that takes non-deterministic polynomial time to solve [16], i.e. it can be difficult to solve it quickly when dealing with large input-sizes. To deal with these kind of problems different methods can be used to reduce the running time of the algorithms. These methods include, but are not limited to, the use of heuristics and approximation.

2.2 Search-strategies

Based on the theory above, a number of different search-strategies have been developed and implemented in different settings.

2.2.1 Optimal search plans with unknown probability distribution

When the probability distribution is unknown it has been shown[17] that a spiral search is optimal when dealing with a stationary target, with respect to the length of the searchers trajectory compared to the minimal distance to the target. To perform a spiral search the searcher starts at a given location and moves away from it in a circular fashion until the target is found, see figure 3.

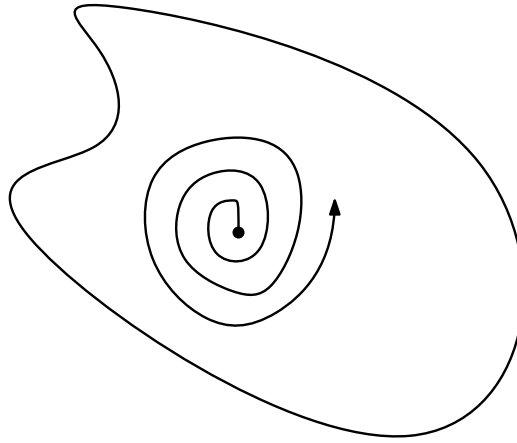


Figure 3: An illustration of spiral search where the searcher starts at an initial position and then spirals out from it.

2.2.2 Bayesian search theory

A common search-strategy[18, 19] when searching for a stationary target is the one known as Bayesian search theory [20]. To apply Bayesian search theory the searcher formulates as many plausible hypotheses as possible that when answered give an indication to where the target may be and then compute a probability distribution function (PDF) for each of these hypotheses. These PDF's is then used together with the knowledge of the searchers sensor specifications (i.e. sensor-range, shape of sampled area, etc.) to construct a probability density map (PDM) of the search-area (see figure 4 for an example of such a map) that serves as the basis for the searchers path planning. What the searcher often does is that it starts at the position with the highest probability of finding the target and then visits nodes in the PDM in the order of descending probability of finding the target. After each visit Bayes'

theorem (See equation 1) is applied to the PDM based on the findings of the visit.

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

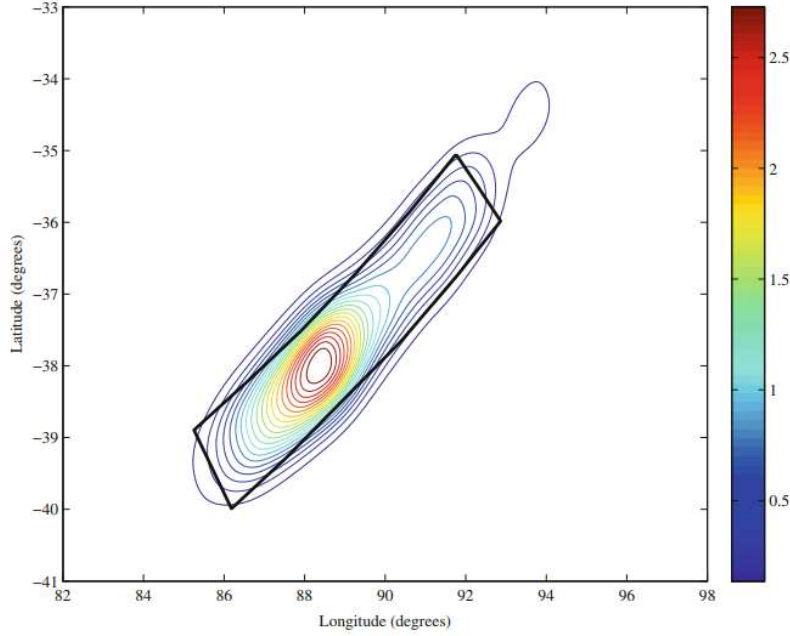


Figure 4: Probability density function for the location of crashed airplane MH370 as of November 2015, from [18, p. 3].

2.2.3 Approximation algorithms

An approximation algorithm is an algorithm that efficiently find an *approximate* solution to a NP-hard optimization problem, which is provable to be within certain bounds from the optimal solution [21]. Examples of traits for an approximate algorithms include, but are not limited to, greediness.

A greedy algorithm is an algorithm that at every stage makes the choice of instant maximal return, even if it would be more profitable to choose another option. A pitfall of using a greedy algorithm is that it may only detect the locally most optimal solution, as depicted in figure 5 where given a starting node on a graph the highest point should be located.

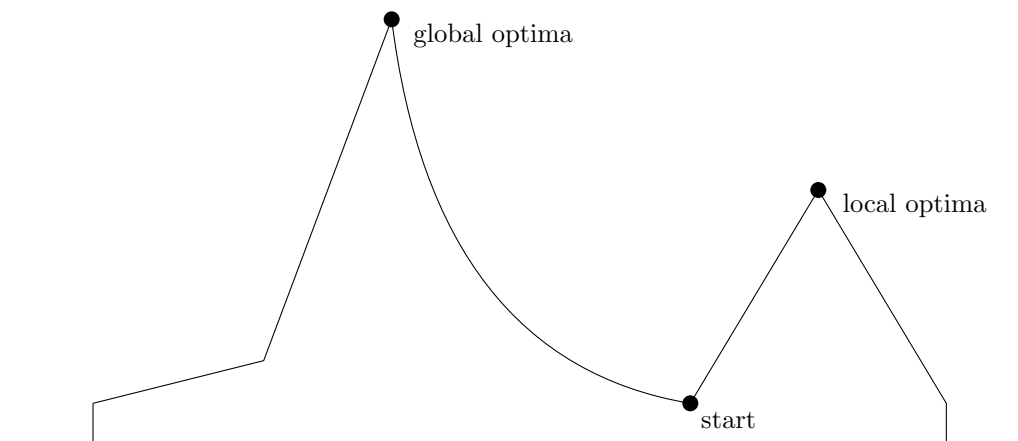


Figure 5: With a greedy algorithm there is a big risk that only the local optima will be detected and the true optima remains unknown since the locally most optimal choice is made at every stage. E.g. the algorithm will climb right towards the local optima since there is a steeper ascent towards it given the starting position compared to the global optima.

The problem of getting stuck on local optimas is not unique for greedy algorithms, other approximation techniques such as local-search also suffers from this flaw.

2.3 Similar cases and previous implementations

Algorithm	Reference(s) in which the implementation of the algorithm is described/documented
Spiral search	[22]
Classic Bayesian search theory	[23, 24]
Approximating Bayesian approaches	[11, 27]
Steepest-descent/greedy Bayesian approaches	[26, 25, 29]
Look-ahead Bayesian approaches	[26, 27]

3 Methods

This chapter explains the methods being used in the project to answer the research-questions:

- **RQ1:** What is a good algorithm to implement in software for an AUV with limited computational power, to efficiently search a bounded area for a stationary object?
- **RQ2:** How do you compare different searching-algorithms with respect to energy-consumption and time-efficiency?

First the selected research-methods is described. After that a description of the project-methods follows and lastly the technological methods is explained.

3.1 Research-methods

As explained in the book by Patel and Davidson[30, p. 53] the methods used in the research should be based on the research-questions. If we then consider the research-questions it is reasonable to say that we should work inductively because we want to find out what algorithms could be used in the target system and how the different algorithms can be compared.

To answer the RQ's it is expected that a compilation of different algorithms is made where performance-records of energy-use and time-use is presented for different types of problems and problem-sizes. There should be an analysis of the results and how they can interpreted.

3.1.1 Literature study

To find out which algorithms exist today a literature study is performed [30, p. 42-49]. By searching for search-strategies we also find good ways of comparing the different strategies since when some paper or book introduces an strategy it often does so by comparing it to some other already existing strategy.

Some keywords that is used, in various combinations, is: AUV; UUV; search; search and rescue; docking; homing; search theory; Bayesian search.

(—sammanfatta-litteraturen-här—)(—sammanfatta-litteraturen-här—
 litteraturen-här—)(—sammanfatta-litteraturen-här—
 —)(—sammanfatta-litteraturen-här—)(—
 —sammanfatta-litteraturen-här—)(—sammanfatta-litteraturen-här—
 litteraturen-här—)(—sammanfatta-litteraturen-här—
 —)(—sammanfatta-litteraturen-här—)(—
 —sammanfatta-litteraturen-här—)(—sammanfatta-litteraturen-här—
 litteraturen-här—)

3.1.2 Experiments

The algorithms is implemented and empirically tested in a Python-simulator. The simulator generates an area to be searched and places a target somewhere in the area based on a normal distribution with the expected value in the middle of the area.

A common way to measure search-strategies efficiency when the search has an infinite time horizon is to measure their Expected Time (ET) or Mean Time To Detection (MTTD) [7, 11, 15, 29]. This means that a search is performed multiple times and the average time for the searcher to detect target gives the MTTD.

If the time horizon is finite, the probability of detecting the target during the search (PD, Probability Detection) is a common way to measure the searchers efforts [7, 15, 26].

We compare the search-strategies implemented in the simulator based on their MTTD because when implemented in the employers real AUV it is assumed that there will be enough battery-power left to traverse the search-area at least once. If there is time left to perform more testing, the PD of the search-strategies will be evaluated as well.

3.2 Project-methods

Since this is not a trivial project, some project-methods is necessary to give an overview of the project as to not lose track of time and direction of the project [5]. To first set a frame for the project a project definition (See appendix A) was set up in agreement with the most important stakeholders. In the project definition the three corners of the project management triangle is defined, a Gantt-schedule is presented and the available man-hours is planned.

An iterative and incremental project-model is used by repeating the following steps:

1. **Research** - Research is made about existing interesting and untested algorithms.
2. **Hypothesis** - When an interesting algorithm is found, a hypothesis is formulated.
3. **Testing** - The algorithm is implemented in the simulator and becomes a subject of some tests.
4. **Evaluation** - The results of the tests is evaluated, conclusions is drawn and new theory is formulated.

By working in this way MoSCoW-prioritization can be applied as well, which helps ensure that the limits set for the project management triangle is not broken.

3.3 Technological methods

Here follows an explanation of the technological methods being used.

3.3.1 Requirements

Gathering and formulating specifications and extra-functional requirements.

3.3.2 Design

Using UML to create models.

3.3.3 Construction and testing

How programming is done (how happy hacking is avoided), XP, TDD.

4 Implementation

5 Results

6 Discussion and conclusions

6.1 Validity

6.2 Reliability

References

- [1] Swedish Foundation for Strategic Research. Nationellt Center för Maritim Robotik [Internet]. Stockholm: Swedish Foundation for Strategic Research; 2019 [cited 2019-02-28]. Available from: <https://strategiska.se/en/research/ongoing-research/industrial-research-centres/project/8310/>
- [2] SMaRC - Swedish maritime robotics centre. Next generation of maritime robotics [Internet]. Stockholm: SMaRC, KTH; 2019 [cited 2019-02-28]. Available from: <https://smarc.se/about-smarc/next-generation-of-maritime-robotics/>
- [3] Taraldsen G, Reinen TA, Berg T. The underwater GPS problem. In: OCEANS 2011 IEEE - Spain. IEEE; 2011. p. 1–8.
- [4] Bull P, Ögren P, Grahn P, Hillerström G, Johansson P, Jändel M, et al. Förstudie obemannade farkoster [Internet]. Stockholm: Totalförsvarets Forskningsinstitut; 2012 [updated 2014-01-08, cited 2019-03-01]. Available from: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:fhs:diva-2954>
- [5] Eklund S. Arbeta i projekt: individen, gruppen, ledaren. 4 ed. Lund: Studentlitteratur; 2011.
- [6] SMaRC - Swedish maritime robotics centre. About SMaRC [Internet]. Stockholm: SMaRC, KTH; 2019 [cited 2019-02-28]. Available from: <https://smarc.se/aboutsmarc/>
- [7] Kōji I. Studies on the optimal search plan. Berlin; New York: Springer-Vlg; 1992.
- [8] Stone LD. Theory of optimal search. New York: Academic Press; 1975.
- [9] Choi YH, Lee TK, Baek SH, Oh SY. Online complete coverage path planning for mobile robots based on linked spiral paths using constrained inverse distance transform. In: 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IEEE; 2009. p. 5788–5793.
- [10] Golan Y, Edelman S, Shapiro A, Rimon E. Online Robot Navigation Using Continuously Updated Artificial Temperature Gradients. IEEE Robotics and Automation Letters. 2017; 2(3): p. 1280–1287.

- [11] McMahon JJ, Waters ZJ, Yetkin H, Wolek A, Stilwell DJ. Towards Real-Time Search Planning in Subsea Environments. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2017. p. 87–94.
- [12] Baylog JG, Wettergren TA. A ROC-Based Approach for Developing Optimal Strategies in UUV Search Planning. IEEE Journal of Oceanic Engineering. 2018; 43(4): p. 843–855.
- [13] Lee TK, Baek SH, Choi YH, Oh SY. Smooth coverage path planning and control of mobile robots based on high-resolution grid map representation. Robotics and Autonomous Systems. 2011; 59(10): p. 801–812.
- [14] Yetkin H, Lutz C, Stilwell D. Acquiring environmental information yields better anticipated search performance. In: OCEANS 2016 MT-S/IEEE Monterey. IEEE; 2016. p. 1–6.
- [15] Trummel KE, Weisinger JR. The Complexity of the Optimal Searcher Path Problem. Operations Research. 1986; 34(2): p. 324–327
- [16] Garey MR, Johnson DS. Computers and intractability: a guide to the theory of NP-completeness. San Francisco: Freeman; 1979.
- [17] Langetepe E. Proceedings of the Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms. In 2010. p. 1–12.
- [18] Davey S, Gordon N, Holland I, Rutten M, Williams J. Bayesian Methods in the Search for MH370. 2016.
- [19] Stone L, Keller C, Kratzke T, Strumpfer J. Search for the Wreckage of Air France Flight AF 447. Statistical Science [Internet]. 2014; 29(1): p. 69–80. Available from: <http://search.proquest.com/docview/1753039218/>
- [20] Caudle K. Searching Algorithm Using Bayesian Updates. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching. 2010; 29(1): p. 19–29.
- [21] Vazirani VV. Approximation algorithms. Berlin: Springer; 2003.
- [22] Bo LI, Yuan-xin XU, Shuang-shuang FAN, Wen XU. Underwater docking of an under-actuated autonomous underwater vehicle: system design and control implementation. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering. 2018; 19(8): p. 1024–1041.

- [23] Hino JH, Optimal Search Tactics, In: Proceedings of the Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology. Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology. 5-6 June 1990. Washington, DC, USA. Washington, DC, USA: IEEE; 1990. p.156-167.
- [24] Pham-Gia T, Turkkan N. An optimal two-stage graphical search planning procedure for submerged targets. *Mathematical and Computer Modelling*. 2002; 36(1): p. 217–230.
- [25] Baylog JG, Wettergren TA. Extended search games for UUV mission planning. In: *OCEANS 2017 - Anchorage*. Marine Technology Society; 2017. p. 1–9.
- [26] Bourgault FF, Durrant-Whyte HF, Furukawa T. Optimal search for a lost target in a Bayesian world. *Springer Tracts in Advanced Robotics*. 2006; 24: p. 209–222.
- [27] Wang YX, Zhang M-XJ, Zheng Y-J. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. In Springer Verlag; 2017. p. 454–464.
- [28] Gemeinder M, Gerke M. GA-based path planning for mobile robot systems employing an active search algorithm. *Applied Soft Computing Journal*. 2003; 3(2): p. 149–158.
- [29] Agcayazi MT, Cawi E, Jurgenson A, Ghassemi P, Cook G. ResQuad: Toward a semi-autonomous wilderness search and rescue unmanned aerial system. In: *2016 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*. IEEE; 2016. p. 898–904.
- [30] Patel R, Davidson B. *Forskningsmetodikens grunder: att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. 4 ed. Lund: Studentlitteratur; 2011.
- [31] Kniberg H. *Scrum and XP from the trenches: how we do Scrum*. 2nd ed.. C4Media; 2015

A Appendix - Projektdefinition

Optimala search and rescue algoritmer med avseende på energi- och tids-åtgång för små autonoma undervattensfarkoster

Projektdefinition

Abstract

Detta dokument är en projektdefinition (Eklund, 2010) för studentprojekt eller examensarbete vid KTH EECS.

En projektdefinition är inte en projektplan utan föregår ofta en sådan. Projektdefinitionen kan vid behov utvecklas till en projektplan. För examensarbetet är det lämpligt att projektdefinitionen fungera som "överenskommelse" mellan projektets huvudintressenter vilka oftast är ett företag, studenten som gör arbetet och akademien varifrån studenten kommer. Förändras projektet i något viktigt avseende så uppdateras och förankras projektdefinitionen.

Dokumentversion, senaste överst

Date	Version	Author	Description
15/02/2019	<Version 1.0>	Hampus Pukitis Furhoff	Färdig, men ej granskad

Student/författare: H.P.F på Företag: SMarC

Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	4
1.1	Dokumentets syfte.....	4
1.2	Dokumentets omfattning	4
1.3	Dokumentöversikt	4
2	Projektöversikt – bakgrund, syfte och mål	6
2.1	Bakgrund	6
2.1.1	Om SMaRC (Swedish Maritime Robotics Centre).....	6
2.1.2	Undervattensdockning och ackumulerat fel.....	6
2.2	Syfte	6
2.3	Mål	6
2.4	Funktionella krav - användningsfallsmodell	7
3	Organisation	8
3.1	Personer i projektet.....	8
3.2	Möten	8
3.3	Arbetsplats.....	8
3.4	Arbetsutrustning	8
3.5	Meddelanden	8
3.6	Webbplatser.....	8
4	Projektets olika mål.....	9
4.1	Uppgiftsägaren	9
4.2	Kursmål och examensmål	9
4.2.1	Vetenskaplighet.....	10
4.3	Hållbarhetsaspekter	12
4.4	Etik, jämställdhet och likabehandling (JML)	12
4.5	Arbetsmiljöaspekter	12
5	Fas-, tids- och arbetsplan	13
5.1	Fas- och tidsplan.....	13
6	Intressenter	14
7	Risikanalys	15
8	Förändringsplan	20
9	Kostnadsplan.....	21
10	Dokumentplan.....	22
11	Utbildningsplan.....	23
12	Rapport- och granskningsplan	24
	Appendix A - Referenser	25

1 Introduktion

1.1 Dokumentets syfte

Syftet med det här dokumentet är att ge en tydlig definition av Hampus Pukitis Furhoffs examensarbets-uppdrag hos SMaRC (Swedish Maritime Robotics Centre) så att alla intressenter är införstådda med vad uppdraget innebär och vad det har för avgränsningar. Detta är viktigt för att alla intressenter ska kunna komma med synpunkter och förslag innan projektet drar igång på allvar och på så sätt säkerställa att deras behov blir uppfyllda.

1.2 Dokumentets omfattning

Detta dokument behandlar följande:

- Hur projektet ska utformas och utföras rent praktiskt.

Detta dokument behandlar *inte* följande:

- Frågeställningar, resultat av litteraturstudie, hypoteser, metodval, resultat eller slutsatser eller diskussioner av projektet.

1.3 Dokumentöversikt

Detta dokument innehåller följande delar: (Eklund, 2010)

- **Projekt- eller uppgiftsbeskrivning** – detta görs översiktligt och sammanfattande
- **Organisation** – hur arbetet och samarbete skall organiseras
- **Projektmål** – vilka är huvudintressenternas syfte/mål med projektet? Varför är man med i detta projekt?
- **Fas- och tidsplan** – arbetsvolym, projektets varaktighet, översiktlig fas och tidsindelning, flexibilitet i ”projekttriangeln”- projektåtagande (resurser/kostnad-varaktighet(tid)-funktionalitet)
- **Intressenter** – vilka är projektets intressenter, deras förväntningar och ambition att uppfylla dessa förväntningar och hur.
- **Risikanalys** – riskidentifiering och åtgärder. Hur hanteras eventuell sekretess och konfidentialitet mm?
- **Förändringsplan** – hur hanteras och meddelas viktiga förändringar i projektet?
- **Kostnader** – vilka kostnader finns i projektet? Vem betalar vad? Licenser?
- **Dokumentplan** – vilka dokument skall användas, underhållas och levereras?
- **Utbildningsplan** – behov av förstudie, inläsning, utbildning.
- **Rapport- och granskningsplan** – syfte och tider för rapportering och granskning.

- **Referenser** – detaljerad referenslista enligt APA,

2 Projektöversikt – bakgrund, syfte och mål

2.1 Bakgrund

2.1.1 Om SMaRC (Swedish Maritime Robotics Centre)

SMaRC är ett svenskt forskningscenter där flera universitet och branschledande företag samarbetar med syfte att forska kring framtidens autonoma undervattensfarkoster (AUV) och ta fram lösningar för att främja övergången till dessa (SMaRC, About SMaRC, 2019). Dom forskningsområden man fokuserar på då är autonomitet, uthållighet, uppfattning och kommunikation. Med detta menas att man vill att framtidens undervattensfarkoster ska kunna operera självständigt utefter dom data som finns tillgängliga för farkosten, att farkosterna ska kunna vara ute på uppdrag under längre tid, att farkosterna ska kunna ta in data från sin omgivning, inte bara för dom uppdrag som dom är ute på utan även för den egna navigeringen, samt kunna skicka och ta emot data under svåra förhållanden.

2.1.2 Undervattensdockning och ackumulerat fel

Med tanke på forskningsområdena autonomitet och uthållighet så vill man att framtidens AUV's ska kunna starta ett uppdrag genom att åka från en dockningsstation med känd position till en plats där ett uppdrag ska utföras för att sedan återvända till en dockningsstation och avrapportera uppdraget helt på egen hand. Platsen som uppdraget ska utföras på kan ligga väldigt långt bort och farkosten kan då samla på sig ett navigatoriskt fel under tiden som den är borta från dockningsstationen. När farkosten då återvänder till en dockningsstation så kan det vara så att farkosten inte har åkt exakt till den platsen som dockningsstationen är på men inom ett område av det ackumulerade navigationsfelet. Om det är fallet så kan farkosten söka av det området på bättre och sämre sätt för att hitta dockningsstationen. Med bättre och sämre sätt menas då med avseende på energiåtgång och tidsåtgång. Just nu har uppdragsgivaren en algoritm på plats som gör att farkosten åker till dom platser i området som dockningsstationen med största sannolikhet befinner sig på. Den fungerar bra men uppdragsgivaren undrar om det finns någon optimal algoritm och om den i sådana fall skulle kunna implementeras på en testfarkost med begränsad datorkraft.

2.2 Syfte

Syftet med projektet är att minska energi- och tids-åtgången i samband med att AUV's med ackumulerat navigationsfel återvänder till en dockningsstation.

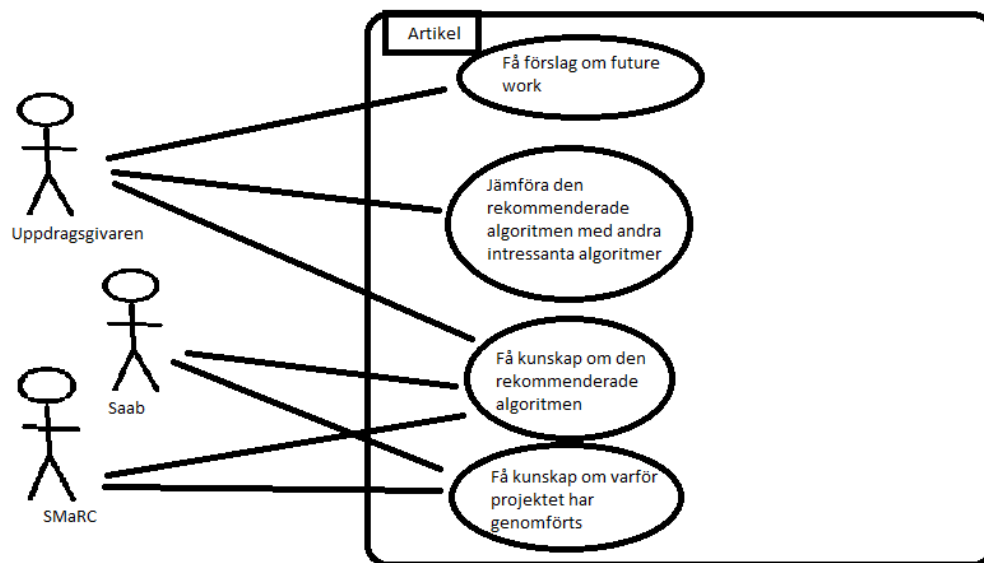
2.3 Mål

Målet med projektet är att komma med ett förslag till algoritm, antingen egenkonstruerat eller baserat på befintlig litteratur, som ska kunna användas för att reducera energi- och tids-åtgången i samband med att en AUV söker upp en dockningsstation.

2.4 Funktionella krav - användningsfallsmodell

Om man antar att den levererbara artefakten till uppdragsgivaren efter avslutat projekt är en artikel med en eller flera rekommendationer av algoritm för systemet så bör följande funktionella krav ställas på artikeln.

- Artikeln ska visa att den rekommenderade algoritmen är energieffektiv
- Artikeln ska visa att den rekommenderade algoritmen är tidseffektiv
- Artikeln ska ge verktyg för att uppdragsgivaren ska kunna evaluera den rekommenderade algoritmen med andra algoritmer som kan komma fram efter att projektet är avslutat
- Artikeln ska ge en grundlig teoretisk beskrivning av problemet och den rekommenderade algoritmen
- Artikeln ska jämföra den rekommenderade algoritmen med andra algoritmer som har varit under strålkastarljus under projektets gång, inklusive den algoritmen som fanns på plats från början
- Artikeln ska ge förslag om future work



3 Organisation

3.1 Personer i projektet

Person	Kontaktinformation och beskrivning
Hampus Pukitis Furhoff	Student som ska genomföra projektet hfurhoff@kth.se , 0704922281

3.2 Möten

Hampus och Filip ska ha möten minst en gång i veckan för att kunna diskutera saker kring projektet och så att problem som uppstår ska kunna tas om hand på ett smidigt sätt. Mötena hålls på Filips arbetsplats, KTH's avdelning för marina system. Förutom dessa möten kan det också förekomma möten med andra inom SMaRC för att Hampus ska få presentera sitt arbete samt ta del av andras arbeten.

3.3 Arbetsplats

Hampus kommer för det mesta jobba hemifrån men om det skulle behövas så kan han också sitta på avdelningen för marina system.

3.4 Arbetsutrustning

Förutom datorer så är den arbetsutrustning som främst kommer användas en simulator som Filip har skrivit i Matlab samt AUV'n Lolo som ska sjösättas i sommar.

3.5 Meddelanden

Merparten av meddelanden skickas via mail. Detta inkluderar men är inte begränsat till inbjudningar till möten, ändrade möten, sjukdom, mötesplats. Om det är bråttom så kan man skicka sms eller ringa.

3.6 Webbplatser

SMaRC's hemsida och framförallt då sidan (SMaRC, Underwater docking, 2019) som beskriver uppdragsgivarens projekt kan användas för att informera icke insatta om projektet.

4 Projektets olika mål

4.1 Uppgiftsägaren

Uppgiftsägaren förväntar sig att efter avslutat projekt så ska hen ha en implementerad algoritm på plats i testfordonet Lolo som är optimal ur ett energiperspektiv och tids-perspektiv. Detta för att man vill få uthålligare undervattensfarkoster som kan vara ute på längre uppdrag. För att kunna få till en iterativ och inkrementell utveckling mot resultatmålet så kan man arbeta Scrum-inspirerat och prioritera tasks under veckomö-tena med handledaren Filip.

4.2 Kursmål och examensmål

<i>Examensmål</i>	<i>Uppfyllnad</i>
visa kunskap om det valda ämnesområ- dets vetenskapliga grund och beprövade erfarenhet, kännedom om aktuellt forsk- nings- och utvecklingsarbete	Gör en gedigen litteraturstudie och do- kumentera noggrant resultatet och förfa- randet av denna i en avslutande rapport
visa förmåga att med helhetssyn, kritiskt och systematiskt söka, samla och an- vända kunskap samt identifiera sitt behov av ytterligare kunskap	Gör en gedigen litteraturstudie och do- kumentera noggrant resultatet och förfa- randet av denna i en avslutande rapport
visa förmåga att formulera, bedöma och hantera problem och kritiskt diskutera frågeställningar	Beskriv problemet och dess bakgrund, formulera frågeställningar och diskutera dessa i en avslutande rapport
visa förmåga att planera och med ade- kvata metoder genomföra uppgifter inom givna tidsramar samt att utvärdera detta arbete	Visa med en genomarbetad projektdefi- nition att en planering har gjorts och följts, samt att projektmetoder har an- vänts på ett korrekt sätt. Utvärdera hur arbetet har genomförts och redovisa för resultaten av denna utvärdering i en muntlig presentation och i en avslutande rapport
visa förmåga att utforma och hantera produkter, processer, metoder, system eller tekniska lösningar med hänsyn till människors förutsättningar och behov och samhällets mål för ekonomiskt, soci- alt och ekologiskt hållbar utveckling	Redovisa för och förklara valda strategier i en avslutande rapport, speciellt då med hänsyn till hur exjobbets genomförande och resultat passar in i relevanta samhäl- leliga mål

visa förmåga att muntligt och skriftligt i dialog med olika grupper redogöra för och diskutera information, problem och lösningar	Skriv en rapport och ge ett muntligt föredrag som redogör för och diskuterar exjobbets bakgrund, problem och lösningar
visa förmåga att göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhälleliga och etiska aspekter	Diskutera exjobbets vetenskapliga, samhälleliga och etiska aspekter i en inledande projektdefinition och i en avslutande rapport
visa sådan färdighet som fordras för att självständigt arbeta som högskoleingenjör	Visa i en inledande projektdefinition hur valda projektmetoder ska användas under projektets gång. Utvärdera sedan i en avslutande rapport hur dessa har använts och vad som hade kunnat görats annorlunda. Delta aktivt i diskussioner under handledingsmöten och under den muntliga presentationen.

4.2.1 Vetenskaplighet

Projektets vetenskaplighet är värderad utifrån rapporten från LTH (Lunds Teknisk Högskola) vetenskaplighet/ingenjörsmässighet (Andersson & Ekholm, 2002). För att projektet ska ha en viss grad av vetenskaplighet så ska dom nedanstående punkterna i figur 1 följas i största möjliga mån. Detta ska göras på följande sätt:

- Enhetliga begrepp och teoretiska strukturer ska användas genom hela projektet.
- Baserat på dom förkunskaper som finns och vad litteraturstudien ger för resultat så ska hypoteser tas fram och testas systematiskt och empiriskt.
- Under veckomöten med projekthandledaren så ska viktiga variabler identifieras och styras.
- Relationerna mellan fenomen som berör problemställningen ska systematiskt identifieras.
- Förklaringsmodeller ska användas för att beskriva bakgrunden, problemet och dess lösningar.

På detta vis så bygger exjobbet på vetenskap istället för sunt förnuft.

För att projektet ska bedriva teknologisk forskning ska man under projektets gång följa den process som beskrivs i punktform i figur 2.

Kerlinger (1973) poängterar på samma sätt vikten av den vetenskapliga metoden och gör en distinktion mellan vetenskap och sunt förnuft utifrån fem punkter, vilka alla kretsar kring begreppen systematik och kontroll. Vetenskap inkluderar, till skillnad från sunt förnuft:

1. Användandet av en enhetlig begreppsapparat och teoretiska strukturer
2. Att systematiskt och empiriskt testa teorier och hypoteser
3. Kontroll, t.ex. att identifiera och styra de variabler som påverkar den studerade företeelsen och samtidigt systematiskt utesluta de variabler som inte berör den aktuella problemställningen
4. Att metvetet och systematiskt identifiera relationer mellan fenomen som berör problemställningen
5. Användningen av förklaringsmodeller.

Av punkterna framgår att vetenskap hanterar observerade fenomen och förklarar relationer mellan fenomen, vilka kan testas och utvärderas.

Figur 1: citat ur (Andersson & Ekholm, 2002)

Teknologisk forskning (se Andersson & Ekholm för “generell vetenskaplig metod”)

Den generella vetenskapliga metoden kan anpassas för teoretisk, experimentell och teknologisk forskning. För den senare inriktningen, teknologisk forskning, följer den vetenskapliga forskningsprocessen följande steg (Bunge 1983):

1. Hur kan den aktuella problemställningen lösas?
2. Hur kan en teknik/produkt utvecklas för att lösa problemet på ett effektivt sätt?
3. Vilket underlag/information finns och erfordras för att utveckla tekniken/produkten?
4. Utveckla tekniken/produkten utifrån underlaget/informationen i steg 3. Om tekniken/produkten visar sig fullgod, gå till steg 6.
5. Försök med ny teknik/produkt.
6. Skapa en modell/simulering av den föreslagna tekniken/produkten.
7. Vad medför, alltså vilka är konsekvenserna av, modellen/simuleringen i steg 6?
8. Testa tillämpningen av modellen/simuleringen. Om utfallet inte är tillfredsställande gå till steg 9, annars gå till steg 10.
9. Identifiera och korrigera för brister i modellen/simuleringen.
10. Utvärdera hur resultatet i förhållande till befintlig kunskap och praxis, samt identifiera nya problemområden för fortsatt forskning.

Figur 2: citat ur (Andersson & Ekholm, 2002)

4.3 Hållbarhetsaspekter

- *Kopplat till projektgenomförande*
I och med att projektet för det mesta kommer genomföras i hemmet så har projektgenomförandet väldigt liten miljöpåverkan. Den främsta miljöpåverkan som kan uppstå är den då Lolo testkörs i farvatten. Då får man ta hänsyn till att man använder hållbar energi och att farkosten inte körs i skyddade farvatten.
- *Kopplat till produkt/tjänst som utvecklas dess användning och avveckling*
Då produktens enda syfte är att minska energiåtgången så är det positivt ur ett miljöhållbarhetsperspektiv.

4.4 Etik, jämställdhet och likabehandling (JML)

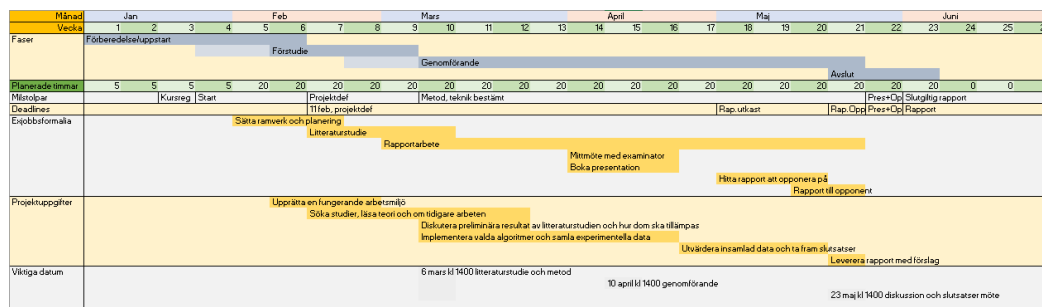
- *Kopplat till projektgenomförande*
Dom inblandade i projektet ska verka för ett öppet samtalsklimat där alla ska få komma till tals oavsett kön, ursprung, religion, funktionsvariation samt läggning.
- *Kopplat till produkt som utvecklas och dess användning*
I och med att vissa organisationer i SMaRC har väldigt starka kopplingar till försvarsindustrin så får man anta att projektet kan komma att ingå i försvarssystem.
- *Kopplat till avveckling av produkt.*
Projektet och produkten ska dokumenteras väl så att när den ska avvecklas så finns all relevant information att tillgå.

4.5 Arbetsmiljöaspekter

- *Kopplat till projektgenomförande*
För att vara säkra på att det råder en god arbetsmiljö utan risk för överbelastning så ska ett tidsrapporteringsdokument upprätthållas så att man kan försäkras om att det läggs lagom mycket tid på projektet.

Den förväntade arbetstiden per vecka ligger på 20 timmar per student. Den totala arbetsvolymen för projektet bör då ligga på 20 timmar * 20 veckor * 1 student = 400 arbetstimmar. För att hålla i genomsnitt 20 arbetstimmar i veckan så ska ett tidsrapporteringsdokument finnas där studenten ska rapportera sina arbetade timmar. Det flexiblaste hörnet i projektriangeln för det här projektet är funktionshörnet eftersom det finns en deadline för när projektet ska vara klart och antalet arbetstimmar är kan inte ökas för mycket utan att det kan

5.1 Fas- och tidsplan



Figur 4 Originalark finns på url:
https://drive.google.com/file/d/1HV5WW_WFCEFE9EGDrQrxouYtDZOnAlN/view?usp=sharing

6 Intressenter

Lista vilka som är projektets intressenter, deras förväntningar och ambition att uppfylla dessa förväntningar och hur.

Intressent	Namn	Förväntningar	Uppfyllande av förväntningar
Student	Hampus Pukitis Furhoff	Examen	Följa tidsplan, mallar och råd. Se till att lägga 400 timmar på exjobbet.
Projekthandledare	Filip Söderling	Färdig produkt	Jobba iterativt och inkrementellt.
Akademisk handledare, Programansvarig	Anders Sjögren	Uppvisande av examensmål	Följa tidsplan, mallar och råd. Se till att lägga 400 timmar på exjobbet.
Examinator	Leif Lindbäck	Uppvisande av examensmål	Följa tidsplan, mallar och råd. Se till att lägga 400 timmar på exjobbet.
Professor Marina System	Jakob Kuttenkeuler	Färdig produkt	Jobba iterativt och inkrementellt.
Opponent	-	Rapport att opponera på	Följa tidsplan, mallar och råd.
Handledningsgruppen	Simon, Perttu, Per och Anders	Aktivt deltagande under handledningsmöten	Följa tidsplan och leverera delresultat i tid till handledningsmötena. Granska deras delresultat och ge konstruktiv feedback

7 Riskanalys

Nedan beskrivs identifierade risker.

ID	Risk	Förebyggande åtgärd	Åtgärder vid risk- utfall
R1	Litteraturstudien är otillräcklig.	Planera in mycket tid åt litteraturstudien och stäm av med handledare	Avsätt tid för att förbättra litteraturstudien
R2	Koppling till aktuell forskning och utveckling saknas eller är bristfällig.	För anteckningar från texterna som dyker upp i litteraturstudien så att dom kan refereras till på ett bra sätt i rapporten. Se till att man läser nyare publikationer först	Se till att använda referenser på ett bättre sätt för att göra kopplingen tydligare
R3	Motivering av vald metod brister.	Diskutera metodval grundligt med handledare	Utveckla kring varför man har valt den metod som man valt
R4	Arbetet visar på bristfälliga kunskaper från tidigare kurser i utbildningen.	Göra en god förstudie inom aktuella områden och läsa in sig på dom ämnen som man känner sig lite svagare på som kan dyka upp under projektets gång	Avsätt tid för att fördjupa dom kunskaper som är bristfälliga
R5	Relevant litteratur saknas i hög grad eller har inte integrerats i arbetet.	För anteckningar från texterna som dyker upp i litteraturstudien så att dom kan refereras till på ett bra sätt i rapporten	Avsätt tid för att förbättra litteraturstudien. Redovisa den genomgångna litteraturen på ett bättre sätt och se till att använda referenser på ett bättre sätt för att visa på att relevant litteratur har integrerats i arbetet
R6	Litteraturen har behandlats okritiskt.	Diskutera det man läser och gärna med någon som inte är så insatt och därmed investerad i projektet som sådant	Ta del av den kritik som riktats mot litteraturen och läs igenom den igen
R7	Arbetet bygger inte på tidigare kunskap inom området.	Stämna av med akademiska handledaren att projektet är lämpligt	Evaluera hur man kan inkorporera mer tidigare kunskap i projektet. Se om man kan styra om projektet i viss mån

ID	Risk	Förebyggande åtgärd	Åtgärder vid risk- utfall
R8	Diskussion om utveckling av arbetet saknas	Diskutera med handledare vilka begränsningar just detta projektet har och vad man hade kunnat göra om man hade haft mer tid. Om man dessutom summerar i slutet av projektet vad man har gjort så blir det tydligare vad man hade kunnat fortsätta med	Diskutera med handledare vilka begränsningar just detta projektet har och vad man hade kunnat göra om man hade haft mer tid. Om man dessutom summerar i slutet av projektet vad man har gjort så blir det tydligare vad man hade kunnat fortsätta med
R9	Problemformuleringen är bristfällig liksom utvecklingen av denna.	Stämma av med akademiska handledaren att projektet är lämpligt	Gå ner på mer detaljnivå kring vad projektet handlar om och utifrån det försöka se vad det är för frågor projektet ämnar ge svar på
R10	Relevanta frågeställningar diskuteras inte i examensarbetet.	Förklara projektet för någon som inte är insatt och se om det dyker upp frågeställningar som man själv inte hade tänkt på eller tagit för givet	Avsätta tid för att utveckla diskussionen kring dom befintliga frågeställningarna
R11	Relevanta bedömningar kopplade till examensarbetets frågeställning saknas.	Förklara projektet och dess frågeställningar för någon som inte är insatt och se om det dyker upp frågeställningar som man själv inte hade tänkt på eller tagit för givet	Avsätta tid för att utveckla diskussionen kring dom befintliga frågeställningarna
R12	Arbetet når inte upp till den nivå som sattes inledningsvis eller till den eventuellt nya nivå som överenskommits.	Se till att ha god koll på dom satta målen och jämför arbetet med tidigare godkända arbeten som hållit den ut-satta nivån	Diskutera med handledare för att se vart det brister och hur man kan åtgärda det. Diskutera eventuella nödvändiga förändringar och ta med dom i förändringskapitlet i detta dokument
R13	Kritisk utvärdering av det egna arbetet saknas.	Var ärlig med vilka brister arbetet har och vad man hade kunnat göra annorlunda. Var lyhörd mot opponenter	Be en oinsatt person med tillräckliga förkunskaper läsa igenom med instruktioner om att vara så kritisk som möjligt

ID	Risk	Förebyggande åtgärd	Åtgärder vid risk- utfall
R14	Överenskommen arbetsplan med avseende på tid och metodik har inte hållits	Följa tidsplan, mallar och råd. Se till att lägga 400 timmar på exjobbet. Fyll i tidsrapportering för att vara säker på att rätt antal timmar läggs ner	Prata med handledare och se om fler timmar kan läggas in i tidsplanen
R15	Produkt, process, system, metod eller teknisk lösning har inte utformats eller hanterats i examensarbetet.	Diskutera med handledare hur det som görs i projektet kan generaliseras och vara till nytta för andra	Granska det arbete som har gjorts och se om man kan hitta något som kan lyftas fram som inte nödvändigtvis var det man hade tänkt från början
R16	Relevant analys av hanterbarhet för och effekt på människa, samhälle, miljö och ekonomi brister eller saknas	För att få till en relevant analys av hanterbarhet för och effekt på människa, samhälle, miljö och ekonomi så bör man försöka svara på frågor som "Hur påverkar resultatet av mitt arbete människor/samhället/miljön/ekonomin?" och "Vad får mitt arbete för kortsiktiga och långsiktiga konsekvenser på människor/samhället/miljön/ekonomin?"	Försök jämföra med andra liknande arbeten och se vad dessa har lyft fram för aspekter på ämnet och se i vilken mån dessa kan appliceras på projektet
R17	Innehållet är inte systematiskt presenterat, och texten eller den muntliga presentationen är svår att förstå.	Följ en tydlig mall och be folk ur målgruppen korrekturläsa rapporten samt sitta som åhörare på repetitioner inför den muntliga presentationen	Arbeta med materialet och ta eventuellt hjälp av skrivarestugor
R18	Referaten har oklart syfte, ligger för nära originalkällan, eller staplas utan tydligt samband.	Använd en tydlig refereringskonvention som känns bekväm och naturlig. Skriv rapporten i LaTeX	Arbeta med materialet och ta eventuellt hjälp av skrivarestugor
R19	Den skriftliga rapporten är inte språkligt välformulerad eller sammanhängande.	Be folk ur målgruppen korrekturläsa rapporten och använd en spellchecker	Arbeta med rapporten och ta eventuell hjälp av skrivarestugor
R20	Den fortlöpande kommunikationen eller den muntliga presentationen visar inte på lyhördhet, tydlighet eller förmåga att diskutera arbetet	Vid frågor; stanna upp, sätt in dig i frågan (be om upprepning eller utveckling om nödvändigt), var självkritisk och tänk sedan igenom ett välformulerat svar	Ta en paus från arbetet med exjobbet och när man sedan återgår till arbetet med detta så börjar man med att kritiskt läsa igenom det ditills ackumulerade materialet för att sedan återgå till kommunikationen

ID	Risk	Förebyggande åtgärd	Åtgärder vid risk-utfall
R21	Bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhällliga och etiska aspekter saknas eller är bristfälliga.	För att få till bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhällliga och etiska aspekter så bör man försöka svara på frågor som "Hur bidrar mitt arbete till vetenskapen inom detta område?", "Vad finns det för etiska dilemman med mitt arbete?" och "Vad får mitt arbete för kortsiktiga och långsiktiga konsekvenser på samhället?"	Försök jämföra med andra liknande arbeten och se vad dessa har lyft fram för aspekter på ämnet och se i vilken mån dessa kan appliceras på projektet
R22	Arbetet visar på oförståelse att sätta in studien i ett större sammanhang.	Försök svara på frågor som "Hur gynnar mitt arbete uppdragsgivaren?", "Vem eller vilka kan missgynnas av mitt arbete?" och "Vad får mitt arbete för direkta och indirekta konsekvenser?"	Försök jämföra med andra liknande arbeten och se vad dessa har lyft fram för aspekter på ämnet och se i vilken mån dessa kan appliceras på projektet
R23	Examensarbetet tar inte upp etiska och samhällliga aspekter även om dessa kan vara relevanta för projektämnet alternativt saknas motivering till varför aspekterna inte tagits upp	Se till att vara objektiv i analysen av exjobbets samhällliga och etiska aspekter. Diskutera dessa aspekter med utomstående och för anteckningar under dessa samtal	Försök jämföra med andra liknande arbeten och se vad dessa har lyft fram för aspekter på ämnet och se i vilken mån dessa kan appliceras på projektet
R24	Trots handledning och vägledning visar inte studenten förståelse eller vilja att delta och samarbeta i den rådande arbets-kulturen.	Jobba för att ha en vänlig och inkluderande arbetskultur med konstruktiv feedback. Lyssna in varandra och försök undvika missförstånd med hjälp av tydlig kommunikation	I detta fall så bör en dialog upprättas med den akademiska handledaren och även med en kurator för att försöka finna roten till problemet
R25	Studenten tillför inte konstruktiva idéer vid diskussioner med handledare och visar ointresse för råd och nya förslag.	Se handledare mer som bollplank än vägledare i arbetet med exjobbet. Kom förberedd till diskussioner med handledare; Se till att ha läst igenom relevant material innan och ta gärna fram förslag på lösningar till problem som ska diskuteras innan mötet	Lägg mer tid på förberedelser inför möten och se till att verkligen förstå allt material så att det blir lättare att diskutera kring det och bilda egna uppfattningar kring det

ID	Risk	Förebyggande åtgärd	Åtgärder vid risk-utfall
R26	Studenten visar inte på eget kreativt arbete mellan handledningstillfällena	Följ tidsplan, mallar och råd. Se till att lägga det förväntade antalet timmar på exjobbet. Använd den information som finns att tillgå kring exjobbet.	Lägg fler timmar på arbetet. Diskutera arbetet med folk som har andra infallsvinklar. Våga ta fler och större risker.

8 Förändringsplan

Alla beslutade förändringar ska dokumenteras i denna projektdefinition. Innan en förändring kan godtas så måste studenten och dom båda handledarna godkänna förändringen. Detta görs genom att studenten tar upp förändringen med handledarna för att samla in synpunkter så att förändringen kan genomföras på ett så bra sätt som möjligt och när alla är i samförstånd så skrivs förändringen in i projektdefinitionen innan den genomförs.

Förändring (datum)	Godkänd av student (datum)	Godkänd av projekthandledare (datum)	Godkänd av akademisk handledare (datum)

9 Kostnadsplan

Verktyg	Användare	Betalas av	Kommentar
Matlab	Hampus, Filip	KTH	Programmeringsspråk
DiVA	Hampus	DiVA-konsortiet	Publikationssökningsverktyg

10 Dokumentplan

Vilka dokument skall användas, underhållas, granskas och levereras? När skall detta ske och för vilka?

Dokument	Underhålls av	Levereras	Till
Projektdefinition	Hampus	Nej	Hampus, Anders och Filip
Tidrapportering	Hampus	Nej	Hampus
Rapport	Hampus	I början av juni 2019	Leif, Anders, oppone-ringsstudent
Opponeringsrapport	Hampus	I början av juni 2019	Opponeringsstudent
Rekommendationsartikel	Hampus	I slutet av juni 2019	Filip

11 Utbildningsplan

Behov av förstudie, inläsning, utbildning.

Ämne	Deadline
Undervattensfarkoster	6 Mars 2019
Search and rescue problemet	6 Mars 2019
Inbäddade system	6 Mars 2019
NP-hard problem	6 Mars 2019
Algoritmutförvärdering	6 Mars 2019
Matlab	18 Mars 2019

12 Rapport- och granskningsplan

Syfte och tider för rapportering och granskning

Dokument	Levereras	Granskare	Syfte
Projektdefinition	11/2/2019	Handledningsgruppen	Ge konstruktiv feedback
Litteraturstudie och metod	4/3/2019	Handledningsgruppen	Ge konstruktiv feedback
Genomförande	8/4/2019	Handledningsgruppen	Ge konstruktiv feedback
Diskussion och slutsatser	21/5/2019	Handledningsgruppen	Ge konstruktiv feedback

Appendix A - Referenser

SMaRC. (2019). About SMaRC. Hämtad 2019-02-13 från <https://smarc.se/about-smarc/>

Andersson, N., & Ekholm, A. (2002). Vetenskaplighet - Utvärdering av tre implementeringsprojekt inom IT Bygg & Fastighet 2002.

Eklund, S. (2010). *Arbeta i projekt: individen, gruppen, ledaren*: Studentlitteratur.

SMaRC. (2019). Underwater docking. Hämtad 2019-02-13 från <https://smarc.se/projects/sp01-underwater-docking/>