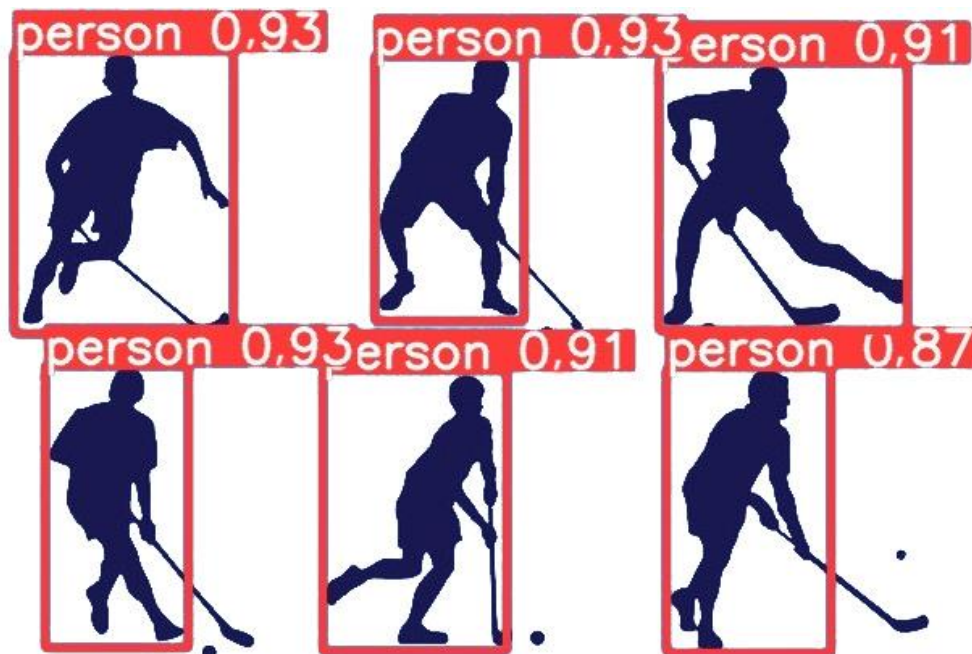




CHALMERS



Kartläggning av innebandyspelares rörelsemönster med hjälp av optisk spårning

Kandidatarbete vid institutionen för fysik

HANNES GUSTAFSSON, PONTUS JOHANSSON, OSKAR KULLNER, EBBA MOLINDER, VICTOR SALOMONSSON

INSTITUTIONEN FÖR FYSIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se

KANDIDATARBETE 2022

TIFX04-22-01

**Kartläggning av innebandyspelares
rörelsemönster med hjälp av optisk spårning**

Författare:

HANNES GUSTAFSSON
PONTUS JOHANSSON
OSKAR KULLNER
EBBA MOLINDER
VICTOR SALOMONSSON

Handledare:

MAGNUS KARLSTEEN
JONATHAN WEIDOW

Institutionen för fysik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022

Kartläggning av innebandyspelares rörelsemönster med hjälp av optisk spårning
HANNES GUSTAFSSON, PONTUS JOHANSSON, OSKAR KULLNER, EBBA
MOLINDER, VICTOR SALOMONSSON

© HANNES GUSTAFSSON, PONTUS JOHANSSON, OSKAR KULLNER, EBBA
MOLINDER, VICTOR SALOMONSSON, 2022.

Handledare: Magnus Karlsteen, Jonathan Weidow
Examinator: Lena Falk

Kandidatarbete 2022
Institutionen för fysik
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon +46 31 772 1000

Omslag:

Innebandyspelare som har identifierats av en maskininlärningsmodell där siffrorna
utgör sannolikheten att spelarna är människor enligt modellen. Bilden med inne-
bandyspelarna är tagen från <https://www.vecteezy.com/free-vector/floorball>
medan rutorna och värdena är genererade av maskininlärningsmodellen.

Chalmers digitaltryck
Göteborg, Sverige 2022

Kartläggning av innebandyspelares rörelsemönster med hjälp av optisk spårning
HANNES GUSTAFSSON, PONTUS JOHANSSON, OSKAR KULLNER, EBBA
MOLINDER, VICTOR SALOMONSSON
Institutionen för fysik
Chalmers tekniska högskola

Förord

Denna rapport är en del av ett kandidatarbete som bedrevs av fem stycken studenter på Chalmers tekniska högskola under vårterminen år 2022. Vi i gruppen vill rikta ett stort tack till våra handledare, Magnus Karlsteen och Jonathan Weidow, för all vägledning genom detta projekt. Vi vill även rikta ett stort tack till innebandyklubben IBK Vänersborg som tillät oss att filma deras matcher och till Fredrik Mattsson som lånade ut sin kamera. Vidare vill vi tacka Richard Svensson för en ovärderlig vägledning inom maskininlärningsdelen av projektet samt Albin Landgren för all hjälp med hemsidan.

Mapping of floorball players' movement patterns using optical tracking
HANNES GUSTAFSSON, PONTUS JOHANSSON, OSKAR KULLNER, EBBA
MOLINDER, VICTOR SALOMONSSON
Department of physics
Chalmers University of Technology

Abstract

This thesis aims to describe the development of a system that can be used to detect and track the position of floorball players during matches. The system allows for the gathered data to be condensed into comparable metrics and statistics used for training purposes and is meant to be financially accessible to not only the top leagues of Swedish floorball.

The system consists of a camera that records the match with a wide angle lens in order to capture the entire playing field from a single camera position. The footage then gets processed by adapted open source software such as OpenCV, YOLOv5, and DeepSORT that translates the recorded footage into two-dimensioned positional data for each player. A website was developed in the software development kit Flutter in order to host and present the metrics derived from the resulting data set.

The thesis covers methods used for detection and tracking of people in motion, machine learning for the purpose of player shirt number detection, and projection of coordinates of identified objects in images with fisheye distortion. To discern the degree of financial accessibility, further cost and market analysis need to be conducted.

The report is written in Swedish.

Keywords: Floorball, optical tracking, Python, statistics, object detection, people tracking, machine learning, artificial intelligence.

Kartläggning av innebandyspelares rörelsemönster med hjälp av optisk spårning
HANNES GUSTAFSSON, PONTUS JOHANSSON, OSKAR KULLNER, EBBA
MOLINDER, VICTOR SALOMONSSON

Institutionen för fysik
Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Denna rapport syftar till att redogöra för utvecklingen av ett system som kan användas för att upptäcka och spåra positionen av innebandyspelare under matcher. Systemet möjliggör för den insamlade datan att sammanställas till jämförbar spelarstatistik att använda i tränings syfte och är tänkt att vara ekonomiskt tillgängligt inte bara för toppligorna i svensk innebandy.

Systemet består av en kamera som spelar in matchen med ett vidvinkelobjektiv för att få med hela spelplanen från en enda kameraposition. Videofilmen behandlas därefter av för ändamålet anpassad öppen källkod vid namn OpenCV, YOLOv5, och DeepSORT som översätter den inspelade videofilmen till tvådimensionell positionsdata för varje spelare. En hemsida utvecklades med hjälp av ramverket Flutter med syfte att lagra och presentera spelarstatistiken framtagen ur den erhållna datamängden.

Rapporten går bland annat igenom metoder för detektion och spårning av människor i rörelse, maskininlärning i syfte att upptäcka spelares tröjnummer och koordinatprojicering av identifierade objekt i bilder med vidvinkeldistorsion. För att avgöra graden av ekonomisk tillgänglighet behöver mer ingående kostnads- och marknadsanalyser utföras.

Nyckelord: Innebandy, optisk spårning, Python, statistik, objekt-detektering, personspårning, maskininlärning, artificiell intelligens.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
1.3	Problem	2
1.3.1	Datainsamling	2
1.3.2	Databearbetning	3
1.3.3	Datapresentation	3
1.4	Avgränsningar	3
1.5	Samhälleliga och etiska aspekter	4
2	Material och verktyg	5
2.1	Samsung Gear 360	5
2.2	Programmeringsspråk och utvecklingsmiljöer	5
2.2.1	Flutter och Android Studio	5
2.2.2	Python	6
2.3	OpenCV	6
2.4	YOLOv5	6
2.5	DeepSORT	6
3	Teori	7
3.1	Korrigerig av distorsion orsakad av vidvinkelkamera	7
3.2	Homografi	8
3.3	Fart och acceleration från positionsdata	9
4	Metod	10
4.1	Fastställning av avgränsningar	10
4.2	Datainsamling	10
4.2.1	Val av hårdvara	11
4.2.2	Val av kamera och placering	11
4.2.3	Insamling av data	12
4.3	Databearbetning	12
4.3.1	Förprocessning av videon	12
4.3.1.1	Detektion av avblåsning	12
4.3.1.2	Intresseregion	13
4.3.2	Detektion och spårning	13
4.3.3	Nummeridentifiering	13

4.3.4	Koordinatprojicering och korrigering av vidvinkeldistorsion . .	14
4.3.5	Dataprocessning	16
4.4	Datapresentation	16
4.4.1	Skapandet av hemsidan	16
4.4.2	Visualisering av spelarinformation	17
5	Resultat	18
5.1	Information från enkät	18
5.2	Klockdetektion	19
5.3	Minimering av indata	19
5.4	Identifiering och spårning av spelare	20
5.4.1	Träning av YOLOv5s-modell för nummeridentifiering	20
5.5	Beräkning av spelardata	21
5.6	Hemsida	21
6	Diskussion	24
6.1	Val av kalibreringspunkter till homografimatrisen	24
6.2	Nummerdetektering och bildkvalitet	24
6.3	Avbrottsdetektion	25
6.4	Identifiering och spårning av spelare	25
6.5	Påverkan av detektionsfel	26
6.6	Systemets ekonomiska lättillgänglighet	26
6.7	Framtida utvecklingsmöjligheter	27
6.7.1	Utveckling av databearbetningen	27
6.7.2	Utveckling av datapresentationen	27
6.8	Reflektion över arbetet	28
6.8.1	Behov av ytterligare kunskap	28
6.8.2	Förslag till framtida problemställningar	28
7	Slutsats	29
A	Bilder på hemsidan	32
A.1	Hemsidans förstasida	32
A.2	Kom igång	33
A.3	Meddelande skickat	33
A.4	Om oss	34
A.5	Exempel	34
A.6	Logga in	35
A.7	Lista med spelare	35
B	Länkar	36
B.1	Kod till databearbetningen	36
B.2	Kod till hemsidan	36
B.3	Enkät skickad till innebandyföreningar	36

1

Inledning

Syftet med detta kapitel är att förse läsaren med en överblick av det genomförda arbetet. Kapitlet inleds därmed med en bakgrund till ämnet där bland annat dagens förutsättningar inom området nämns. Vidare fastställs även syftet med arbetet och själva problemet definieras. Utförda avgränsningar inom projektet dokumenteras och en diskussion gällande samhälleliga och etiska aspekter med arbetet avslutar kapitlet.

1.1 Bakgrund

Sportvärlden befinner sig just nu, liksom resten av världen, i vad som skulle kunna beskrivas som en teknologisk revolution. Sporter såsom fotboll, baseboll och tennis har under de senaste decennierna implementerat en rad olika tekniska innovationer för diverse ändamål. Ett exempel på en sådan teknik är visualiseringssystemet Hawk-Eye som bland annat använder optisk spårning till att visualisera ett objekts bana i syfte att göra domsluten inom sportvärlden säkrare och mer rättvisa [1].

En annan kategori inom den nyintroducerade teknologin är den sortens system som används för att mäta och analysera spelares prestationer under både träningar och matcher. Vissa system använder sig av ett flertal kameror för att bedriva optisk spårning medan andra system förlitar sig på GPS-teknologi för att utvinna önskad information liksom topphastighet och total distans som spelare rört sig [2][3]. Oavsett tillvägagångssätt är många överens om att denna sorts teknologi hör till framtiden och att den bidrar till utvecklingen av den sport som använder systemen. Vissa större idrottslag har till och med gått så pass långt som att anställa dataanalytiker vars arbetsuppgift är att analysera informationen tillhandahållen från just matcher och träningar [4].

En annan aspekt kring denna teknologiska satsning är att samtliga sporter inte har samma möjligheter när det kommer till att använda systemen i utvecklingssyfte. Ett exempel på detta är det svenska innebandyförbundet som endast omsätter cirka 15% av fotbollsförbundets omsättning, vilket talar för en betydande ekonomisk nackdel gentemot fotbollen [5]. Flertalet system som används i syfte att analysera spelarprestationer kräver dyr utrustning, utrustning som långt från alla klubbtag inom svensk innebandy har råd med. En annan nackdel för innebandyn gentemot fotbollen är att majoriteten av innebandyns verksamhet bedrivs inomhus vilket inte är speciellt gynnsamt vid användning av GPS-baserade system. Med detta sagt finns

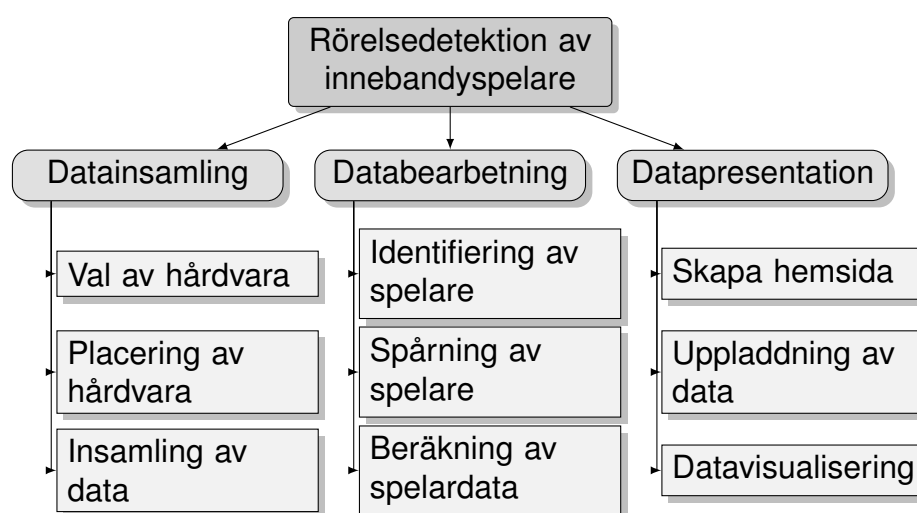
det alltså en efterfrågan på ett inte allt för dyrt system som låter inomhussporter analysera spelares prestationer i utvecklingssyfte.

1.2 Syfte

Det huvudsakliga syftet med detta arbete är att skapa ett lättillgängligt positioneringssystem ämnat för innebandyspelare. Just lättillgänglighet kan ha flera olika betydelser och i detta fall menas att positioneringssystemet ska vara lätt att förstå sig på samt lätt att använda. Systemet ska även vara så pass flexibelt att anpassning ej behöver ske utefter varje enskild användare samt billigt nog för att ses som ekonomiskt lättillgängligt.

1.3 Problem

Det bakomliggande problemet till detta projekt är hur man kan utveckla ett positioneringssystem ämnat för innebandyspelare och på så sätt ta fram spelardata relaterat till position, fart och acceleration under träningar och matcher. För att uppnå syftet med arbetet behöver positioneringssystemet även vara lätt att förstå sig på, lätt att använda, flexibelt samt mer ekonomiskt förmånligt än redan existerande system. För att skapa en bättre översikt över problemet i helhet delas detta upp i de tre huvuddelarna *datainsamling*, *databearbetning* och *datapresentation* som sedan i sin tur kan delas upp i delproblem enligt Figur 1.1.



Figur 1.1: Diagram över projektets problemuppdelning.

1.3.1 Datainsamling

Datainsamling är uppdelat i *val av hårdvara*, *placering av hårdvara* och *insamling av data*. För att syftet med arbetet ska uppnås är det viktigt att både placeringen av kameran samt datainsamlingen i sig kan utföras på ett sätt som inte är svårbegripligt

för eventuella användare. Detta kan exempelvis innebära att det inte ska behöva förekomma några komplexa beräkningar för att hitta en lämplig plats att ställa kameran på inför varje match. Kameran i sig ska även den vara lätthanterlig och insamlingen av data ska kunna ske på ett effektivt sätt. Det är även viktigt att datainsamlingen är flexibel och att placeringen av kameran inte blir ett problem på grund av att innebandyhallar har olika utformningar.

1.3.2 Databearbetning

Databearbetning omfattar delproblemen *identifiering av spelare*, *spårning av spelare* och *beräkning av spelardata*. Till att börja med måste systemet lyckas identifiera en spelare varpå spelarens positioneringsdata beräknas. För att positionerna för en spelare inte ska blandas ihop med positionerna för en annan spelare krävs det även att systemet lyckas med att spåra spelarna och koppla ihop dem mellan olika identifieringar. Sedan, efter att all positioneringsdata hämtats, behöver relevant spelardata beräknas. För att uppnå detta krävs självklart ett fungerande system men det krävs även en fastställning av vad tänkbara användare klassificerar som just relevant spelardata. Detta då systemet ej är användbart om det inte tar fram den information som användarna är intresserade av.

Ser man till hur databearbetningen bör utformas för att kraven gällande lättillgänglighet ska uppnås är det inte speciellt mycket som påverkas i och med att användarna ej kommer att komma i kontakt med denna del av produkten i samma utsträckning som med de andra delarna. Systemet bör dock inte vara så pass avancerat att kostnaden för produkten blir för hög.

1.3.3 Datapresentation

Datapresentationen delas upp i delproblemen *skapa hemsida*, *uppladdning av data* och *datavisualisering*. Först måste en hemsida skapas där personer som är intresserade kan läsa mer om tjänsten och där användare kan ta del av insamlad spelardata. Efter detta måste det fastställas hur den insamlade datan ska transporteras från databearbetningen till datapresentationen samt hur denna ska presenteras.

Då detta är den del av produkten som användaren interagerar mest med är det ytterst viktigt att just denna del är enkel att använda och förstå sig på. Detta innebär bland annat att det behöver vara lätt att navigera runt på hemsidan och att datan bör visualiseras på ett tydligt och pedagogiskt sätt så att informationen är lätt att tolka.

1.4 Avgränsningar

Systemet ska vara ekonomiskt lättillgängligt men för att avgöra huruvida det är fallet behöver en kostnad för systemet fastställas. Denna kostnad har satts till 6000 kr och tillvägagångssättet bakom fastställandet av denna summa går att läsa om i Avsnitt 4.1.

Produkten kommer enbart att presentera spelardata i form av maxhastighet, maximal acceleration, total distans och ett diagram för genomsnittlig position. Detta då det är denna informationen som de tänkbara användarna, innebandyföreningarna, anser vara relevant. Hur detta har avgjorts går även det att läsa om i Avsnitt 4.1.

En annan avgränsning är att positioneringssystemet enbart kommer att identifiera och spåra spelare i det tvådimensionella plan som utgörs av innebandyplanen. Detta då det enbart är positionsdata i detta plan som är relevant för arbetet.

Gällande vad positioneringssystemet kommer att ta i beaktande så kommer det enbart fokusera på spelare och inte bollen. Detta resulterar även i att information likt bollinnehav och antal skott avgränsas bort. Den främsta anledningen till detta är för att bollen är väldigt liten och färdas väldigt snabbt vilket leder till att den är svår att detektera vid användningen av mindre avancerad teknik. En annan anledning är att bollen ofta kan komma att täckas av spelare, sargen eller innebandyklubbor beroende på vart kameran är placerad.

1.5 Samhälleliga och etiska aspekter

Den huvudsakliga aspekten som behöver evalueras inom detta projekt är huruvida datahanteringen sker enligt de lagar och regler som finns gällande detta. Då insamling av data endast har sker i samtycke med användarna och då användarna enbart har tillgång till sin egna data, anser gruppen dock att projektet varken är integritetskränkande eller bryter mot dataskyddsförordningen [6][7]. Detta gäller även då uppgifterna tillhör barn under 13 år då det är användaren av systemet, exempelvis lagledaren, som är skyldig att bekräfta samtycket med barnens vårdnadshavare. Användaren ansvarar även för att informera eventuell publik om att inspelningen bedrivs.

En annan aspekt som bör tas i beaktande är huruvida det är etiskt försvarbart att använda detta system för att analysera och mäta barns prestationer, något som kan leda till jämförelser och rangordning. Det har under de senaste åren vidtagits flertalet åtgärder för att motverka tävlingsmomenten inom barnidrott i syfte att främja utveckling före resultat. Ett exempel på detta är att tabeller och cuper inte längre förekommer för lag med barn under 13 år [8]. Om ett system utvecklat för att analysera och mäta spelares prestationer skulle användas bland dessa åldrar skulle det vara ett steg i helt motsatt riktning, även med godkännande från samtliga målsmän.

Det finns även positiva aspekter med projektet och ett exempel på detta är att systemet kan ge individer förutsättningarna till att bli bättre innebandyspelare. Systemet kan nämligen bidra till identifiering av områden där spelarna har utvecklingspotential vilket gör att tränare och spelare vet om vad som bör ligga i fokus under träningarna. Att systemet är relativt billigt bidrar även till en mer rättvis spelplan då föreningar med sämre ekonomiska förutsättningar kan ta del av information som större klubbar redan använder.

2

Material och verktyg

Under arbetes gång har flertalet olika verktyg använts och detta kapitel avser att förse läsaren med en kort introduktion till dessa. Inom detta kapitel ingår därmed en genomgång av bland annat kameran som använts, relevanta programvarubibliotek samt programmeringsspråk.

2.1 Samsung Gear 360

För att spela in nödvändigt videomaterial användes en Samsung Gear 360 vilket är en vidvinkelkamera utrustad med dubbla 180-graders objektiv vilket låter den spela in i 360 graders vidvinkel. Den har möjlighet att filma i 4K-upplösning och kan enkelt hanteras med hjälp av en tillhörande applikation.

2.2 Programmeringsspråk och utvecklingsmiljöer

Under arbetets gång har olika programmeringsspråk och utvecklingsmiljöer använts och denna rubrik syftar till att ge en detaljerad beskrivning av dessa.

2.2.1 Flutter och Android Studio

För utvecklingen av hemsidan användes Flutter vilket är ett plattformsoberoende ramverk utvecklat av Google som används för att bygga just applikationer och hemsidor. Flutter bygger på programmeringsspråket Dart och använder sig av deklarativ programmering vilket är en programmeringsstil där användaren anger vad som skall hända men inte hur beräkningen skall gå till. Detta innebär att instruktionerna till vad som skall ske kan struktureras i valfri ordning utan några besvär. Det bör även nämnas att Flutter är konstruerat med fokus på användargränssnitt vilket har lett till att andra funktioner, likt att exekvera kod i bakgrunden, är något sämre än andra ramverk [9].

För att kunna skriva koden till hemsidan användes Android Studio vilket är en integrerad utvecklingsmiljö som innehåller flera användbara redskap. Exempel på dessa är en textredigerare som används för att redigera filer, en kompilator som används för att exekvera information given i form av källkod samt ett felsökningsprogram som evaluerar koden under körning och påpekar eventuella fel.

2.2.2 Python

Vid arbetet med databearbetningen användes Python vilket är ett programmeringsspråk avsett för objektorienterad programmering vilket innebär att programmeringen verkställs som objekt snarare än procedurer. Anledningen till varför Python valdes var att det är ett språk som ofta anses vara ett användarvänligt och relativt lätt att lära sig. Python är därför vanligt förekommande vid utvecklingen av bland annat hemsidor, mjukvara, maskininlärningsmodeller, dataanalys och datapresentation [10].

2.3 OpenCV

OpenCV är ett så kallat programvarubibliotek och innehåller över 2500 algoritmer som är väldigt användbara inom områden som bild- och videoanalys. Detta bibliotek spelar en stor roll i arbetet då det tillåter användarna att fokusera på huvudmålet utan att behöva återuppfinna redan existerande lösningar, i detta fall algoritmer. OpenCV är även öppen källkod vilket innebär att allt innehåll är fritt att använda [11].

2.4 YOLOv5

För att kunna detektera innebandyspelare i en video användes YOLOv5 vilket är en uppsättning av flera olika modeller avsatta för just objektdetektering [12]. Det som skiljer modellerna åt är hur många beräkningssteg som de genomför. Detta leder till att de större modellerna tar mer tid men också ger bättre resultat. Exempel på modeller som använts i detta projekt är i stigande ordning av komplexitet: YOLOv5n, YOLOv5s och YOLOv5m.

Det YOLOv5 gör är att dela upp en bild i mindre rutor där varje ruta sedan ansvarar för att detektera objekt inom sig själv. Verktöget är användarvänligt och tillåter användaren att fritt implementera dess funktioner på ett snabbt och smidigt sätt. YOLO är för övrigt en akronym som i detta sammanhang står för "You Only Look Once" vilket översätts till "du tittar bara en gång" på svenska [13][14].

2.5 DeepSORT

Ytterligare ett verktyg som använts är maskininlärningsmodellen DeepSORT som möjliggör spårning av personer, i detta fall innebandyspelare, genom att tilldela dem olika ID:n. Detta verktyg används för att kunna länka detektioner som skett av samma spelare [15]. Även DeepSORT är öppen källkod och därmed fritt att använda.

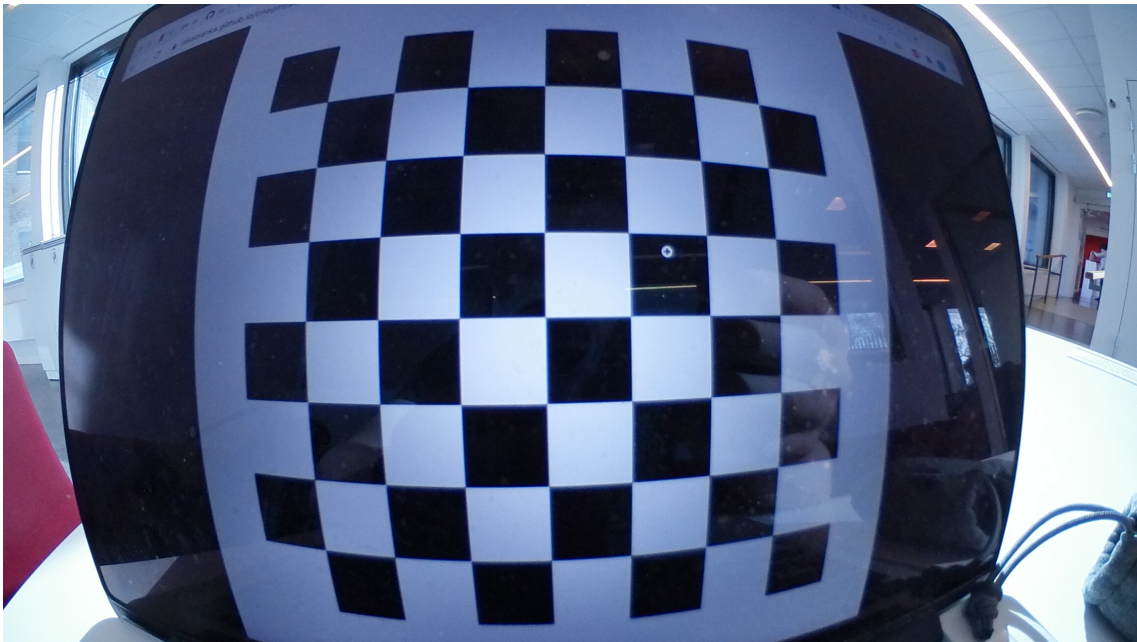
3

Teori

För att ge läsaren en mer omfattande förståelse gällande hur positioneringssystemet fungerar ämnar detta kapitel att förklara teorin bakom viktiga koncept som användes inom arbetet. Koncepten i fråga är korrigering av distorsion, homografi och beräkning av fart och acceleration från positionsdata.

3.1 Korrigering av distorsion orsakad av vidvinkelkamera

Vid användning av en vidvinkelkamera uppstår en distorsion som leder till en konvex krökning av bilden. Denna krökning är större i bildens ytterdelar än i dess centrum vilket framgår i Figur 3.1.



Figur 3.1: Bild från vidvinkelkameran, Samsung Gear 360.

Denna distorsion kan korrigeras genom att använda funktionen `cv2.undistortPoints` från OpenCV2. Funktionen tar en punkt (u, v) och använder algoritmen

$$\begin{aligned}x'' &\leftarrow (u - c_x)/f_x \\y'' &\leftarrow (v - c_y)/f_y \\(x', y') &= \text{undistort}(x'', y'', \text{distCoeffs}) \\[XYW]^T &\leftarrow R * [x' y' 1]^T \\x &\leftarrow X/W \\y &\leftarrow Y/W \\u' &\leftarrow x f'_x + c'_x \\v' &\leftarrow y f'_y + c'_y\end{aligned}$$

för att räkna ut en punkt (u', v') som är där punkten (u, v) hade varit om bilden inte var förvrängd [16]. För att ta fram c_x , c_y , f_x , f_y , `distCoeffs` och R som är kameraspecifika konstanter räknas ut Avsnitt 4.3.4

3.2 Homografi

För att hitta vilken punkt på en innebandyplan som en punkt i en bild på planen representerar kan en homografimatrix H användas enligt

$$s_i \begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

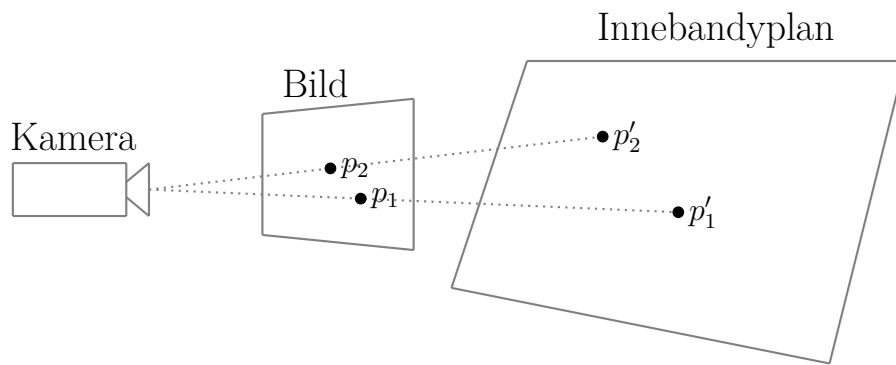
där homografimatriken

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix},$$

minimerar bakåttelet

$$\sum_i \left(x'_i - \frac{h_{11}x_i + h_{12}y_i + h_{13}}{h_{31}x_i + h_{32}y_i + h_{33}} \right)^2 + \left(y'_i - \frac{h_{21}x_i + h_{22}y_i + h_{23}}{h_{31}x_i + h_{32}y_i + h_{33}} \right)^2$$

för transformationen [17]. Variablerna x_i och y_i är koordinaterna för positionen i bilden, x'_i och y'_i är koordinaterna för positionen på innebandyplanen och s_i är en skalningskonstant. Projektion som H utför kan ses i figur 3.2.



Figur 3.2: Kameran fångar bilden där p_1 och p_2 är punkter i det planet som utgörs av bilden. Punkterna p_1 och p_2 projiceras sedan med hjälp av homografimatrisen H på innebandyplanen som inte är parallell med bilden.

3.3 Fart och acceleration från positionsdata

För att erhålla farten av ett objekt som rör sig i ett plan tas stickprov av dess position med jämna tidsintervall Δt . Betecknar vi koordinaterna av dessa stickprov x_t samt y_t för varje tidssteg t kan farten beräknas som

$$v_t = \frac{\sqrt{(x_{t+1} - x_t)^2 + (y_{t+1} - y_t)^2}}{\Delta t}. \quad (3.1)$$

På ett liknande sätt erhålls accelerationen genom

$$a_t = \frac{\sqrt{(x_{t+1} - 2x_t + x_{t-1})^2 + (y_{t+1} - 2y_t + y_{t-1})^2}}{\Delta t^2}. \quad (3.2)$$

4

Metod

Metoden avser att beskriva tillvägagångssättet för arbetet och dess centrala delar. Inom detta kapitel beskrivs därmed bland annat hur datainsamlingen gick till samt hur databearbetningen och hemsidan utformades. Ytterligare ett delmoment vars arbetsprocess beskrivs är tillvägagångssättet för avgränsningen av arbetet utefter variabler likt kostnad och relevans.

4.1 Fastställning av avgränsningar

Syftet med detta arbete var att skapa ett ekonomiskt lättillgängligt positionerings-system som visualiserar relevant spelarinformation från innebandymatcher. För att uppnå detta krävdes dock först en fastställning av vad som kunde anses vara ekonomiskt lättillgängligt samt vilken typ av information som anses vara relevant.

Med hjälp av Google Formulär skapades därför en enkät (se Appendix B.3) som sedan skickades ut till de som förväntades använda systemet och vars opinion därför har stort inflytande på systemets utformning, nämligen innebandyföreningar runt om i Sverige. Enkäten skickades ut till totalt 60 olika innebandyföreningar med lag som spelar i allt från Svenska Superligan till division 6. Svar erhöles dock endast från 18 föreningar i de fem högsta divisionerna. I enkäten tillfrågades respondenterna vilken information de anser vara relevant samt hur mycket de kunde tänka sig betala för ett system som kartlägger denna information.

Systemets ekonomiska lättillgänglighet beror på hur ekonomisk lättillgänglighet definieras. Det lägsta priset som kan sättas är självkostnadspriset vilket är det pris där varken förlust eller vinst görs av tillverkaren. Om systemets självkostnadspris är lika med medianen av svarsresultaten kan det alltså anses vara ekonomiskt lättillgänglig då minst hälften av lagen då har uttryckt sig ha råd med systemet.

Åsikterna från de föreningarna som svarade på enkäten, som finns sammanfattade under avsnitt 5.1 under kapitlet för resultat, spelade en stor roll i hur arbetet avgränsades.

4.2 Datainsamling

Delmomentet datainsamling omfattar valet av hårdvara och dess placering samt insamling av data. Val av hårdvara var det första som fastställdes i projektet då

detta beslut i högsta grad påverkade hur datainsamlingen och databearbetningen skulle komma att gå till.

4.2.1 Val av hårdvara

För att kunna ta fram önskad spelardata som högsta hastighet under match, genomsnittlig positionsdata, och total löpsträcka med mera behövde positionsdata för spelarna samlas in på något vis. Alternativen som diskuterades för ändamålet var flera och inkluderade bland annat sändare som kunde placeras på spelarna med mottagare vid sidan av planen som kunde avgöra spelarnas position. Sändare visade sig dock vara betydligt dyrare och förväntades bli mer omständligt att installera än att placera en eller ett fåtal kameror vid sidan av planen. Andra alternativ som var ännu mer kostsamma såsom GPS-baserat system förkastades därför också till förmån för användning av en eller ett fåtal kameror.

Mer relevant data erhålls om datainsamlingen endast sker under tiden då matchen faktiskt pågår och alltså inte när domaren tillfälligt blåst av matchen och matchklockan stoppats. För att inte behöva sköta detta genom manuell intervention var en digital lösning tvungen att utvecklas. Ett alternativ som övervägdes var att ansluta en mikrofon till kameran och utveckla ett program som lyssnar efter när domaren blåser i pipan för att tillfälligt stoppa matchen och då även stoppa kamerans inspelning för att sedan återuppta inspelningen när domaren blåser igång matchen igen. Detta förväntades dock inte vara en tillräckligt tillförlitlig metod då förekomsten av andra ljudkällor som skor som gnisslar mot golvet eller höga rop från publik skulle kunna störa systemet. Istället antogs en metod som innebar att en kamera skulle riktas mot tidtavlan för att kunna läsa av när matchklockan tickade. Således är den enda typen av hårdvara som systemet kräver en eller flera kameror beroende på hallens utformning.

4.2.2 Val av kamera och placering

För att samla in data användes en Samsung Gear 360-kamera. Denna kamera valdes för att den uppfyllde och i vissa fall överträffade de grundkrav som ställdes på kamerahårdvaran. Den viktigaste aspekten var främst att kameravinkeln skulle vara tillräckligt stor för att få in hela innebandyplanen i bilden även om kameran på grund av hallens utformning var tvungen att ställas nära planen eller vid en position som inte är i linje med mittlinjen. Kameran behövde även ha hög upplösning för att underlätta urskiljandet av spelare och numret på deras ryggar. Den valda kameramodellen uppfyller dessa krav eftersom den har möjlighet att filma i hela 360 graders vinkel med 4k-upplösning. Den stora vinkeln innebär också att tidtavlan som ofta sitter väl synlig ovanför eller vid sidan av planen kan komma med i bild. Ytterligare en fördel med kameran är att den är liten och därmed lättare att placera så att den inte skymmer sikten av planen för åskådarna. Av enkäten framgick det också att priset på kameran är inom ramen för vad vad klubbarna kunde tänka sig att betala för ett spårningssystem.

4.2.3 Insamling av data

Idrottshallen i Chalmers kårhus användes för enklare datainsamling i form av inspelning av spelare som förflyttade sig över planen längs linjerna och andra förbestämda sträckor. Med hjälp av denna data kunde de tidiga versionerna av detektionssystemet testas. Offentligt tillgängliga videoklipp hämtade från en videodelningshemsida användes också för att testa detektionsmjukvaran i ett tidigt skede. I dessa test framkom ett antal problem som behövde överkommas för att framställa ett system som ger tillförlitlig data. Vad dessa problem innebar och hur de hanterades tas upp i avsnittet som rör databearbetning.

När systemet senare ansågs tillräckligt avancerat samlades matchdata in på IBK Vänersborgs matcher i Idrottshuset i Vänersborg för att återigen testa systemet.

4.3 Databearbetning

Den insamlade datan måste behandlas för att få fram den information som önskas. För att till exempel minimera den optiska distorsionen som orsakas av vidvinkelobjektivet i kameran behövde kameran placeras långt ifrån och högt över planen. Detta är dock inte möjligt i många mindre hallar och därför utvecklades en lösning för korrigering av distorsionen. I detta projekt utvecklades en mjukvara baserad på befintliga analysverktyg med öppen källkod som anpassats till att lösa projektets problem med bland annat identifiering av spelare samt spårning av spelare. Utifrån den bearbetade datan räknades sedan relevanta storheter ut. Koden går att se i Appendix B.1

4.3.1 Förprocessning av videon

Eftersom innebandy spelas i tre perioder och matcher ofta tillfälligt stoppas blir stora delar av videon inspelad utöver aktiv speltid. Det är inte heller alltid möjligt att placera kameran på så vis att endast spelplanen är i bild vilket resulterar i att mycket ointressant information kan komma med i bilden. Sekvenser utöver aktiv speltid och vad som sker på områden utanför spelplanen skall inte räknas med i statistiken och kan därför klippas bort ur videon innan beräkningarna sker för att spara tid och beräkningskraft.

4.3.1.1 Detektion av avblåsning

När matchen är avblåst indikeras detta av att matchklockan har stannat och eftersom en vidvinkelkamera används med mjukvaran bör klockan vara i bild. För att detektera när klockan har stannat går det att jämföra två bildrutor tagna från videon specifikt på matchklockan med 1,5 sekunders mellanrum. Om dessa inte skiljer sig åt kan slutsatsen dras att klockan och därför matchen har stannats. För att beräkna om bilderna skiljer sig kan de representeras med matriser över pixlarnas ljusintensitet. Dessa två matriser kan sedan subtraheras vilket ger ytterligare en matris som berättar vart förändringar har skett i bilden. På grund av brus som tillkommer vid inspelning är det viktigt att ha ett tröskelvärde som skillnaden bör

vara större än. Överstiger då antalet nollskilda värden i förändringsmatrisen med tröskelvärdet har det skett en förändring.

4.3.1.2 Intresseregion

Vidare för att effektivisera beräkningarna definieras även intresseregion av användaren. I detta sammanhang är intresseregionen spelplanen. Denna klipps då ut och en ny video skapas som sedan analyseras med resten av verktyget. Om detta inte gjordes skulle även personer utanför planen detekteras och spåras vilket resulterar i till stora delar irrelevant data.

4.3.2 Detektion och spårning

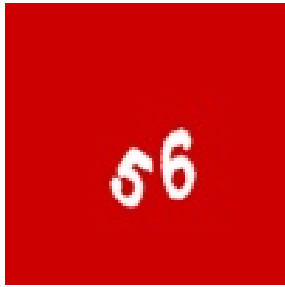
För att detektera och spåra spelarna används en förgrening av den öppna mjukvaran YOLOv5_DeepSort_OSNet [18]. Denna funkar genom att detektera personer med en YOLOv5-modell tränad på fotgängare. Dessa skickas sedan till en DeepSort-modell som kopplar ihop detektioner mellan bildrutor. Vilken variant av dessa två som används kan varieras mellan körningar. Det finns många modeller som redan är optimalt tränade för dessa ändamål och dessa användes därför. Dock eftersom spelare kan försvinna ur bild när de byter av eller göra annat som hade gjort att DeepSort-modellen inte kunde koppla ihop dem till en föregående bildruta måste ytterligare ett system återidentifiera spelarna. Detta görs av en annan YOLOv5-modell som är tränad till att detektera tröjnummer. Färdigtränade modeller av detta slag har inte funnits och därför tränades en YOLOv5s-modell på en datamängd som skapats över riktiga samt artificiellt framtagna tröjnummer. Efter att alla detektions- och spårningsmodeller har använts produceras en fil som har informationen om vem som är vart på planen under vilket tid samt en fil som kopplar ihop spårnings-id från DeepSort-modellen med ryggnummer.

4.3.3 Nummeridentifiering

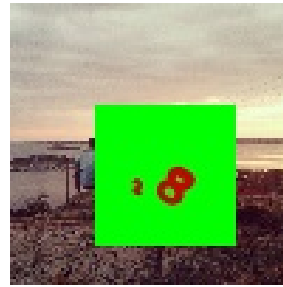
För att identifiera spelare användes maskininlärning för att träna en YOLOv5s-modell som hittar och identifierar alla siffror från 0 till 9 i en bild, de identifierade siffrorna och deras position användes sedan för att identifiera spelarens nummer.

För att träna modellen skapades tre olika datamängder varav två var syntetiska och en skapades från en av matcherna som spelats in [19]. Den första syntetiska datamängden som skapades kallades den enkla datamängden och består av 70000 bilder där varje bild visar ett nummer från 0 till 99. En bild består av en eller två siffror med en slumpmässigt vald färg och typsnitt som individuellt hade roterats, förvrängts och placerats på ett slumpmässigt ställe i bilden med en annan färg som bakgrund så som i Figur 4.1a. Den andra syntetiska datamängden som kallades den komplexa datamängden skapades genom att ta en bild från den enkla datamängden och kopiera in den på en slumpmässig plats i en slumpmässig bild ifrån en datamängd med foton så som i Figur 4.1b (se Appendix B.1 för fullständig kod). Sedan tränades en YOLOv5s-modell på svårare och svårare datamängder, först den enkla

datamängden, sedan det komplexa och sist det ickesyntetiska. Det tränades även en YOLOv5s-modell på endast den ickesyntetiska datamängden.



(a) Bild från den enkla datamängden.

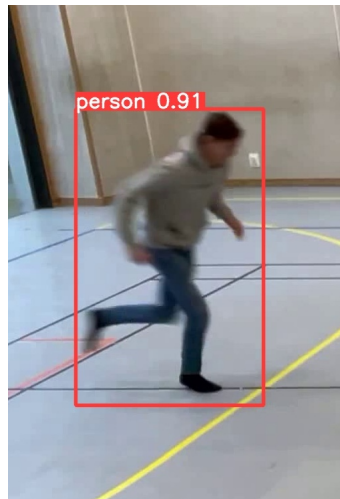


(b) Bild från den komplexa datamängden.

Figur 4.1: Bilder från den enkla datamängden samt den komplexa datamängden. Den enkla datamängden består av förvrängda siffror på en enfärgad bakgrund och den komplexa är en bild tagen från den enkla mängden överlagd en annan bild.

4.3.4 Koordinatprojicering och korrigering av vidvinkeldistorsion

För en spelare som har identifierats och är omsluten av en identifikationsruta som i Figur 4.2 definieras deras position som mittpunkten av rutans underkant.



Figur 4.2: Bild (509x706-pixlar) av en löpande person som har identifierats som en person med en tillhörande ruta som omsluter personen.

Koordinaterna för rutans nedre mittpunkt i bilden måste sedan omvandlas till koordinater på planen. Datan som definierar rutan är på formen

$$(f, i, x, y, b, h)$$

där f är vilken bildruta som programmet detekterat i, i är id-numret för den spårade personen, x är den horisontella koordinaten för det övre vänstra hörnet av rutan, y är

den vertikala koordinaten för det övre vänstra hörnet av rutan, b är bredden på rutan och h höjden på rutan. Värdena x , y , b och h används sedan för att beräkna

$$x' = x + \frac{b}{2} \quad y' = y + h$$

som är koordinaterna för mittpunkten på rutans nederkant. Detta gjordes för samtliga bildrutor i den inspelade videon.

Koordinaterna (x', y') justerades sedan för att kompensera för kamerans vidvinkeldistortion. För att göra detta bestämdes först de tre kameraspesifika matriserna *newcameramtx*, *dist* och *mtx* genom koden

```
1  for fname in images:
2      img = cv2.imread(fname)
3      gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
4      ret, corners = cv2.findChessboardCorners(gray, (7,7), None)
5      if ret == True:
6          objpoints.append(objp)
7          corners2 = cv2.cornerSubPix(gray, corners, (11,11), (-1,-1), criteria)
8          imgpoints.append(corners2)
9  ret, mtx, dist, rvecs, tvecs = cv2.calibrateCamera(objpoints, imgpoints, gray.shape
    [::-1], None, None)
10 img = cv2.imread('fisheyePicture.JPG')
11 h, w = img.shape[:2]
12 newcameramtx, roi = cv2.getOptimalNewCameraMatrix(mtx, dist, (w,h), 1, (w,h))
```

som till stor del är skriven av Nika Tsankashvili [20]. Där rad ett säger att rad två till åtta skall exekveras för varje bild i listan *images* som är en lista av bilder på schackbräden. Rad två läser in en bild i cv2-format. Rad tre konverterar bilden till gråskala. Rad fyra avgör om bilden innehåller ett schackbräde och hittar i så fall interna hörn i schackbrädet som i Figur 4.3. Rad fem säger att rad sex till åtta ska exekveras om bilden innehåller ett schackbräde. Rad sex sparar *objp* som är en lista av listor som har koordinaterna för de interna hörnen i ett schackbräde i en lista. Rad sju och åtta hittar koordinaterna i bilden som de interna hörnen har i bilden mer exakt än på pixel-nivå och sparar dem i en lista. Rad nio räknar ut *mtx* och *dist*. Rad tio läser in en bild som är tagen med kameran. Rad elva tar fram upplösningen på bilden från rad tio. Rad tolv räknade ut *newcameramtx*. Fullständig kod för att räkna ut matriserna finns i Appendix B.1. Sedan exekverades

```
1      undistortedPoint = cv2.undistortPoints(points, mtx, dist, None, newcameramtx)
```

för att justera för vidvinkel distorsionen där *points* är (x', y') .

Homografimatrisen togs sedan fram genom att använda den i bilden vänstra målgården som enligt svenska innebandyförbundets regelhandbok skall vara fem meter bred och fyra meter lång. Hörnpunkterna kan då definieras i medsols riktning med start uppe till vänster som $(0, 0)$, $(4, 0)$, $(4, 5)$ och $(0, 5)$. Dessa punkter identifierades i bilden på innebandyplanen och sedan exekverades

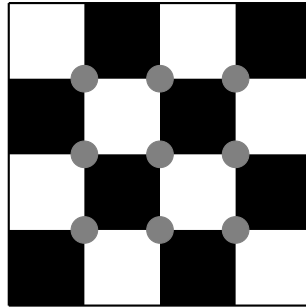
```
1      homographymatrix, status = cv2.findHomography(dst, points1)
```

som räknade ut homografimatrisen med punkterna på planen och punkterna i bilden

som argument. Därefter utfördes skalärmultiplikationen

$$H \cdot \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = s \begin{bmatrix} x'' \\ y'' \\ 1 \end{bmatrix}$$

där s är en skalningsparameter som gör att vektorn blir på rätt form och x'' och y'' är koordinaterna för spelaren på planen. För fullständig kod som utför detta se Appendix B.1.



Figur 4.3: Bild på ett schackbräde där interna hörn i brädet är markerade med en grå disk.

4.3.5 Dataprocessning

Under en löpning förflyttas kroppen i höjdlid vid varje steg på grund av att löparen trycker ifrån marken i en vinkel. I bilden kan man inte skilja på en rörelse i höjdlid mot en rörelse bort ifrån kamerans position. Detta innebär att när en person detekteras kommer personens position i varje löpsteg att oscillera. För att motverka detta har den detekterade datan jämnats ut med ett glidande medelvärde. Detta innebär att varje punkt viktas med kringliggande punkter vilket jämnar ut punkterna lokalt. Hur många punkter som används kan varieras för olika resultat. Den momentana farten och accelerationen beräknas sedan i varje tidssteg genom ekvationerna 3.1 och 3.2.

4.4 Datapresentation

För att presentera spelarinformationen skapades en hemsida med hjälp av ramverket Flutter som presenterades i Avsnitt 2.2.1. Detta är dock bara en av de funktioner som hemsidan fyller och på grund av detta har denna rubrik delats upp i två under-rubriker där den ena sammanfattar arbetet med hemsidan i helhet medan den andra är mer inriktad på tankesättet bakom arbetet med att visualisera spelarinformation på ett pedagogiskt sätt.

4.4.1 Skapandet av hemsidan

Hemsidan utvecklades med det huvudsakliga syftet att presentera spelarinformation för användarna av positioneringssystemet. Detta är dock inte hemsidans enda

uppgift utan den ämnar även till att tillhandahålla potentiella användare med information om produkten likt hur det fungerar och hur man skall gå till väga om man vill köpa den. Vid skapandet av hemsidan låg stort fokus på att hålla den simpel i syfte att göra den enkel att använda och förstå sig på. Detta då syftet med arbetet är att skapa en lättillgänglig produkt.

En källa som var till stort hjälp vid skapandet av hemsidan och som även agerade inspirationskälla till hemsidans utseende var hemsidan FilledStacks [21]. Denna hemsida innehåller mängder av instruktionsvideor till hur Flutter kan användas på olika sätt vilket kom till stor nytta. I detta fall bidrog dessa till skapandet av hemsidans grund, nämligen förstasidans utformning, menyn samt navigeringen mellan olika sidor.

4.4.2 Visualisering av spelarinformation

En genomgående tanke vid arbetet med att visualisera spelarinformationen var att göra detta på ett sätt som gör den enkel för användarna att begripa. Ytterligare en tanke vid struktureringen av hur spelarinformationen skulle presenteras var att det skulle vara lätt att hitta information från olika matcher, utan att detta ledde till någon hopblandning eller förvirring.

För spelarinformation där enbart en siffra behöver presenteras görs detta tillsammans med en förklarande text och enhet. En annan typ av relevant spelarinformation som valts att presenteras är hur spelarna rör sig under en match. Detta presenteras med hjälp av ett färgdiagram över spelarnas genomsnittliga position som på engelska kallas heatmap. Färgdiagrammet är i form av en 10x20 matris bestående av lika stora kvadrater och är tänkt att avspegla innebandyplanen. Diagrammet fungerar genom att varje ruta representerar ett område på innebandyplanen och beroende på hur ofta en spelare befinner sig inom ett område antar dess motsvarande kvadrat en representerande färg inom en färgskala. Ett exempel på detta är att om 10 koordinater samlats in för en spelare varpå 5 av dessa ligger inom samma kvadrat innebär det att spelaren befunnit sig inom ett och samma område 50% av tiden. Kvadraten i fråga antar då en färg som motsvarar detta värde vilket är en annan färg än om procentsatsen exempelvis skulle vara 20%. För att presentera denna datan på ett pedagogiskt sätt används en färgskala där högre procentsats resulterar i en starkare färg på färgskalan.

För att överföra datan till hemsidan användes en molnbaserad databas eftersom det saknades tillgång till egen server med fast IP-adress. Beräknade värden för varje enskild spelare kategoriseras sedan i databasen för att enkelt urskilja vilka värden som tillhör vilka spelare och vad de representerar.

5

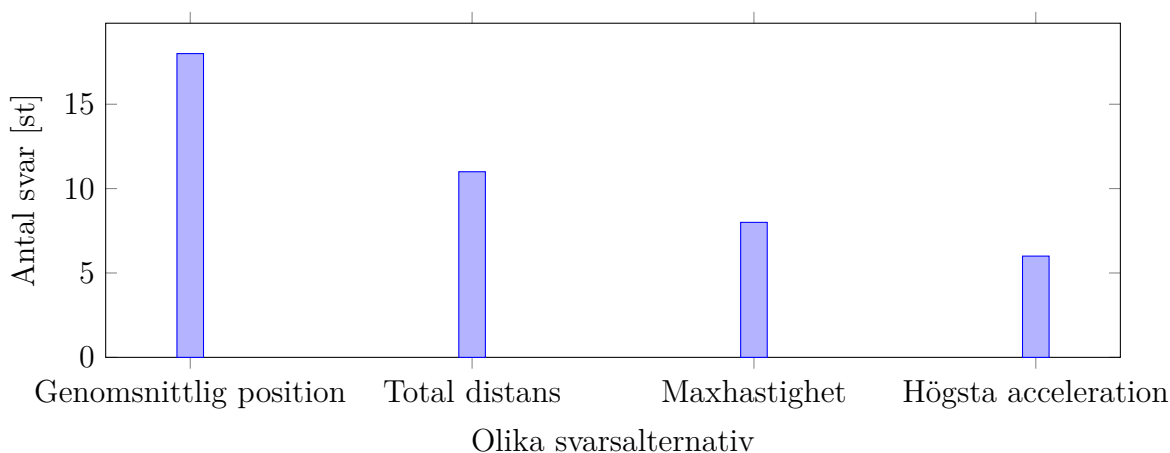
Resultat

Inom detta avsnitt presenteras det uppnådda resultatet med arbetet. Till en början beskrivs resultatet sett från ett helhetsperspektiv innan resultaten för olika huvuddelar av projektet presenteras mer ingående var för sig. Dessa huvuddelar inkluderar identifieringen och spårningen av spelare, beräkningen av spelardata samt hemsidans utformning.

5.1 Information från enkät

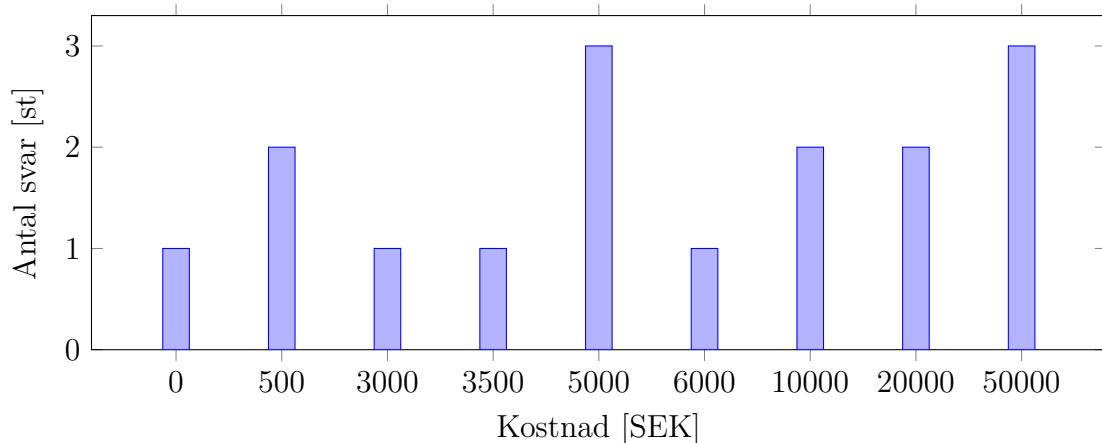
En enkät skickade ut för att samla information gällande hur behovet ser ut hos innebandyklubbar samt hur mycket dessa kan tänkas betala för ett positioneringssystem. Resultaten från denna går att urskilja i stapeldiagrammen i Figur 5.1 och 5.2 nedan.

På frågan angående vilken spelarinformation respondenterna anser vara relevant vid analys av en spelares prestation var det alternativen som syns i Figur 5.1 som var överrepresenterade. På grund av detta lades fokus på att beräkna dessa typer av data. Övriga alternativ som var mindre populära var medelhastighet och riktningsförändringar. Dessa alternativ fick dock bara två röster var och avgränsades därmed bort.



Figur 5.1: Stapeldiagram som visar vilken data respondenterna finner mest relevant.

Gällande systemets kostnad kunde vissa respondenter tänka sig lägga stora summor pengar, vilket är tydligt i Figur 5.2. Enligt den definitionen av ekonomisk lättillgänglighet som nämnts i avsnitt 4.1 skulle ett ekonomiskt lättillgängligt pris alltså vara 6000 kr då detta är medianen av svarsresultaten från de lag som kan tänka sig att betala för systemet.



Figur 5.2: Sammanställning av svar på frågan ”Vad kan er klubb tänka sig att betala för ett spårningssystem?”. Respondenterna var klubbchefer och ekonomiansvariga från föreningar i Sveriges fem högsta ligor.

5.2 Klockdetektion

Funktionen för att urskilja huruvida en matchklocka är igång eller är pausad fungerar som tänkt under somliga premisser. Det är essentiellt att sekunddelen av klockan inte är skynd på något vis. Detta då det är denna del av klockan som indikerar den förändring som verktyget använder och skymms denna tolkar verktyget det som om matchen är avblåst. Verktyget kommer även att fortsatt anta att matchen är avblåst tills dess att ytterligare förändring sker på klockan. Vilket leder till att hela perioden där klockan är skynd förkastas innan vidare beräkningar görs.

5.3 Minimering av indata

Matchen som användes för att testa verktyget spelades med effektiv tid vilket innebär att matchklockan stoppas då spelet inte är igång. För just denna match bestod därför filmmaterialet av 20 minuter avblåst tid under de 50 första minuterna. Genom att klippa bort dessa sekvenser förkortades videon och därmed beräkningstiden av detektion och spårning med ungefär en tredjedel.

Vidare behövdes endast ungefär 20% av varje bildruta efter intresseregionsmarkering i genomsnitt användas på testmatcherna. Dock är det endast persondetektionen som körs på den fulla bildrutan och således är det endast detta steg som effektiviseras. Detta sänkte beräkningstiden till ungefär 27% av tiden det tog på en icke regionmarkerad inspelning. Antal personer som ej är spelare och ändå identifieras

minskar efter förkastningen av icke-intressanta områden. Detta kunde dock inte göras perfekt då kamerans vidvinkeldistorsion hindrar en markering av intresseregion som innehåller hela planen från att även inkludera till exempel tränare eller spelare som står utanför planen. Ytterligare en komplicerande faktor är att extraktionen av det intressanta området tar tid och därför motverkas effekten av det som effektiviserande åtgärd. Detta är ungefär 5 minuter per timme på en video med 30 bilder per sekund.

5.4 Identifiering och spårning av spelare

Detektionen av spelare fungerade endast till viss grad. Som tidigare nämnt kunde inte planen isoleras på grund av vidvinkeldistorsionen på den valda kameran. Detta innebar att även delar av publiken identifieras. Det fanns även spelare som inte identifierades när de var på motsatta sidan av planen vilket syns i Figur 5.3. Att identifiera samt spåra spelarna av en 8 minuter lång del av en innebandymatch filmad med 60 bilder per sekund tog 41 minuter med YOLOv5n vid körning på grafikkortet Tesla K80.



Figur 5.3: Detekterade spelare och åskådare.

5.4.1 Träning av YOLOv5s-modell för nummeridentifiering

Prestandan av modellen som tränats på endast datamängden från matchen som anoterats och modellen som tränats på samtliga tre datamängder kan ses i Tabell 5.1. Precision är andelen utav identifierade siffror som är korrekta. Återigenkännelse är hur stor andel utav siffrorna som detekteras. Prestandamåttet mAP_{0,5} är medelvärdet av arean under en graf för varje klass där precision uttrycks beroende på återigenkännelse med tröskelvärde 0,5. Prestandamåttet mAP_{0,5:0,95} är medelvärdet av mAP för tröskelvärden från 0,5 till 0,95 med steglängd 0,05.

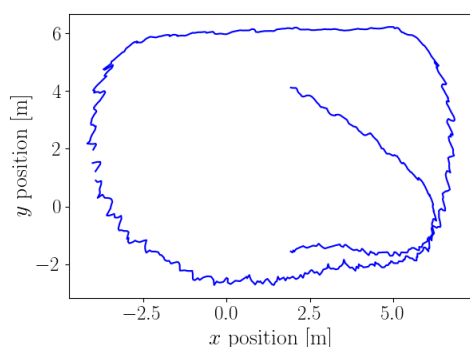
Tabell 5.1: Prestationsdata för två modeller som har tränats för att känna igen siffror på spelares ryggar. Modell 1 har tränats på två syntetiska och en egen anoterad datamängd medan Modell 2 har endast tränats på den egen anoterade datamängden.

	Precision	Återigenkännelse	mAP _{0,5}	mAP _{0,5:0,95}
Modell 1	0,95246	0,95742	0,97985	0,79228
Modell 2	0,89438	0,8502	0,97982	0,74434

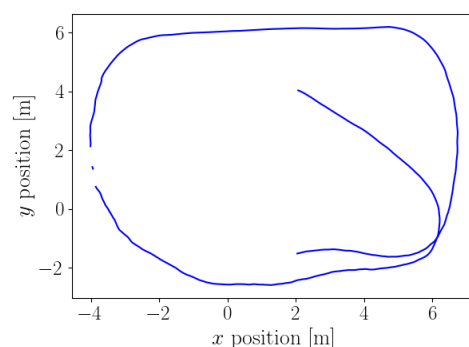
5.5 Beräkning av spelardata

Programmet kördes på en video av en löpare och de detekterade positionerna under löpningen visualiseras i Figur 5.4a och Figur 5.4b utan utjämning och med utjämning av varje punkt med de 20 kringliggande punkterna. Det hål i linjen som syns i båda figurerna beror på ett avbrott i detektionerna där ingen person detekterades i videon.

Farten och accelerationen för samma löpning beräknades från den utjämnade datan och presenteras i Figur 5.5a samt Figur 5.5b.

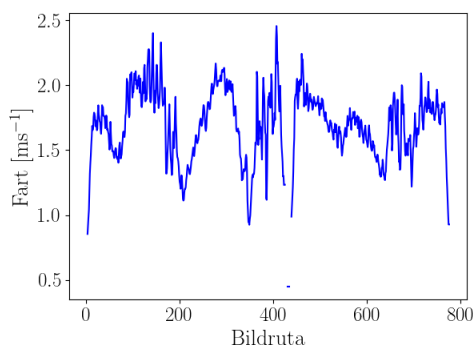


(a) Ej utjämnat.

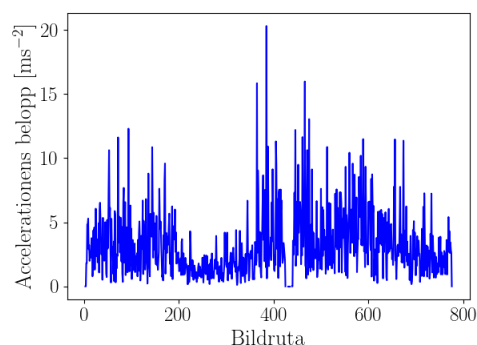


(b) Utjämnat med 20 punkter.

Figur 5.4: Detekterad positionsdata från en löpning. Utan utjämning samt där varje punkt är utjämnad med 20 kringliggande punkter.



(a) Fart.



(b) Absolut acceleration.

Figur 5.5: Uträknade storheter från en spårad löpning där positionsdata har jämnats ut med de 20 kringliggande punkterna.

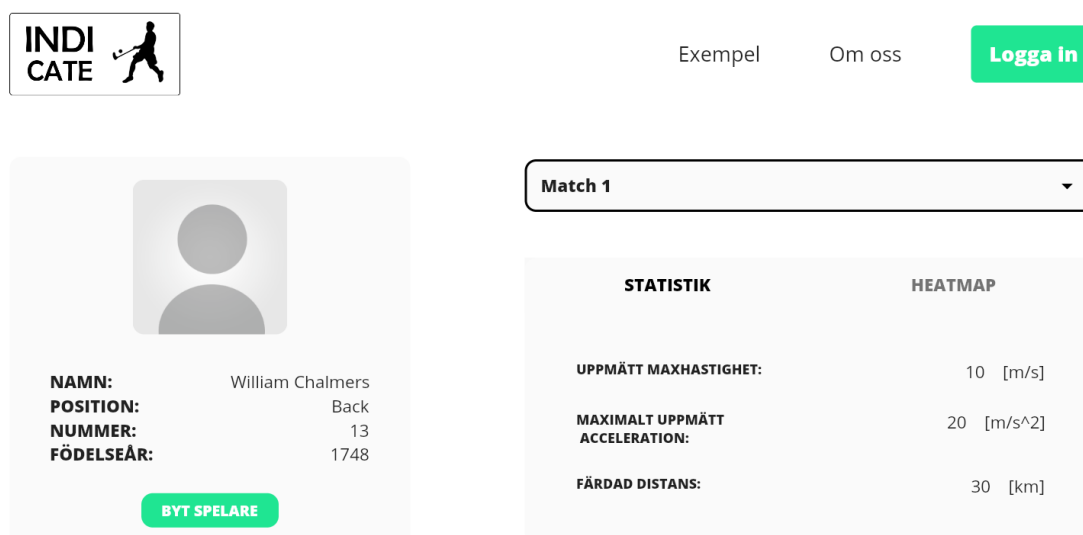
5.6 Hemsida

Resultatet från utvecklingen av hemsidan är en uppsättning av olika sidor som användaren enkelt kan navigera igenom med hjälp av enkla och tydliga knappar. För

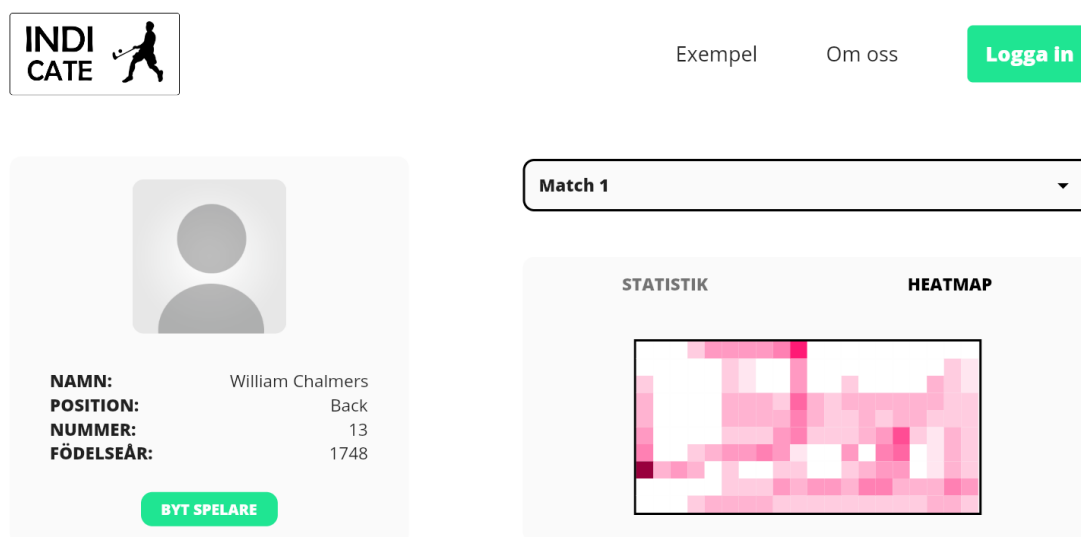
att hemsidan skulle vara enkel att använda och förstå sig på, användes en minimalistisk design och lågt kontrasterande färger.

När användaren öppnar hemsidan möts denne av en förstasida innehållande information samt valmöjligheter för ytterligare navigation. Användaren kan fortsätta vidare och läsa mer om produkten eller se ett exempel på hur spelardatan visualiseras. Användaren kan även kontakta ansvariga i syfte att sätta upp ett konto, eller om denne redan har ett konto, gå vidare till inloggningssidan.

Efter att ha loggat in möts användaren av en översikt över sitt lags spelare. Varje spelares namn utgör en knapp och klickar användaren på någon av dessa dyker en sida innehållande denne spelarens statistik upp. På denna sida kan användaren avläsa information som uppmänt maxhastighet, maximalt uppmänt acceleration och färdad distans för varje match. Användaren kan även skifta från denna statistik och istället ta del av spelares rörelsemönster för de olika matcherna, detta genom att klicka på knappen "Heatmap". Hur sidan avsedd för visualisering av spelardata ser ut går att se i Figur 5.6 och 5.7. Ytterligare sidor som utgör hemsidan går att ta del av i Appendix A och koden till dessa ligger i Appendix B.2.



Figur 5.6: Sidan avsedd för visualisering av spelardata är förvald men nås annars genom att klicka på "Statistik".



Figur 5.7: Sidan avsedd för visualisering av spelares rörelsemönster nås genom att klicka på "Heatmap".

6

Diskussion

Inom detta avsnitt diskuteras resultaten som presenterades inom föregående avsnitt. Detta innebär att resultaten kopplas till arbetets syfte i avsikt att granska huruvida målen för arbetet uppfyllts eller ej. Utöver detta diskuteras även tänkbara förbättringsmöjligheter och förslag till framtida problemställningar inom samma område.

6.1 Val av kalibreringspunkter till homografimatri- trisen

Valet att välja den vänstra målgården som kalibreringspunkter för homografimatri-
sen har både bra och dåliga aspekter. Det positiva med dessa punkter är att det
är fasta punkter på planen som är definierade i regelboken men punkterna är nära
varandra vilket gör att ett litet fel i identifiering av dessa punkter i bilden kan leda
till ett stort fel vid bestämning av position långt ifrån denna målgård. Ett sätt att
lösa detta är att använda båda målgårdarna men då måste avståndet mellan dessa
mätas då regelboken inte har bestämda mått för planen. Detta är också problemet
med att använda till exempel mittpunkten.

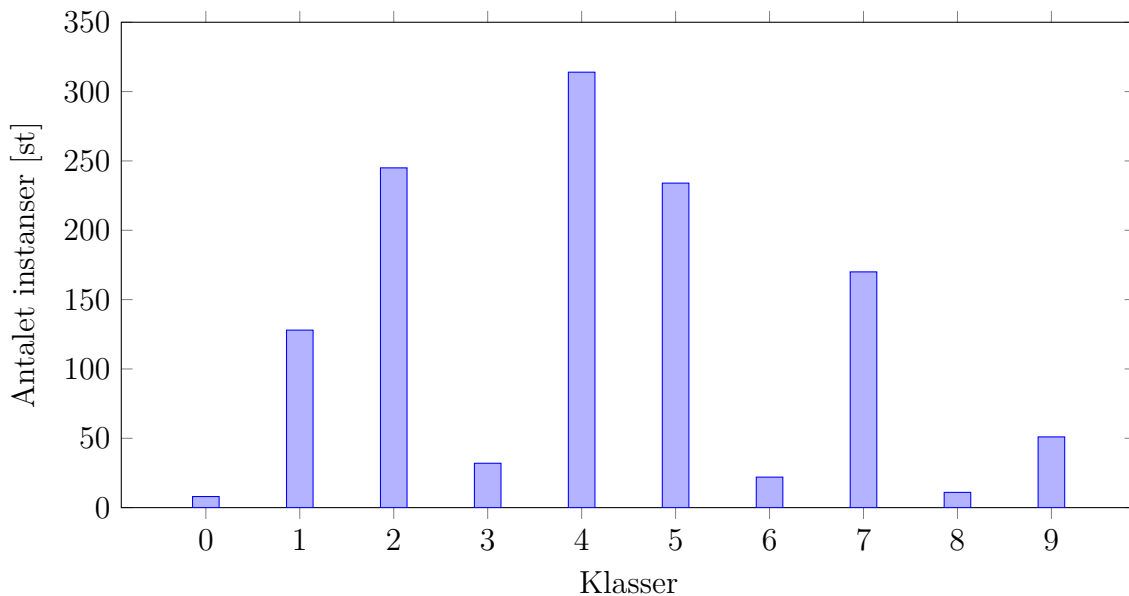
6.2 Nummerdetektering och bildkvalitet

Ett problem med den kameran som användes är bildkvaliteten den producerade
vilket gjorde det var svårt att annotera bilderna i datamängden. Därför hade en
kamera med högre upplösning och bättre förmåga att hantera rörelseoskärpa varit
bättre att använda.

Den annoterade datan har problemet att vissa siffror förekommer mycket oftare än
andra (se Figur 6.1) vilket gör att den tränade modellen är dålig på att hitta vissa
siffror. För en bättre presterade modell behövs en större datamängd med mer jämn
sifferfördelning. Resultatet kan även vara missvisande då modellen testas mot en
datamängd från samma match som modellen tränats på. Därför finns vissa likheter
som att det sker på samma plan, med samma lag och med samma kameraplace-
ring.

Den betydligt högre återigenkännelsen, precisionen $mAP_{0,5:0,95}$ för Modell 1 an-
tyder att det är till stor fördel att träna modellen på syntetisk data innan den tränas

på datamängder från matcher.



Figur 6.1: Visar antal av varje siffra som har annoterats i datamängden.

6.3 Avbrottsdetektion

Att detektera avbrott i matchspelet genom att analysera klockan fungerade väl vid ideala förhållanden. Dock eftersom verktyget skall vara lättillgängligt bör redundans byggas in i systemet för de hallar som inte har klockan på en plats där den kan ses utan hinder av kameran. Detta kan lösas exempelvis med ytterligare en kamera som endast filmar klockan. Det hade dock ökat priset på produkten och gjort den mindre tillgänglig. Mjukvaran kan även köras utan att ta bort den avblåsta tiden men detta ger upphov en annan typ av data då rörelse som sker utanför matchtid spåras och påverkar statistiken.

6.4 Identifiering och spårning av spelare

Programmet klarar inte av att identifiera ryggnrret för alla spelare varje gång spelaren spåras vilket leder till att en spelares data delas upp. Detta beror bland annat på att maskininlärningsmodellen som används för att identifiera spelare inte är tränad specifikt på den typ av data som analyseras i detta projektet. För att lösa detta skulle fler kameror med andra synvinklar på planen kunna användas samt ett system för att manuellt lägga ihop data för spelare. En större variant av YOLOv5-arkitekturen skulle också kunna användas då dessa har högre prestanda. Detta hade dock lett till längre beräkningstider.

Det spåras även många personer som inte är på planen. Detta beror på att programmet i nuläget endast kan välja rektangulära intresseregioner, planen är dock inte helt rektangulär i bilden till följd av vidvinkeldistorsionen. På grund av detta

inkluderas även en del ytor utanför planen vid intresseregionsmarkering. Detta kan hanteras genom att distorsionskorrigera hela videon innan intresseregionsmarkering men det är tidskrävande.

6.5 Påverkan av detektionsfel

Vid jämförelse av Figur 5.4a och Figur 5.4b inses det att oscillationen har kompenserats för och hastighets- samt accelerationsdata bör inte bli lika påverkade av personens rörelse ur planet som utan utjämningen. Fartberäkningarna i Figur 5.5a och accelerationsberäkningarna i Figur 5.5b blir dock mindre stabila. Detta kan bero på att ett litet fel i positionsdata som används för beräkningarna ger ett stort utslag. Då beräkningarna sker mellan varje detekterad punkt måste detekteringssteget vara väldigt exakt eftersom den faktiska rörelsen är liten. För att motverka felet som introduceras av detektionsfel kan man istället räkna ut den genomsnittliga farten och accelerationen över en viss period. Detta har dock ej genomförts.

6.6 Systemets ekonomiska lättillgänglighet

I detta fall definierades ekonomisk lättillgänglighet som priset där minst hälften av lagen i Sveriges fem högsta ligor har råd med systemet. Medianen av svaren från de lag som kunde tänka sig att betala för ett spårningsystem var 6000 kr. Det finns ca 500 olika föreningar i Sveriges fem högsta divisioner [22]. Om systemet skulle köpas för 6000 kr av hälften av alla dessa föreningar skulle det resultera i intäkter om totalt 1,5 miljoner kr. Kameran som använts i detta projekt kostade ca 2500 kr när den släpptes år 2016. Samsung Gear 360 säljs inte längre men det finns idag likvärdiga alternativ från andra tillverkare i samma prisklass att använda om systemet skulle tillverkas i kommersiellt syfte. Låt säga att den rörliga kostnaden för varje sålt system endast består av kostnaden för kameran samt installationskostnad om 500 kr innebär det ett täckningsbidrag om 3000 kr per såld enhet. Detta uppgår till ett totalt täckningsbidrag om 750000 kr som då skall täcka utvecklingskostnader och fasta kostnader för till exempel hårdvara för centraliserad databearbetning för alla systemen. För att avgöra om detta är rimligt behöver dock en utförlig kostnadsanalys göras.

Ovan beräkningar har antagit att svaren på enkäten som gjordes är representativa för alla föreningarna i de fem högsta innebandyligorna i Sverige. Detta är troligtvis inte fallet på grund av det relativt låga antalet svar samt det faktum att olika antal lag från de olika divisionerna svarade på enkäten vilket bidrar till att de olika divisionernas ekonomiska förutsättningar är ojämnt representerade. För att avgöra om produkten är ekonomiskt lättillgänglig eller inte behöver alltså fullständiga kostnads- och marknadsanalyser utföras utöver det som gjorts i detta projekt där fokus har legat på produktutveckling. Värt att nämna är också att systemet kan visa sig vara ekonomiskt otillgängligt enligt den definition som givits här men ändå vara ekonomiskt lönsamt att tillverka och sälja till ett högre pris till dem som har råd.

6.7 Framtida utvecklingsmöjligheter

Inom detta avsnitt diskuteras framtida utvecklingsmöjligheter för arbetet. För enkelhetens skull diskuteras områdena databearbetning och datapresentation var för sig.

6.7.1 Utveckling av databearbetningen

Spårningsdelen av den utvecklade mjukvaran bör inte användas i produktion innan vidare optimering. Utan att kunna ta fram data som kräver mindre efterarbete och säkrare resultat är den inte användbar. Även hastigheten bör ökas. Används video med 30 bilder per sekund kan man analysera en match spelad i 60 minuter på 150 minuter. Denna siffra kan även öka mycket om man använder större maskininlärningsmodeller vilket kan krävas för att få bättre resultat. Dock fungerar denna mjukvara i sådan mån att det bevisligen går att utveckla något som fyller syftet presenterat i rapporten.

6.7.2 Utveckling av datapresentationen

Hemsidan anses uppfylla målen gällande att produkten skall vara enkel att förstå samt enkel att använda. Trots detta finns det självklart förbättringspotential. En förbättringsmöjlighet hade därför kunnat vara att utveckla hemsidan så att den kan hantera inloggningsuppgifter för flera användare och möjliggöra för dessa att ha flera lag. För detta krävs ingen visuell omstrukturering av hemsidan, däremot behöver ytterligare kod tillföras för att kunna spara alla inloggningsuppgifter och informationen om alla olika konton. För att åstadkomma detta hade en omstrukturering av koden underlättat. Med större del av hemsidan utvecklad i exempelvis Python hade fler funktioner kunnat läggas till på hemsidan då Flutter och Dart inte är bra för mycket annat än just användargränssnittet vilket märktes under projektets gång.

Ytterligare ett område som hade kunnat utvecklas i avsikt att öka hemsidans användarupplevelse är URL-navigering. Detta hade tillåtit användarna att navigera på hemsidan med hjälp av webbsidans adressfält vilket bland annat hade möjliggjort användningen av webbläsares bakåtknappar. Hemsidan borde även ha utvecklats med en följsam webbdesign för kunna använda hemsidan på andra enheter utöver datorer. Meningen med följsam webbdesign är nämligen att hemsidans struktur anpassar sig till en enhets skärmstorlek i avsikt att göra dess innehåll mer åtkomligt.

Det finns även utvecklingspotential för diagrammet över positionsdatan. Just nu är innebandyplanen uppdelad i 200 kvadratiska rutor. Mindre rutor hade gett användaren en mer exakt bild av en spelares rörelsemönster däremot hade beräkningstiden för att framställa diagrammet tagit längre tid. För att ge en mer exakt presentation av spelarnas rörelsemönster hade även fler nyanser kunnat användas i diagrammet.

6.8 Reflektion över arbetet

Detta avsnitt är ämnat för en reflektion där gruppen diskuterar två huvudsakliga ämnen. Det första ämnet är huruvida ytterligare kunskap hade spelat stor roll för arbetet och i så fall på vilket sätt. Det andra är huruvida gruppen har några tänkbara förslag till framtida problemställningar inom ämnet.

6.8.1 Behov av ytterligare kunskap

För att utföra detta arbete på ett mer tidseffektivt sätt hade en bredare förkunskap inom maskininlärning och webbutveckling varit till stor hjälp. Då majoriteten av gruppen ej besatt denna förkunskap ledde det till att projektets inledande skede fick tillägnas att bekanta sig med verktygen som skulle användas vilket tog rätt mycket tid. Denna tid kunde i stället ha bidragit till att utveckla en bättre och mer komplett produkt. Förkunskaper tillsammans med en vana att använda de verktyg som användes hade förmodligen även resulterat i att den slutgiltiga produkten blivit bättre. Detta gäller speciellt utvecklingen av hemsidan som hade gått att utveckla väldigt annorlunda.

6.8.2 Förslag till framtida problemställningar

Det finns en del att bygga vidare på inom just detta arbete, framförallt gällande huruvida det är möjligt att utföra databearbetningen i realtid. Utöver detta är en annan intressant problemställning huruvida detektering av en innebandyboll kan bedrivas. Detta hade bland annat möjliggjort presentation av information likt boll-innehav.

7

Slutsats

Detta projekt har resulterat i skapandet av ett positioneringssystem som, med hjälp av insamlad positionsdata från filmning av innebandymatcher, genererar relevant spelarinformation som sedan publiceras på en tillhörande hemsida. Systemet fungerar som tänkt bortsett från att spårningen av spelare bryts emellanåt vilket, i värsta fall, kan resultera i avsaknad av data. Gällande systemets måluppfyllnad anses dattainsamlingen, databearbetningen samt hemsidan vara enkla att förstå sig på och använda. Produkten anses även vara flexibel i den mening att den går att använda i flera olika miljöer. Aspekten gällande produktens ekonomiska lättillgänglighet anses dock vara för omfattande för att avgöra huruvida den är ekonomiskt lättillgänglig eller inte.

Vidare utveckling bör fokusera på att öka hastigheten och precisionen för databearbetningen samt göra hemsidan mer omfattande i den mening att den bland annat bör kunna hantera inloggningsuppgifter och ha en följsam webbdesign.

Litteraturförteckning

- [1] Hawk-Eye Innovations. "PIONEERING & INSPIRING CHANGE IN SPORT," *Hawk-Eye Innovations*. (2021), URL: <https://www.hawkeyeinnovations.com/> (hämtad 2022-04-27).
- [2] R. Johansson. "Varenda steg räknas när spelarnas rörelser registreras," Svensk Elitfotboll. (2016-05-23), URL: <https://www.svenskelitfotboll.se/varenda-steg-raknas-nar-spelarnas-rorelser-registreras/> (hämtad 2022-04-27).
- [3] Catapult. "ABOUTCATAPULT," Catapult. (), URL: <https://www.catapultsports.com/about> (hämtad 2022-04-27).
- [4] J. Harper. "Data experts are becoming football's best signings," BBC. (2021-03-21), URL: <https://www.bbc.com/news/business-56164159> (hämtad 2022-04-27).
- [5] Idrottsstatistik. "Förbundens omsättning," Idrottsstatistik. (), URL: <https://idrottsstatistik.se/ekonomi-och-etik/forbundens-omsattning/> (hämtad 2022-04-27).
- [6] Integritetsskyddsmyndigheten. "Introduktion till dataskyddsförordningen," Integritetsskyddsmyndigheten. (2021-06-10), URL: <https://www.imy.se/verksamhet/dataskydd/det-har-galler-enligt-gdpr/introduktion-till-gdpr/> (hämtad 2022-04-27).
- [7] —, "Dataskyddsförordningen i fulltext," Integritetsskyddsmyndigheten. (2021-11-17), URL: <https://www.imy.se/verksamhet/dataskydd/det-har-galler-enligt-gdpr/introduktion-till-gdpr/dataskyddsförordningen-i-fulltext/> (hämtad 2022-04-27).
- [8] Riksidrottsförbundet. "Idrott på barn och ungas villkor," Riksidrottsförbundet. (2022-03-17), URL: <https://www.rf.se/RFarbetarmed/Barn-ochungdomsidrott> (hämtad 2022-04-27).
- [9] E. Hellman. "Introduktion till Flutter för utvecklare," Developers Bay. (2020-05-27), URL: <https://developersbay.se/introduktion-till-flutter-for-utvecklare/> (hämtad 2022-04-26).
- [10] Coursera. "What Is Python Used For? A Beginner's Guide," Coursera. (2022-03-21), URL: <https://www.coursera.org/articles/what-is-python-used-for-a-beginners-guide-to-using-python> (hämtad 2022-04-26).

- [11] B. Venkatesh. "WHAT IS THE OPENCV LIBRARY AND WHY DO WE NEED TO KNOW ABOUT IT?" Topcoder. (2020-12-09), URL: <https://www.topcoder.com/thrive/articles/what-is-the-opencv-library-and-why-do-we-need-to-know-about-it> (hämtad 2022-04-27).
- [12] G. Jocher, A. Chaurasia, A. Stoken m. fl., *ultralytics/yolov5: v6.1 - TensorRT, TensorFlow Edge TPU and OpenVINO Export and Inference*, version v6.1, febr. 2022. DOI: 10.5281/zenodo.6222936. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6222936>.
- [13] Ultralytics. "YOLOv5 Documentation," Ultralytics. (2020), URL: <https://docs.ultralytics.com/> (hämtad 2022-04-27).
- [14] —, "YOLOv5: The friendliest AI architecture you'll ever use," Ultralytics. (2020), URL: <https://ultralytics.com/yolov5> (hämtad 2022-04-27).
- [15] D. Cochard. "DeepSort : A Machine Learning Model for Tracking People," Medium. (2021-05-21), URL: <https://medium.com/axinc-ai/deepsort-a-machine-learning-model-for-tracking-people-1170743b5984> (hämtad 2022-04-27).
- [16] OpenCV. "Geometric Image Transformations," OpenCV. (2022-04-26), URL: https://docs.opencv.org/3.4/da/d54/group__imgproc__transform.html#ga55c716492470bfe86b0ee9bf3a1f0f7e (hämtad 2022-04-27).
- [17] —, "Camera Calibration and 3D Reconstruction," OpenCV. (202-04-26), URL: https://docs.opencv.org/3.4/d9/d0c/group__calib3d.html#ga4abc2ece9fab9398f2e560d53c8c9780 (hämtad 2022-04-27).
- [18] M. Broström, *Real-time multi-camera multi-object tracker using YOLOv5 and DeepSort with OSNet*, https://github.com/mikel-brostrom/Yolov5_DeepSort_OSNet, 2022.
- [19] D. Bhargavi, E. P. Coyotl och S. Gholami, *Knock, knock. Who's there? – Identifying football player jersey numbers with synthetic data*, mars 2022. DOI: 10.48550/ARXIV.2203.00734.
- [20] N. Tsankashvili. "CameraCalibration.py." (2018-02-14), URL: <https://gist.github.com/nochekaiser/0d4f46156f651dadf23cd1e1599d40ed> (hämtad 2022-05-12).
- [21] FilledStacks. "Tutorials," FilledStacks. (2019-10-31), URL: <https://www.filledstacks.com/tutorials/3> (hämtad 2022-02-18).
- [22] EverySport. "Innebandy," EverySport. (2021), URL: <https://www.everysport.com/innebandy> (hämtad 2022-05-12).

A

Bilder på hemsidan

A.1 Hemsidans förstasida



Figur A.1: Hemsidans förstasida innehållande kortfattad information och flertalet knappar.

A.2 Kom igång



[Exempel](#) [Om oss](#) [Logga in](#)

VI JOBBAR PÅ DET...

För tillfället kan tyvärr inte nya användare skapa ett konto själva utan behöver kontakta oss på INDICATE så att vi kan sätta upp ett konto åt er. Är ni intresserade och vill ta del av vår tjänst, eller om ni har några som helst frågor, så är det bara att ange en mailadress samt skicka iväg ett meddelande. Vi svarar så fort vi kan och svaret skickas till den angivna mailadressen.

KONTAKTA OSS

Ange mailadress

Vad har du på hjärtat...

Skicka

Figur A.2: Sida avsedd för kontakt mellan användare och ansvariga. Bland annat för att skapa ett konto.

A.3 Meddelande skickat



[Exempel](#) [Om oss](#) [Logga in](#)

VI JOBBAR PÅ DET...

För tillfället kan tyvärr inte nya användare skapa ett konto själva utan behöver kontakta oss på INDICATE så att vi kan sätta upp ett konto åt er. Är ni intresserade och vill ta del av vår tjänst, eller om ni har några som helst frågor, så är det bara att ange en mailadress samt skicka iväg ett meddelande. Vi svarar så fort vi kan och svaret skickas till den angivna mailadressen.

TACK!

Stort tack för visat intresse! Vi läser ditt meddelande och svarar så fort vi kan. Om du kommer på något annat under tiden du väntar på svar är det bara att skicka ett nytt meddelande så svarar vi på det med. Vi hörs snart!

Med vänliga hälsningar,
teamet på INDICATE.

Figur A.3: Meddelandet användaren får efter att ha kontaktat ansvariga.

A.4 Om oss



Exempel

Om oss

Logga in

BAKGRUNDSINFORMATION

Denna hemsida utgör en del av ett kandidatarbete som bedrivits under våren 2022 på Chalmers tekniska högskola. Arbetet går vid institutionen för fysik och ämnar att skapa ett lättillgängligt positioneringssystem i syfte att utvinna relevant spelarinformation.

TEAMET BAKOM INDICATE

Följande är namnen på studenterna som utfört detta kandidatarbete samt programmen de tillhör:

Hannes Gustafsson (M), Pontus Johansson (F), Oskar Kullner (I), Ebba Molinder (D), Victor Salomonsson (TM).

Figur A.4: Sida innehållande information om arbetet och vilka som står bakom det.

A.5 Exempel



Exempel

Om oss

Logga in



Spelare 1 ▾

Match 1 ▾

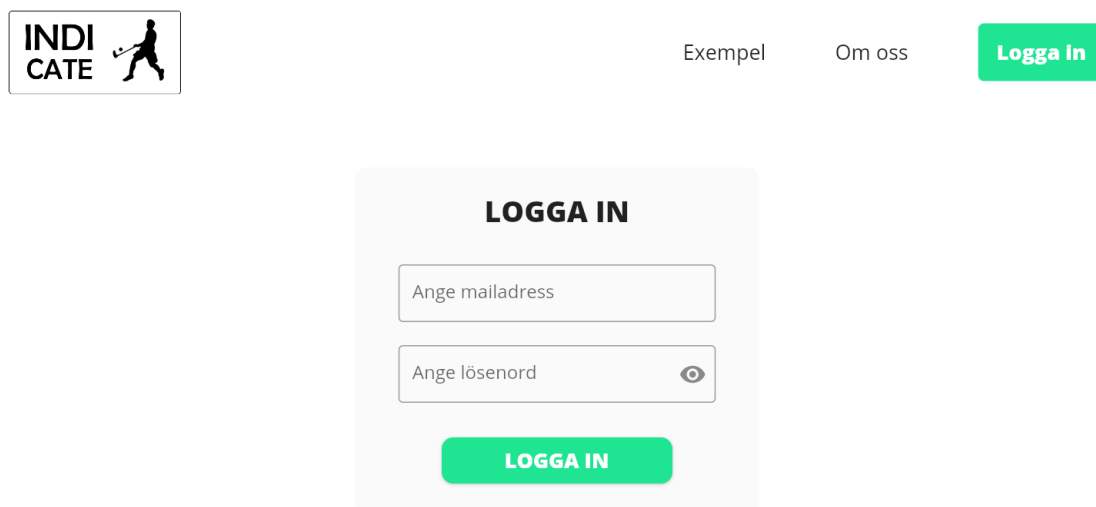
Maxhastighet: 10 [m/s]

Högsta acceleration: 20 [m/s²]

Total distans: 30 [km]

Figur A.5: Exempelsida avsedd för att visa icke-användare vad hemsidan erbjuder.

A.6 Logga in



INDI
CATE

Exempel Om oss **Logga in**

LOGGA IN

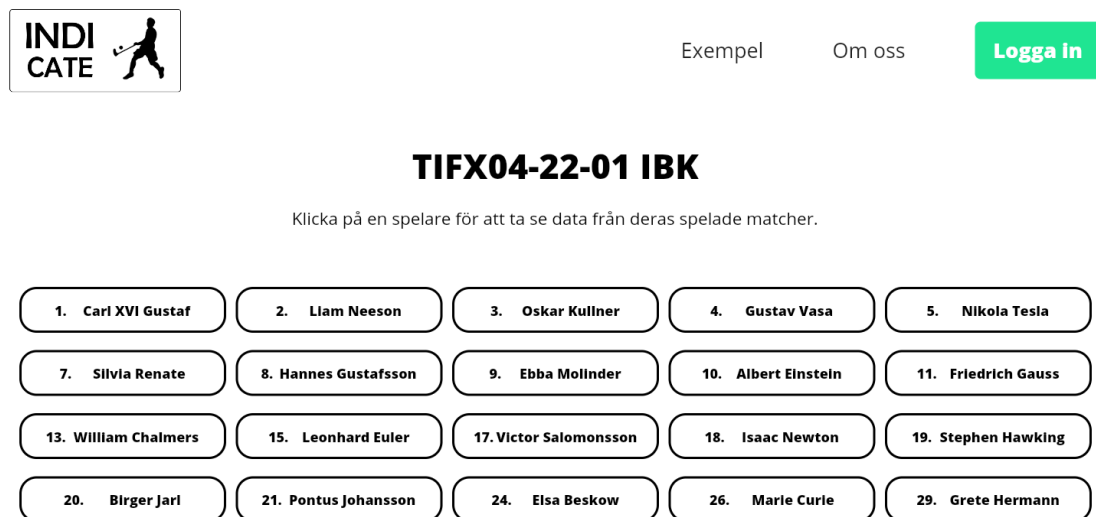
Ange mailadress

Ange lösenord 

LOGGA IN

Figur A.6: Inloggningssida med användarnamn och lösenord.

A.7 Lista med spelare



INDI
CATE

Exempel Om oss **Logga in**

TIFX04-22-01 IBK

Klicka på en spelare för att ta se data från deras spelade matcher.

1. Carl XVI Gustaf	2. Liam Neeson	3. Oskar Kullner	4. Gustav Vasa	5. Nikola Tesla
7. Silvia Renate	8. Hannes Gustafsson	9. Ebba Molinder	10. Albert Einstein	11. Friedrich Gauss
13. William Chalmers	15. Leonhard Euler	17. Victor Salomonsson	18. Isaac Newton	19. Stephen Hawking
20. Birger Jarl	21. Pontus Johansson	24. Elsa Beskow	26. Marie Curie	29. Grete Hermann

Figur A.7: Lista med spelare i ett lag. Användaren kan klicka på en spelare för att se spelarinformation.

B

Länkar

B.1 Kod till databearbetningen

<https://github.com/Victorsalo/FloorballTracker>.

B.2 Kod till hemsidan

<https://github.com/Ebba00/TIFx04-22-01>.

B.3 Enkät skickad till innebandyföreningar

<https://forms.gle/2EJDPFt2yqx3A7LY6>.

INSTITUTIONEN FÖR FYSIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se



CHALMERS