

SWINGVISION SERVICETEST

**IS DE SWINGVISION APP VALIDE
IN HET METEN VAN DE SERVICE?**



SWING
VISION



KNLTB

TENNIS

MIKE SCHWENCKE

17086299



SWINGVISION SERVICETEST



MENS EN TECHNIEK
— BEWEGINGSTECHNOLOGIE —

DE HAAGSE
HOGESCHOOL



SWING
VISION



KNLTB

TENNIS

DATUM:

15-06-2022

LOCATIE:

AMSTELVEEN

Naam:	Mike Schwencke
Studentnummer:	17086299
Opdrachtgever:	KNLTB
School:	Haagse Hogeschool
1e docentbegeleider:	Jorine Koopman
2e docentbegeleider:	Herre Faber
Stage begeleider:	Aldo Hoekstra

Deze scriptie is geschreven naar aanleiding van mijn afstuderen aan de opleiding Mens en Techniek | Bewegingstechnologie. Voor mijn afstuderen heb ik gedurende 16 weken stagegelopen bij de Koninklijke Nederlandse Lawn Tennis Bond (KNLTB). Bij de KNLTB zijn ze veel bezig met het verbeteren van de prestaties van de rolstoeltennissers door middel van de nieuwste technologie.

Voor deze scriptie heb ik gedurende mijn stageperiode onderzoek mogen doen naar de validiteit van de SwingVision tennis app. Ik ben dankbaar dat ik hier mijn afstuderen heb kunnen uitvoeren en heb het erg naar mijn zin gehad. Daarvoor wil ik een aantal mensen bedanken die mij geholpen en begeleid hebben tijdens het afstuderen.

- Aldo Hoekstra voor het begeleiden vanuit de KNLTB en ondersteuning met de meetsystemen en testen.
- Jorine Koopman voor het begeleiden van het gehele traject van mijn afstuderen.
- Onur Tezel voor de extra begeleiding en de hulp bij het uitvoeren van de statistische analyse.
- De trainers en spelers van de nationale selectie van het rolstoeltennis voor hun tijd en bereidheid om deel te nemen aan de metingen.

INHOUDSOPGAVE

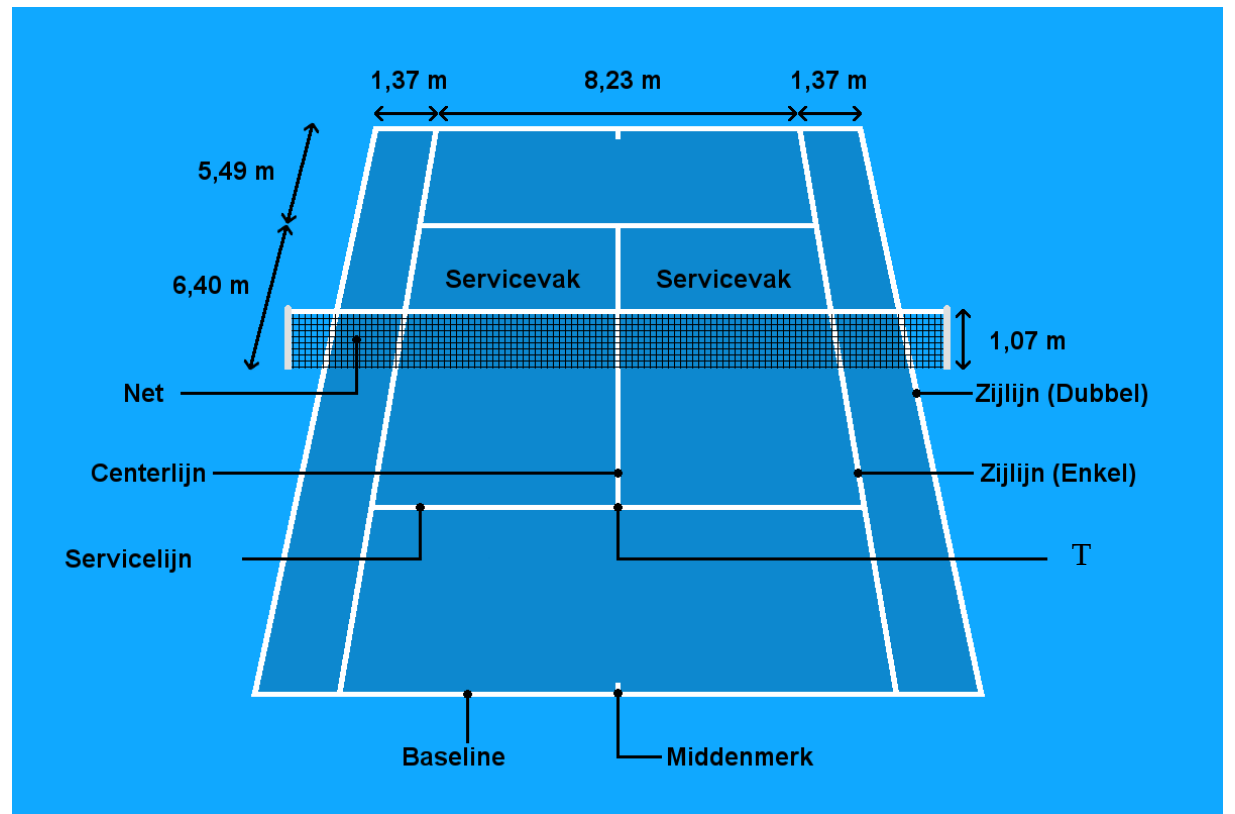
Voorwoord	2
Samenvatting	4
Verklarende woordenlijst	5
Inleiding.....	6
Methode.....	7
<i>Proefpersonen</i>	<i>7</i>
<i>Meetsystemen (Meetopstelling).....</i>	<i>7</i>
<i>Meetprotocol (Service tennis test)</i>	<i>8</i>
<i>Dataverwerking.....</i>	<i>9</i>
<i>Data-analyse</i>	<i>10</i>
<i>Pilot meting.....</i>	<i>11</i>
Resultaten.....	12
<i>Meetfout</i>	<i>12</i>
<i>Correlatie</i>	<i>12</i>
<i>Bland Altman</i>	<i>14</i>
Discussie	16
conclusie	19
Literatuurlijst	20
Bijlagen.....	21
<i>Bijlage 1: Service Tennis Test.....</i>	<i>21</i>
Doel van de test	21
Materialen	21
voorbereiding.....	21
Testprotocol	1
Voorwaarden	1
<i>Bijlage 2: VA-index.....</i>	<i>2</i>

Intro: In dit onderzoek is validiteit van de SwingVision app getest. De SwingVision app is een app voor op een mobiele telefoon die is ontwikkeld om het analyseren van tennis financieel toegankelijker en meer ambulant te maken. Bij de Koninklijke Nederlandse Lawn Tennis Bond (KNLTB) wordt de servicetennistest afgenomen bij de nationale selectie van het rolstoeltennis. Deze test wordt gebruikt voor het monitoren van de serviceprestatie. De parameters die van belang zijn bij de servicetennistest zijn de snelheid en plaatsing van de bal. De combinatie van deze parameters leveren een eindwaarde als resultaat van de servicetennistest op. Om deze parameters in kaart te brengen wordt gebruik gemaakt van het PlaySight systeem. Dit systeem heeft echter een hoge prijs en is gebonden aan een vaste locatie. De doelstelling van de KNLTB is dat de servicetennistest kan worden gedaan zonder het PlaySight systeem, zodat de servicetennistest vaker en op andere locaties kan worden uitgevoerd. Hiervoor zal de SwingVision app gevalideerd moeten worden. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag: *Is de SwingVision app valide in het meten van de snelheid en plaatsing van de service?*

Methode: 8 rolstoeltennissers (mean: 24,5 jaar, SD: 7 jaar) hebben deelgenomen aan de servicetennistest. Hierbij wordt 48 keer geserveerd in verschillende richtingen. Met het PlaySight systeem worden de parameters snelheid en plaatsing van de bal geregistreerd. Tijdens de servicetennistest wordt het serviceprogramma van de SwingVision app aan gezet die dezelfde parameters registreert. De data van de SwingVision app wordt vergeleken met de data van het PlaySight systeem om de validiteit te bepalen. Voor het bepalen van de validiteit zal er gebruik worden gemaakt van de correlatie tussen de 2 meetsystemen. Om dieper in te gaan op de overeenkomst is gekeken naar de Intraclass correlatiecoëfficiënt (ICC) en is een Bland Altman analyse uitgevoerd. Voor de resultaten is gekeken naar de snelheid (km/h) en plaatsing van de bal (cm) bestaande uit een x-coördinaat (BounceX) en een y-coördinaat (BounceY).

Resultaten: Voor snelheid is een lage correlatie ($r = 0.358$, $p = 0.000$) gevonden met een erg lage ICC (ICC = 0.181). Voor plaatsing is bij de x-coördinaten een erg hoge correlatie ($r = 0.958$, $p = 0.000$) gevonden met een eveneens erg hoge ICC (ICC = 0.957). Voor de y-coördinaten is een hoge correlatie ($r = 0.765$, $p = 0.000$) gevonden met een hoge ICC (ICC = 0.728).

Conclusie: De SwingVision app is op basis van deze resultaten niet valide in het meten van de snelheid van de bal en wel valide in het meten van de plaatsing van de bal. Voor de output van de servicetennistest wordt gebruik gemaakt van zowel de snelheid als de plaatsing van de bal. De SwingVision app is dus niet valide voor het afnemen van de servicetennistest.



Afbeelding 1: Tennisveld: afmetingen, constructie, benamingen

Prestatie in (top)sport ligt de laatste jaren steeds dichterbij elkaar. Het verschil tussen een gouden medaille en helemaal niks kan soms liggen in een paar honderdste van een seconde (Smith, 2012). De topsportwereld is op een punt gekomen waarbij het verhogen van het aantal trainingsuren minder invloed heeft op de prestaties van de sporters dan dit vroeger het geval was (Dijk et al, 2014). Het prestatieverschil zal gehaald moeten worden uit een hoger rendement in de trainingen. Hierin spelen innovatie, wetenschappelijke kennis en technologie een grote rol. Door een sport goed te analyseren en in een wetenschappelijk kader te zetten kunnen we inzicht krijgen waar verbeteringen kunnen worden gerealiseerd (Hofmijster, 2016).

Ook in de tenniswereld is deze innovatie in volle gang en van grote waarde voor het verbeteren van de prestatie (Özdemir et al, 2019). Zo worden verschillende systemen gebruikt om de bal en spelers te tracken in het veld (Stanescu, 2018). Zulke systemen kunnen inzicht geven in de snelheid van de bal en waar de bal terecht komt in het veld, zodat doelgerichter kan worden getraind. Ook kan met zulke systemen de intensiteit van de inspanning van een speler worden gemeten door de verplaatsing in het veld te registreren in combinatie met een hartslagmeter. Verder worden de nieuwste technieken gebruikt voor het ontwikkelen, produceren en testen van tennistrackets (Wang et al, 2013).

Een van de belangrijkste slagen bij tennis is de service. Dit is de enige slag bij tennis waar de speler volledig zelf de controle heeft. Ook blijkt dat degene die serveert met tennis de meeste kans heeft om het punt te winnen (O'Donoghue et al, 2008). Een goede service is dus van grote waarde binnen de tennissport. Om de service te monitoren onder de Nederlandse tennissers wordt bij de Koninklijke Nederlandse Lawn Tennis Bond (KNLTB) de servicetennistest (bijlage 1.) afgenomen bij de tennissers. De belangrijkste parameters bij een service zijn snelheid en plaatsing. Een atleet wil de service zo accuraat mogelijk slaan met een hoge snelheid.

Om de parameters in kaart te brengen wordt gebruik gemaakt van het PlaySight systeem. Dit systeem is geïnstalleerd op het nationaal trainingscentrum (NTC) van de KNLTB. Het bestaat uit 10 verschillende camera's die om het veld heen geplaatst zijn. Hiermee kan onder andere de snelheid en de plaatsing van de bal bij een service bepaald worden. Dit systeem is echter erg prijzig en ook gebonden aan een vaste locatie.

Om het analyseren van tennis financieel toegankelijker en meer ambulant te maken is er door het bedrijf "Mangolitics inc." een app ontwikkeld genaamd SwingVision. Een ambulant meetsysteem zal vaker worden gebruikt dan een plaatsgebonden meetsysteem, omdat de drempel om te meten lager is (Uiterwaal et al, 1998). Met deze app kunnen service testen worden gedaan, maar ook kunnen er hele wedstrijden worden geregistreerd en geanalyseerd. De app maakt gebruik van de videocamera van een mobiele telefoon.

De doelstelling van de KNLTB is dat de servicetennistest ook kan worden uitgevoerd zonder het PlaySight systeem, zodat de servicetennistest vaker en op andere locaties kan worden afgenomen. Hiervoor zal de SwingVision app moeten worden gevalideerd. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag: *Is de SwingVision app valide voor het meten van de snelheid en de plaatsing van de service?*

Wanneer de SwingVision app valide is kan deze worden gebruikt voor het afnemen van de servicetennistest zonder het PlaySight systeem. De KNLTB zal dan tevens kijken of de SwingVision app breder kan worden ingezet bij het rapporteren en analyseren van volledige tenniswedstrijden.

METHODE

PROEFPERSONEN

De groep van proefpersonen bestond uit de nationale selectie van de KNLTB. Dit is een groep van toprolstoeltennissers die bestaan uit een mix van mannen ($N = 3$) en vrouwen ($N = 5$) met een minimale leeftijd van 18 jaar en een maximale leeftijd van 37 jaar (mean = 24,5 jaar). Deze proefpersonen beheersen de service.

MEETSYSTEMEN (MEETOPSTELLING)

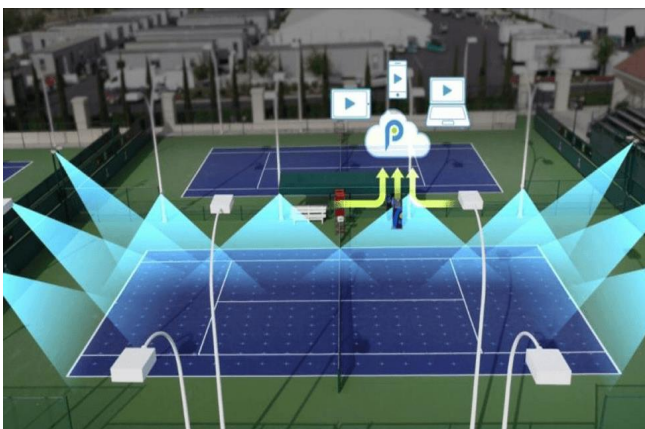
PlaySight

Als gouden standaard in dit onderzoek is gebruik gemaakt van het PlaySight systeem (afbeelding 2). Door de 10 camera's om het veld kan de snelheid en plaatsing van de bal worden bepaald, omdat de camera's weten waar ze ten opzichte van elkaar staan (Sharma et al, 2019). Onder plaatsing verstaan we de plek waar de bal in het veld de grond raakt, Bestaande uit een x- en y-coördinaat.

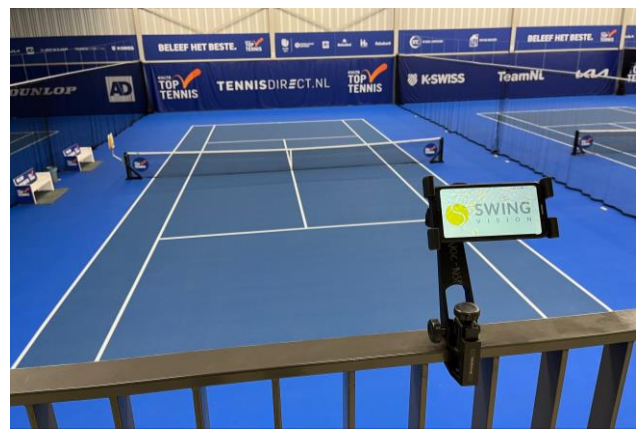
SwingVision

De SwingVision app heeft meerdere mogelijkheden voor het registreren en analyseren van tennis. Voor dit onderzoek is het "serve practice" programma gebruikt. SwingVision werkt op basis van 2d motion capture door middel van de camera van een mobiele telefoon. Voorafgaand aan het meten met SwingVision vraagt de app om de camera uit te lijnen met het tennisveld. Hierdoor kan worden bepaald waar de bal zich ten opzichte van het tennisveld bevindt, waar de snelheid en plaatsing van de bal uit kunnen worden herleid.

In dit onderzoek was een telefoon met daarop de SwingVision app door middel van een klemstatief geklemd aan de balustrade op de 1^e verdieping van het nationaal trainingscentrum van de KNLTB (afbeelding 3). Dit is vergelijkbaar met de hoogte van het sporthekwerk achter de gemiddelde tennisbaan (3-4m). De tennisser serveert vanaf de andere kant van het veld richting de camera van de telefoon.



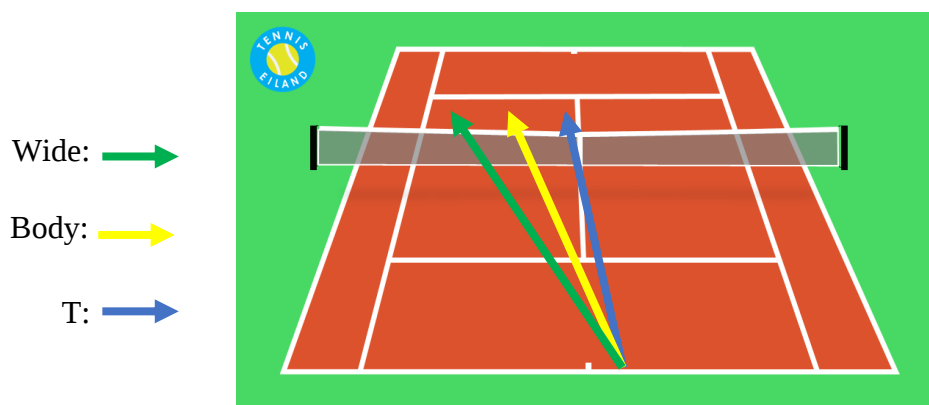
Afbeelding 1: PlaySight systeem



Afbeelding 2: Meetopstelling SwingVision

MEETPROTOCOL (SERVICE TENNIS TEST)

Het protocol voor dit onderzoek was de servicetennistest. Deze test wordt gebruikt om de service prestatie van de nationale selectie te monitoren en te verbeteren. De test bestaat uit het slaan van 48 services bestaande uit een 1^e en 2^e service in verschillende richtingen (wide, body en T) (zie afbeelding 4). Hierbij wordt een wedstrijdssituatie nagebootst waarbij bij de 1^e service meer risico kan worden genomen en de 2^e service vooral goed geplaatst moet worden om een dubbelfout, en daarmee in de wedstrijd een punt tegen, te voorkomen. Deze instructie is ook meegegeven aan de proefpersonen. De output van de servicetennistest vanuit PlaySight bestaat altijd uit 48 services. Wanneer een service uit het protocol niet wordt geregistreerd door PlaySight werd aan de speler gevraagd deze opnieuw te slaan, zodat de output vanuit PlaySight altijd uit de in het protocol beschreven 48 services bestaat.



Afbeelding 4: Service Richtingen, wanneer vanaf links wordt geserveerd worden de richtingen gespiegeld

Tijdens het afnemen van de servicetennistest zal zowel het serviceprogramma van PlaySight als het serviceprogramma van SwingVision worden aangezet. Deze data zal vergeleken worden om te bepalen of de SwingVision app valide is. De belangrijkste aspecten van de servicetennistest zijn het zo goed mogelijk plaatsen van de service met een zo hoog mogelijke snelheid. Dit zijn dan ook de parameters die worden geregistreerd met PlaySight en SwingVision en worden gebruikt voor de output van de servicetennistest.

PlaySight

Na afloop van de meting werd het ruwe databestand van PlaySight in een python script geladen, waar vervolgens een Excel bestand uit kwam waar de verschillende parameters in staan.

SwingVision

Na afloop van de meting is vanuit de app een Excel bestand geëxporteerd waarin per service de verschillende parameters te zien zijn. Om onregelmatigheden en uitschieters of missers in de data eruit te filteren, is gebruik gemaakt van de videoanalyse optie in de SwingVision app. Wanneer PlaySight of SwingVision een service heeft gemist of wanneer er een service is geregistreerd die niet heeft plaatsgevonden, is deze meetfout eruit gefilterd.

Aantal services

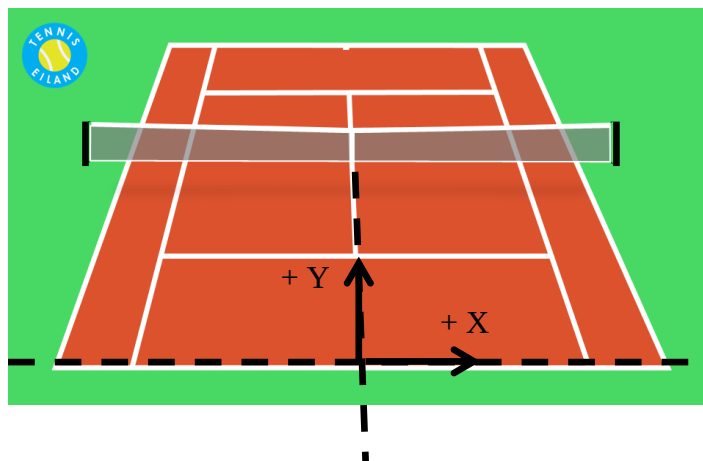
De servicetennistest output bestaat uit 48 services. Meetfouten zijn niet meegenomen in de data-analyse. Netservices worden niet meegenomen in de data-analyse voor plaatsing.

Assenstelsel

Om de data goed te kunnen vergelijken is gezorgd dat de data van PlaySight en SwingVision voor de coördinaten van plaatsing gebruik maken van hetzelfde assenstelsel op het tennisveld.

Het nulpunt van de x-coördinaten van beide meetsystemen is hetzelfde (de centerlijn van het tennisveld). Het nulpunt van de y-coördinaten van PlaySight ligt ter hoogte van het net en het nulpunt van de y-coördinaten van SwingVision ligt ter hoogte van de baseline.

Om dit op te lossen wordt voor alle y-coördinaten van PlaySight het volgende gedaan: $y = (y - 11,89) * -1$. Het assenstelsel wat gebruikt is voor de resultaten is te zien in afbeelding 5.



Afbeelding 5: Assenstelsel met midden merk als (0,0) punt waarbij de x-as over de baseline loopt en de y-as over de centerlijn

Om te kunnen beoordelen of de SwingVision app valide meet, is onderzocht in hoeverre de data overeenkomt met het PlaySight systeem. Om dit te bepalen is gekeken naar de correlatie en is een Bland Altman analyse uitgevoerd. Hierbij is gekeken naar de snelheid van de bal en de plaatsing van de bal, bestaande uit een x- en y-coördinaat waar de bal de grond raakt.

Meetfout

Het kan voorkomen dat PlaySight of SwingVision een service niet of extra registreert. Het percentage van deze meetfout (aantal dat de meetfout plaatsvindt/totaal aantal services*100) is vergeleken en is beoordeeld of een eventueel verschil acceptabel is. Bij PlaySight komt de meetfout dat een service niet wordt geregistreerd voor. Dit kan frustratie bij spelers oproepen wanneer een goede service is geslagen en deze niet wordt geregistreerd. Vanuit deze constatering wordt het niet als acceptabel gezien wanneer dit probleem 10% vaker voor komt bij SwingVision. De services waarbij een meetfout wordt geconstateerd zijn niet meegenomen in het vervolg van de data-analyse.

Correlatie

Om het verband te bepalen is de correlatie tussen de 2 meetsystemen onderzocht. Eerst is gekeken hoe de data is verdeeld. Wanneer deze normaal verdeeld is, wordt voor de correlatie Pearson's r gebruikt. Hoe hoger de r waarde hoe sterker het verband is tussen de meetsystemen, waarbij ze bij een correlatie van 1 een perfect lineair verband hebben. Wanneer gekeken wordt wat gebruikelijk is in de statistiek (Scoz et al, 2021), wordt de mate van correlatie geclassificeerd als erg laag ($r = 0-0.3$), laag ($r = 0.3-0.5$), middelmatig ($r = 0.5-0.7$) hoog ($r = 0.7-0.9$) en erg hoog ($r > 0.9$). In vergelijkbare studies waar een camerasysteem wordt gevalideerd is te zien dat deze classificering overgenomen wordt om de validiteit te bepalen (Scoz et al, 2021), waarbij bij $r > 0,7$ de overeenkomst als acceptabel en daarmee valide wordt gezien. Om de validiteit van SwingVision te bepalen is in lijn met andere studies ook deze classificering overgenomen waarbij $r > 0,7$ als valide wordt gezien. De P-waarde geeft aan of de correlatie significant is. De correlatie is significant wanneer $p < 0.05$

Overeenkomst

De correlatie geeft aan of een verband aanwezig is tussen de 2 meetsystemen. Dit zegt echter niet direct iets over de overeenkomst tussen de 2 meetsystemen. Om dieper in te gaan op de overeenkomst tussen de 2 meetsystemen is naar de intraclass correlatiecoëfficiënt (ICC) gekeken en is een Bland Altman analyse uitgevoerd om de overeenkomst visueel in beeld te krijgen. Waarbij de normale correlatiecoëfficiënt iets zegt over het verband, kwantificeert de ICC daadwerkelijk de overeenkomst tussen de 2 meetsystemen. Hierbij is de ICC gedefinieerd als het aandeel ware variantie ten opzichte van de totale variantie. Voor het bepalen van de ICC is gebruik gemaakt van het Two-Way Mixed model. De ICC is op basis van de absolute agreement bij single measures. Voor de classificering van de ICC is dezelfde classificatie als voor de correlatiecoëfficiënt gehanteerd.

Bland Altman

Bij de Bland Altman plot is gekeken naar een paar punten: Hoe groot het gemiddelde verschil (mean difference) is tussen de 2 meetsystemen, de limits of agreement (LoA) en of er een trend te zien is in het verschil tussen PlaySight en SwingVision

Om bekend te worden met het protocol en de meetsystemen zijn 2 pilot metingen uitgevoerd. De pilot metingen zijn uitgevoerd met het protocol wat beschreven staat in de methode. De proefpersonen voor de pilot metingen bestonden uit stagiaires van de KNLTB. Er zijn voor de pilot in totaal 96 services geslagen. Deze pilot metingen zijn ook gebruikt om te kijken bij welke hoogte van de telefoon de SwingVision app de beste data geeft. Om dit te bepalen is gekeken naar het aantal (%) keer dat in/out/net correct geregistreerd is op een bepaalde hoogte. Hierbij wordt gekeken of de call (in/out/net) van SwingVision overeenkomt met de call van PlaySight. De 2 verschillende hoogtes die getest zijn, zijn een telefoon op een statief (ooghoogte) en een telefoon op een statief geklemd aan de balustrade op de 1^e verdieping van het nationaal trainingscentrum boven de baan (vergelijkbaar met de gemiddelde hoogte van het sporthekwerk achter een tennisbaan). Dit zijn de meest realistische hoogtes waarop de SwingVision app zal worden gebruikt in de praktijk.

De keuze is gemaakt voor de hoogte van het sporthekwerk. Naast dat deze vaker correct in/out registreerde (zie tabel 1) komt bij de telefoon op ooghoogte ook het probleem voor dat, omdat de speler richting de telefoon serveert, de bal tegen de telefoon of het statief aan kan komen waardoor deze verschuift en niet goed meer in lijn staat met de servicelijn. Naast de te bepalen hoogte van de telefoon heeft de pilot meting niet geleid tot aanpassing van de beschreven methode.

Tabel 1: aantal (%) correct in/out per geteste hoogte

Hoogte	Correct in/out/net
Sporthekwerk	92 (96%)
Ooghoogte	89 (92%)

RESULTATEN

MEETFOUT

In tabel 2 is te zien dat het niet registreren van een service bij zowel PlaySight als SwingVision voor komt. Van PlaySight was bekend dat dit probleem bestond en bij SwingVision komt het in dit onderzoek minder vaak voor. Wel is te zien dat SwingVision vaker een service registreert die niet heeft plaatsgevonden, waar dit bij PlaySight niet gebeurt.

Tabel 2: Aantal (%) meetfouten per meetsysteem tegenover totaal aantal services (N = 384)

Meetfout	Playsight	SwingVision
UnMeasured Service	20 (5,2%)	17 (4,4%)
Extra Measured* Service	0 (0%)	23 (6,0%)

*Wanneer een service wordt geregistreerd die niet heeft plaatsgevonden

CORRELATIE

In tabel 3 is te zien dat op basis van de correlatie er een zwak significant verband is tussen PlaySight en SwingVision bij het meten van de snelheid. Voor de plaatsing van de bal is voor zowel de x-coördinaat als de y-coördinaat een sterk significant verband gevonden, waarbij het verband bij de x-coördinaat als zeer sterk gezien kan worden.

Tabel 3: Correlatie tussen PlaySight (PS) en SwingVision (SV) van de snelheid van de bal (speed) en de plaatsing van de bal, bestaande uit de x-coördinaat waar de bal de grond raakt (BounceX) en de y-coördinaat waar de bal de grond raakt (BounceY).

Correlatie	R	P
Speed	0.358	< 0.01
Bounce X	0.958	< 0.01
Bounce Y	0.765	< 0.01

In tabel 4 is door middel van de intraclass correlatiecoëfficiënt de daadwerkelijke overeenkomst gekwantificeerd waar de correlatie alleen het verband laat zien tussen PlaySight en SwingVision. Er is voor snelheid naast het zwakke verband, ook een lage overeenkomst gevonden. Voor de plaatsing van de bal is voor zowel de x-coördinaat als de y-coördinaat een hoge overeenkomst gevonden, waarbij de overeenkomst bij de x-coördinaat als zeer hoog gezien kan worden.

Tabel 4: ICC tussen PS en SV van speed en plaatsing, bestaande uit BounceX en BounceY.

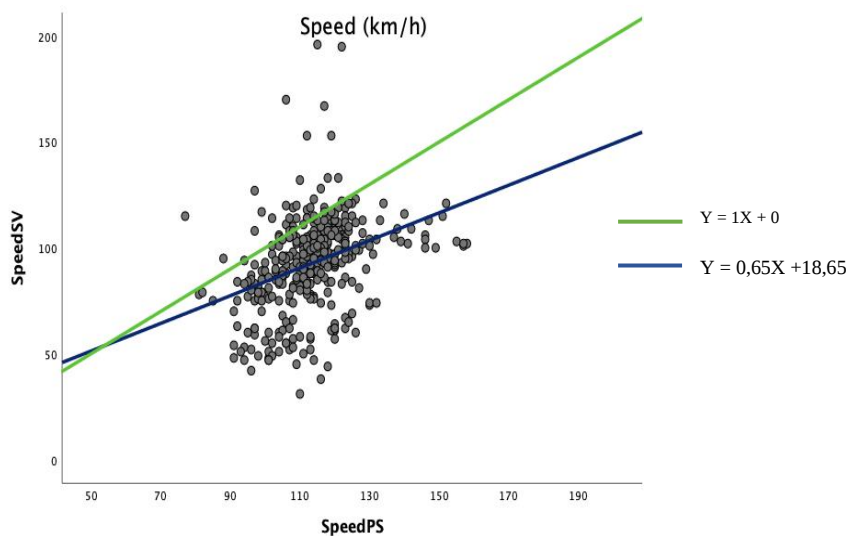
Variable	ICC
Speed	0.181
Bounce X	0.957
Bounce Y	0.728

Scatter plots

De groene lijn die te zien is in figuur 1, 2 en 3, is de lijn waar de datapunten op zouden liggen als de meetsystemen perfect overeen zouden komen. De formule voor deze lijn is: $y = 1X + 0$. De blauwe lijn in figuur 1, 2 en 3 is de werkelijke trendlijn van de data.

Snelheid

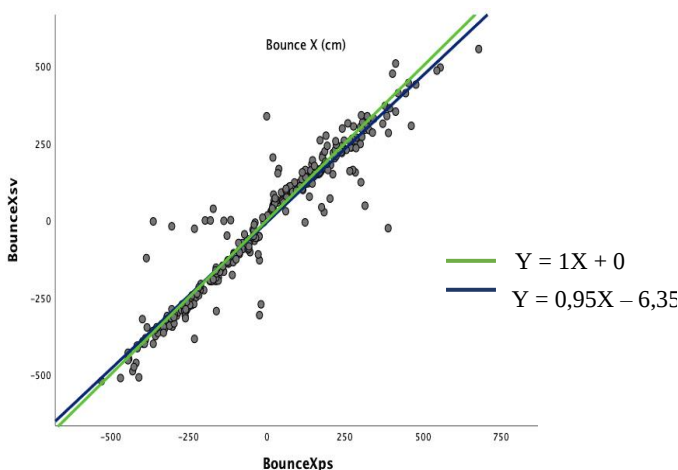
Uit de data blijkt er een zwak verband te zijn tussen de gemeten snelheid ($r = 0.358j$) van PlaySight en SwingVision. Wanneer gekeken wordt naar de trendlijn van de data is ook te zien dat deze qua positie en steilheid niet gelijkloopt aan de lijn wanneer de data perfect overeen zou komen (figuur 1). Er is geen grote spreiding van de datapunten.



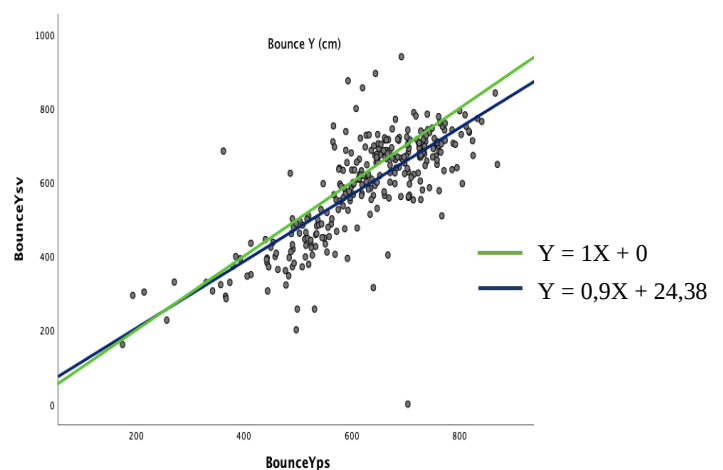
Figuur 1: Scatterplot snelheid PlaySight (x-as) vs SwingVision (y-as)

Plaatsing

Voor de plaatsing van de bal is voor zowel de x-coördinaat ($r = 0.958$) als de y-coördinaat ($r = 0.765$) een sterk significant verband gevonden, waarbij het verband bij de x-coördinaat als zeer sterk gezien kan worden. In figuur 2 en 3 is te zien dat de trendlijnen van de data qua positie en steilheid in de buurt komen van de perfecte lijn. Er is meer spreiding in de data bij BounceX dan BounceY.



Figuur 2: Scatterplot Plaatsing BounceX PlaySight (x-as) vs SwingVision (y-as). datapunten lopen over de breedte van het veld met de centerlijn als 0 punt.



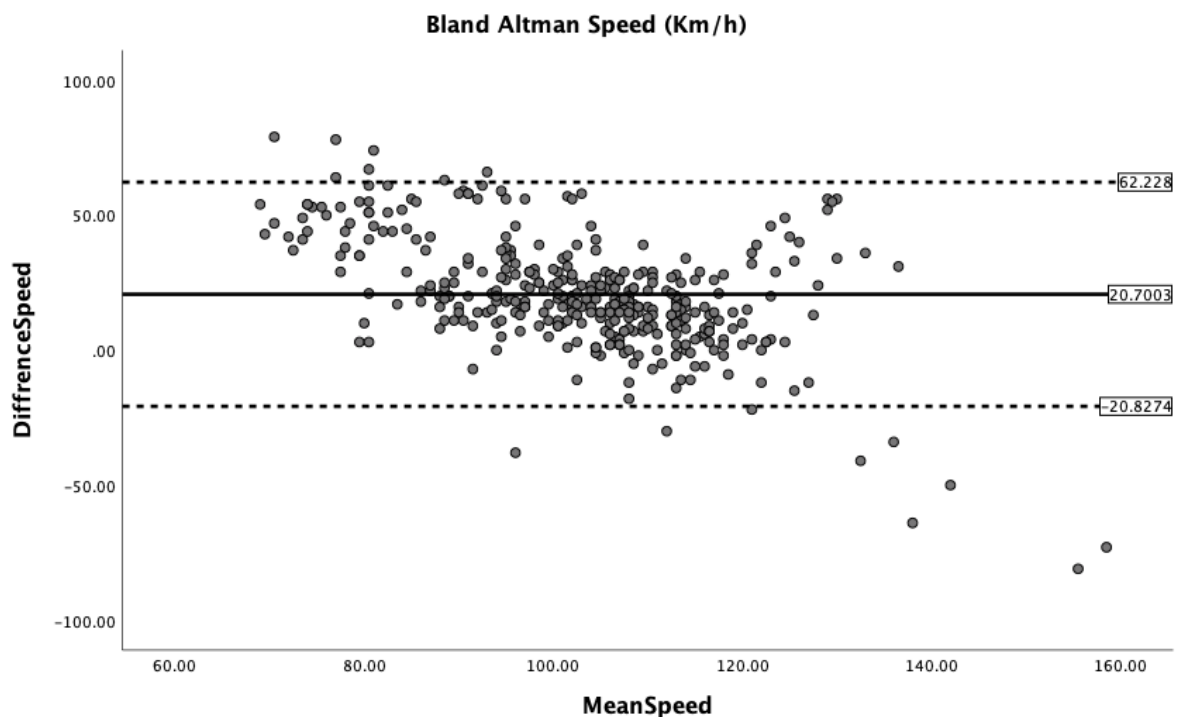
Figuur 3: Scatterplot Plaatsing BounceY PlaySight (x-as) vs SwingVision (y-as). Datapunten lopen over de lengte van het veld met de baseline als 0 punt.

BLAND ALTMAN

In de Bland Altman plots (figuur 4, 5 en 6) is het gemiddelde van 2 datapunten geplot tegen het verschil tussen deze 2 datapunten. Dit geeft een beeld over bij welke waarden er bepaalde verschillen worden gevonden.

Snelheid

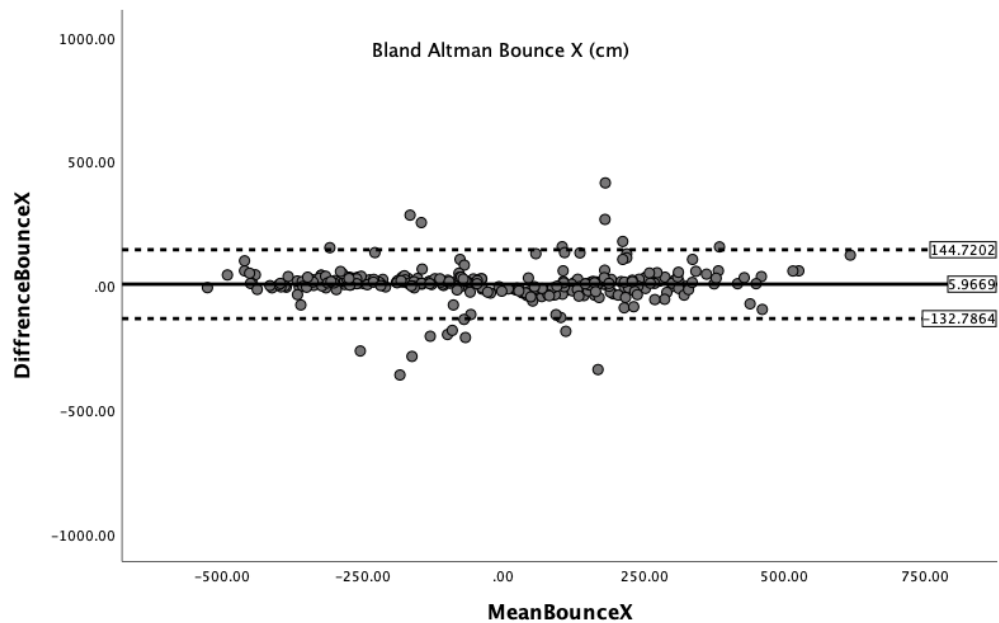
In de Bland Altman plot van snelheid (figuur 4) is te zien dat het gemiddelde verschil dat gevonden wordt 20.7 km/h is. Een negatieve trend is aanwezig in het verschil tussen de meetsystemen wanneer de snelheid hoger wordt. De datapunten liggen niet op de horizontale lijn van het gemiddelde verschil. Er worden veel grote verschillen gevonden. Hierdoor liggen de limits of agreement (LoA) ver uit elkaar ten opzichte van het gemiddelde verschil. Dit duidt op een slechte overeenkomst.



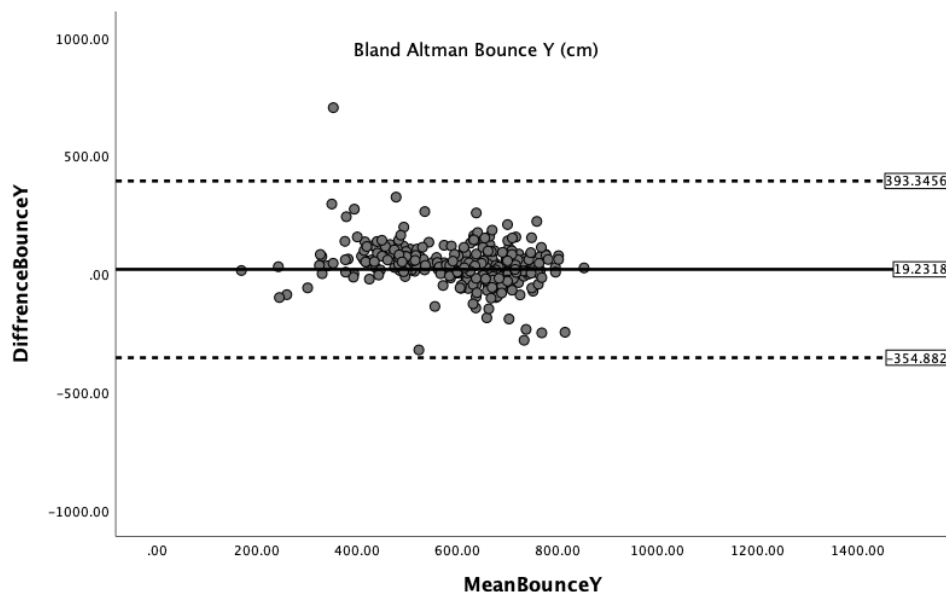
Figuur 4: Bland Altman Snelheid gemiddelde PlaySight/SwingVision (x-as) vs verschil PlaySight/SwingVision (y-as). Zwarte lijn: gemiddelde verschil. Stippellijn: LoA (+1.96SD)

Plaatsing

In de Bland Altman plots van plaatsing (figuur 5 en 6) van plaatsing is te zien dat het gemiddelde verschil bij BounceX (mean difference = 5.9669) lager is dan bij BounceY (mean difference = 19.231). Er is meer horizontale spreiding te zien in de Bland Altman plot van BounceX. De Datapunten en LoA liggen bij BounceX dichtter bij het gemiddelde verschil. Dit duidt op een betere overeenkomst van BounceX dan BounceY.



Figuur 5: Bland Altman plaatsing BounceX, gemiddelde PlaySight/SwingVision (x-as) vs verschil PlaySight/SwingVision (y-as). Zwarte lijn: gemiddeld verschil. Stippellijn: LoA (+/-1.96SD)



Figuur 6: Bland Altman plaatsing BounceY, gemiddelde PlaySight/SwingVision (x-as) vs verschil PlaySight/SwingVision (y-as). Zwarte lijn: gemiddeld verschil. Stippellijn: LoA (+/-1.96SD)

Vanuit de KNLTB was er de vraag of de SwingVision app valide is. Het doel hiervan is om de SwingVision app in te gaan zetten voor het afnemen van de servicetennistest. En wanneer blijkt dat SwingVision goed werkt, kan de app breder worden ingezet bij het analyseren van volledige tenniswedstrijden. Om te kijken of de SwingVision app bruikbaar is voor het afnemen van de servicetennistest, is onderzocht of de app valide is voor het meten van de snelheid en plaatsing van een service en is er gekeken of er services niet of extra worden geregistreerd.

Snelheid

Voor snelheid is een lage correlatie ($r = 0.358$) met een lage overeenkomst ($ICC = 0.181$) gevonden. De gemiddelde snelheid van de services in dit onderzoek ligt op 113km/h. In de Bland Altman plot is te zien dat het gemiddelde verschil ligt op 20 km/h. Dit is een verschil van 17,7%. SwingVision claimt zelf dat de snelheid nauwkeurig is binnen 10% van de werkelijkheid (Swing.Tennis, z.d.). Het gevonden verschil op basis van de resultaten van dit onderzoek is dus groter dan SwingVision claimt. Ook is er een negatieve trend te zien in het verschil tussen de meetsystemen wanneer de snelheid hoger wordt (figuur 4). Dit betekent dat het verschil dat gevonden wordt ook niet consistent wordt gemeten. Dit maakt SwingVision op het meten van snelheid onvoorspelbaar en daardoor ook niet betrouwbaar.

Omdat geen voorgaand onderzoek naar de validiteit van SwingVision op het gebied van snelheid te vinden is, is gekeken naar de ervaringen van gebruikers van de app. Op gebruikersplatformen is te vinden dat gebruikers ook ervaren dat de snelheid niet goed wordt geregistreerd (The Tennis Player's Subreddit, z.d.). Dit is in lijn met de resultaten van dit validatieonderzoek. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat SwingVision werkt op basis van een 2D analyse en PlaySight werkt op basis van een 3D analyse. Bij een 2D analyse is het lastiger om de verplaatsing in de diepte en daarmee de afgelegde afstand te bepalen (DeFroda et al, 2016).

De criteria voor het bepalen van de hoogte van de telefoon in de methode van dit onderzoek was gebaseerd op plaatsing. Het zou kunnen dat deze hoogte voor het meten van de snelheid niet de optimale hoogte was waardoor de snelheid niet goed wordt gemeten.

Plaatsing

Voor plaatsing is een hoge correlatie (BounceX: $r = 0.958$, BounceY: $r = 0.765$) met een hoge overeenkomst (BounceX: $ICC = 0.957$, BounceY: $ICC = 0.728$) gevonden. Er is een hoger gemiddeld verschil en een lagere correlatie bij de y-coördinaten (mean difference = 19,2cm) gevonden dan bij de x-coördinaten (mean difference = 6,0cm). Dit kan komen door het doel van de servicetennistest, een zo accuraat mogelijke service slaan met een hoge snelheid in verschillende richtingen. De spreiding van de y-coördinaten is hierdoor minder groot dan die van de x-coördinaten, omdat een accurate service altijd net voor de servicelijn op de grond zal komen. De lagere spreiding heeft effect op de power van de analyse. Wanneer de power minder is, is er een kans dat er een lagere correlatie wordt gevonden dan die daadwerkelijk is (Cohen, 1992). Ondanks de minder grote spreiding is er nog steeds een hoge correlatie en overeenkomst gevonden tussen PlaySight en SwingVision voor de y-coördinaten.

Bij beide Bland Altman plots is geen positieve of negatieve trend te zien. Dit betekent dat het verschil dat gevonden wordt vrij consistent is. Ondanks dat bij de y-coördinaten het verschil tussen de meetsystemen groter is wordt de overeenkomst als voldoende gezien.

Door DeFroda et al (2016) is ook gevonden dat 2D analyse goed bruikbaar is voor het analyseren van de positie van segmenten bij een honkbal pitch. Dit is vergelijkbaar met de 2D analyse bij SwingVision. In dit onderzoek is ook gevonden dat de positie van de bal goed overeenkomt tussen SwingVision en PlaySight.

Meetfout

Voor het protocol van de servicetennistest is het niet erg als af en toe een service niet wordt geregistreerd. Wanneer dit gebeurde, werd de service gelijk opnieuw gespeeld. Het missen van een service door het meetsysteem kan echter enige frustratie oproepen bij een speler wanneer deze een goede service sloeg en deze niet werd geregistreerd. Aangezien PlaySight dit probleem ook al had en het bij SwingVision 0,8% minder vaak gebeurt wordt deze meetfout van SwingVision als acceptabel gezien.

SwingVision geeft in de data 23 keer een service weer die niet plaats heeft gevonden (extra measured service). SwingVision herkende een service dan als service en als bijvoorbeeld "forehand". Omdat de "extra" service in de data van dit onderzoek altijd onder een andere slagtype (e.g. forehand, backhand) geassocieerd werd en de timestamp van de slagen zo goed als hetzelfde zijn, is het gemakkelijk om de "extra measured services" handmatig uit de data te filteren. Dit zal dus ook geen problemen opleveren voor het genereren van de resultaten van de servicetennistest. Deze meetfout van SwingVision wordt dus ook als acceptabel gezien.

VA-Index

Om de algehele kwaliteit van de service te bepalen maakt de KNLTB gebruik van de VA-Index (zie bijlage 2). Deze index bestaat uit een combinatie van de snelheid en de plaatsing van de bal. Wanneer een speler hoger scoort op de VA-index heeft deze speler een betere prestatie geleverd met de service. Wanneer de losse variabelen goed zouden worden gemeten, zou de VA-index ook moeten kloppen. Echter zien we dat de snelheid niet goed gemeten wordt, wat betekent dat de VA-index ook niet accuraat zal zijn.

Positie telefoon

Een zwak aspect van dit onderzoek is dat voor de methode de telefoon met de SwingVision app altijd op 1 vaste positie heeft gestaan. Deze positie is gebaseerd op het aantal goede lijn calls (in/out/net) en niet exact op de parameters die onderzocht zijn. Ook is er niet gekeken naar andere posities over de breedte van het veld. Voor een compleet beeld van de resultaten zal SwingVision ook moeten worden gevalideerd waarbij een telefoon zich op verschillende posities bevindt.

Advies SwingVision

Het doel van de KNLTB is het gebruiken van SwingVision voor de servicetennistest zonder het PlaySight systeem. Ook zou SwingVision breder kunnen worden ingezet wanneer deze goed werkt voor bijvoorbeeld het analyseren van volledige tenniswedstrijden. Op basis van de resultaten van dit onderzoek is de SwingVision app niet bruikbaar voor het afnemen van de servicetennistest met het huidige protocol. De snelheid van de bal wordt niet goed geregistreerd door SwingVision. Dit zou kunnen komen door de hoogte van de telefoon of door het feit dat er gebruik wordt gemaakt van een 2D analyse. Snelheid is een van de parameters voor de output van de servicetennistest, dus de output van servicetennistest zal dan niet kloppen. Als de KNLTB wel gebruik zou willen maken van de SwingVision app voor de servicetennistest zal de output op een manier moeten worden gegenereerd waar alleen wordt

gekeken naar de plaatsing van de bal. SwingVision stelt op de website constant bezig te zijn met het verbeteren van de software. Ze hebben ook aangegeven bezig te zijn met de software die de snelheid registreert (Swing.Tennis, z.d.). Wanneer deze wordt ge-update zou SwingVision opnieuw kunnen worden getest om de snelheid te valideren. Ook kan de huidige methode opnieuw worden uitgevoerd met de telefoon op verschillende posities om te kijken of dit betere resultaten geeft

Er zijn een paar features die goed lijken te werken die kunnen worden gebruikt voor bredere inzet van SwingVision. Echter zal dit nog wel moeten worden gevalideerd. In de video analyse feature verwijdert SwingVision het beeldmateriaal waar niks gebeurt tussen services of rally's uit de video. Dit kan een wedstrijd van een uur inkorten tot een video van 20 minuten waar alleen de relevante beelden in staan. Dit scheelt tijd bij het analyseren van een wedstrijd of training wat een meerwaarde kan zijn. Ook herkent SwingVision wat voor slag er geslagen wordt (e.g. forehand, backhand). Er kan dan per slag worden gekeken welke meer punten oplevert in een wedstrijd of op welke nog veel fouten worden gemaakt. In dit onderzoek is naar voren gekomen dat de plaatsing van de bal goed wordt geregistreerd. Dit is naast het gebruik van de servicetennistest ook van meerwaarde tijdens wedstrijden. Wanneer naar de plaatsing van de bal in een wedstrijd wordt gekeken kan er bijvoorbeeld gekeken worden naar verschillende slagpatronen die geslagen worden.

Het verschijnen op de markt van apps zoals SwingVision is een mooie ontwikkeling voor de tenniswereld. Waar het meten en analyseren van tennis voorheen alleen mogelijk was met dure systemen is het nu ook mogelijk om voor mensen buiten de topsportwereld meer data en informatie uit hun training en wedstrijden te halen. Alhoewel de app op het gebied van snelheid nog moet worden verbeterd, blijkt deze voor plaatsing al goed te werken. Dit kan al van meerwaarde zijn voor de gehele tenniswereld. SwingVision is constant bezig met het verbeteren van de software, waardoor dit in de toekomst alleen maar beter zal werken.

CONCLUSIE

De hoofdvraag van dit onderzoek was:

Is de SwingVision app valide in het meten van de snelheid en de plaatsing van de service?

Op basis van de verzamelde data in dit onderzoek werkt de SwingVision app goed in het bepalen van de plaatsing van de bal bij zowel de x- als y-coördinaten. De SwingVision app werkt niet goed in het meten van de snelheid van de bal bij een service. Snelheid is een onderdeel van de output van de servicetennistest. Dit maakt de SwingVision app niet bruikbaar voor het afnemen van de servicetennistest. Na een update van de app zal deze opnieuw kunnen worden gevalideerd om te kijken of de snelheid dan goed wordt geregistreerd. Er kan door de KNLTB wel gekeken worden naar een bredere inzet van SwingVision met de features waar de snelheid van de bal geen rol speelt, zoals de videoanalyse of plaatsing van de bal.

LITERATUURLIJST

- Smith, T.B. & W.G. Hopkins, *Measures of Rowing Performance*. Sports Medicine, 2012. 42(4): p. 343-358.
- Hofmijster, M.J (2016). *Innovatie in Sportprestatie*. Lectorale rede hva Amsterdam University press
- O'Donoghue, G. P., & Brown, E. (2008). *The Importance of Service in Grand Slam Singles Tennis*. International Journal of Performance Analysis in Sport, 8(3), 70–78.
<https://doi.org/10.1080/24748668.2008.11868449>
- M. Uiterwaal, E. B. C. Glerum, H. J. Busser & R. C. Van Lummel (1998) *Ambulatory monitoring of physical activity in working situations, a validation study*, Journal of Medical Engineering & Technology, 22:4, 168-172, DOI: 10.3109/03091909809032535
- Scoz, R. D., Espindola, T. R., Santiago, M. F., De Oliveira, P. R., Alves, B. M. O., Ferreira, L. M. A., & Amorim, C. F. (2021). *Validation of a 3D Camera System for Cycling Analysis*. Sensors, 21(13), 4473. <https://doi.org/10.3390/s21134473>
- Wang, B., Liu, J. Q., Liu, Y. S., & Dou, Y. (2013). *The Application of Carbon Fiber Materials in Tennis Racket*. Applied Mechanics and Materials, 473, 111–115.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.473.111>
- Özdemir, O. , Odabaş, İ. & Turan, T. (2019). *Impact of Racquet Evolution: How New Technologies Affected Tennis Players' Statistics?* Pamukkale Journal of Sport Sciences, 10 (2) , 10-16 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/psbd/issue/48585/410858>
- Stanescu, R. (2018). *The new on-court tennis software—perspectives in training process*. In Conference proceedings of» eLearning and Software for Education «(eLSE) (Vol. 3, No. 14, pp. 341-345). " Carol I" National Defence University Publishing House.
- Dijk, B., V. de Bosscher, & M. van Bottenburg, *Topsportbeleid in relatie tot prestaties*, in Rapportage Sport 2014, Tiessen-Raaphorst, red. 2015, SCP-publicaties: Den Haag. p. 224-248
- Sharma, S., Verma, S., Kumar, M., & Sharma, L. (2019, February). *Use of motion capture in 3D animation: motion capture systems, challenges, and recent trends*. In 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon) (pp. 289-294). IEEE.
- 10s: *The Tennis Player's Subreddit* (z.d.). Geraadpleegd op 17 mei 2022, van <https://www.reddit.com/r/10s/>
- DeFroda, S. F., Thigpen, C. A., & Kriz, P. K. (2016). *Two-dimensional video analysis of youth and adolescent pitching biomechanics: A tool for the common athlete*. Current Sports Medicine Reports, 15(5), 350-358.
- SwingVision Website. Geraadpleegd op 26 mei 2022, van <https://swing.tennis/>
- Cohen, J. (1992). *Statistical power analysis. Current directions in psychological science*, 1(3), 98-101.
- Aldo Hoekstra, Imbedded scientist KNLTB

BIJLAGEN

BIJLAGE 1: SERVICE TENNIS TEST

Eén rolstoeltennisser speelt twee sets van 24 services met een pauze van 1,5 minuut. De services worden om en om aan de 'Deuce' en 'AD' zijde gespeeld in sets van één eerste en één tweede service. Bij het spelen van iedere service krijgt een speler de opdracht om op 'wide', 'body' of 'T' te spelen.

DOEL VAN DE TEST

Het vaststellen van de serviceprestatie van rolstoeltennissers.

MATERIALEN

- Tennisracket
- Rolstoel
- Nieuwe tennisballen
- Tennisbaan
- PlaySight camerasysteem
- Telefoon met SwingVision
- Klemstatief met telefoon klem

VOORBEREIDING

SwingVision

- Zorg dat de SwingVision app op de telefoon staat en dat de telefoon voldoende is opgeladen en over voldoende opslag beschikt;
- Bevestig het statief d.m.v. de klem aan de reling in het midden boven de tennisbaan en plaats de telefoon in de telefoonklem;
- Ga naar "Track" in de app;
- Selecteer het "Serve Practice" programma;
- Zorg dat de rode lijn die zichtbaar wordt in het scherm goed in lijn staat met de servicelijn.

PlaySight

- Start PlaySight op en log in;
- Selecteer de groepssessie;
- Kies voor rolstoeltennis en kies de speler;
- Start PlaySight;

Algemeen

- De speler krijgt nu 2 minuten de tijd om in te serveren. Als de speler eerder het gevoel heeft er klaar voor te zijn, mag hij/zij dit aangeven;
- Herstart PlaySight;
- Start SwingVision
- Houd tijdens de test bij welke services 'Let' zijn of opnieuw gespeeld worden!
Wanneer een service niet wordt geregistreerd door playsight wordt deze opnieuw gespeeld

TESTPROTOCOL

1. Zorg dat de speler met alle benodigdheden klaar staat aan de Deuce zijde;
2. Geef de speler instructie dat hij aan iedere zijde een eerste en een tweede service uitvoert;
3. Start PlaySight en SwingVision;
4. De speler maakt een eerste service met daarbij de eerste opdracht zoals in figuur 2 is weergegeven;
5. De speler maakt aan dezelfde kant een tweede service met daarbij de tweede opdracht zoals in figuur 2 is weergegeven;
6. Laat de speler van zijde wisselen;
7. De speler maakt een eerste service met daarbij de volgende opdracht zoals in figuur 2 is weergegeven;
8. De speler maakt aan dezelfde kant een tweede service met daarbij de volgende opdracht zoals in figuur 2 is weergegeven;
9. Herhaal stap 6 t/m 8 tot er 24 goede services zijn gespeeld;
10. De speler heeft nu 90 seconden rust;
11. Zorg dat de speler met alle benodigdheden klaar staat aan de Deuce zijde;
12. De stappen 6 t/m 8 worden weer herhaald tot er 48 goede services zijn uitgevoerd.
13. Stop Playsight en SwingVision

		First serve				Second serve									
1	Deuce	T		2	Deuce	Wide		25	Deuce	Wide		26	Deuce	T	
3	AD	Body		4	AD	Body		27	AD	T		28	AD	Wide	
5	Deuce	Body		6	Deuce	T		29	Deuce	Body		30	Deuce	Wide	
7	AD	Body		8	AD	Wide		31	AD	Body		32	AD	T	
9	Deuce	Body		10	Deuce	Wide		33	Deuce	T		34	Deuce	T	
11	AD	Wide		12	AD	Wide		35	AD	Body		36	AD	Body	
13	Deuce	T		14	Deuce	Wide		37	Deuce	Body		38	Deuce	Body	
15	AD	T		16	AD	Body		39	AD	Wide		40	AD	T	
17	Deuce	Wide		18	Deuce	Body		41	Deuce	Wide		42	Deuce	T	
19	AD	T		20	AD	Body		43	AD	Wide		44	AD	T	
21	Deuce	Wide		22	Deuce	Body		45	Deuce	T		46	Deuce	Body	
23	AD	T		24	AD	T		47	AD	Wide		48	AD	Wide	

Figuur 1: Instructies per service bij de servicetennistest.

VOORWAARDEN

Netservices die als eerst de grond raken in het juiste servicevak, worden opnieuw gespeeld (let). (Net)services die na het spelen van de bal buiten het juiste servicevak als eerst de grond raken, worden niet opnieuw gespeeld en worden gezien als ‘goede’ service. Een ‘goede’ service buiten het servicevak krijgt een score van nul en telt mee in de puntentelling.

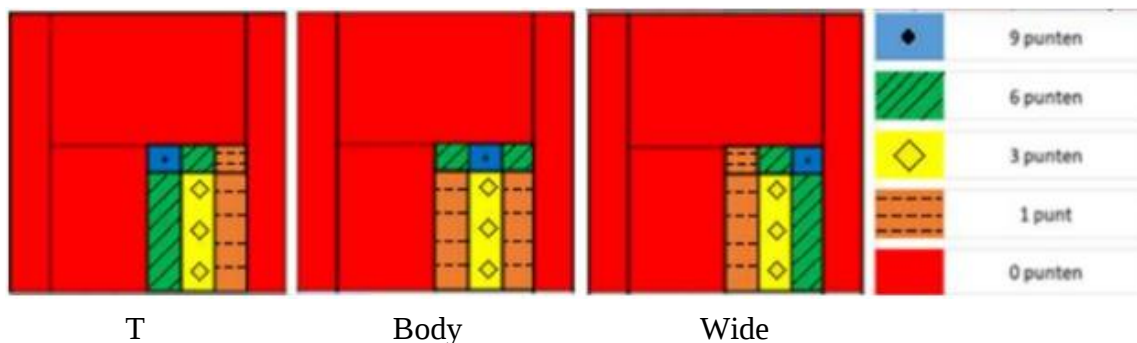
BIJLAGE 2: VA-INDEX

De VA-Index geeft een indicatie over de algehele kwaliteit van de service. Wanneer men hoger scoort op de VA-index zijn er over het algemeen betere services geslagen tijdens de servicetennistest. De VA-index volgt uit vergelijking 1.

$$\text{Snelheid plaatsing index} = \frac{\text{snelheid}^2}{100} \cdot \frac{\text{aantal behaalde punten}}{\text{aantal slagen} \cdot 9}$$

Vergelijking 1: VA-index

Het aantal behaalde punten in de VA-index wordt toegekend op de volgende manier. Het PlaySight systeem registreert de x-en y-coördinaten van waar de bal precies de grond raakt. Deze coördinaten worden vervolgens dmv een python script toegewezen aan een aantal punten volgens het scoreformulier in afbeelding 6. Tijdens de servicetennistest wordt gevraagd om op de T, Body of Wide te serveren. Hierbij is de T de kruising tussen de centerlijn en de servicelijn. Body is het midden van het servicevak zo dicht mogelijk bij de servicelijn. Wide is de buitenkant van het servicevak zo dicht mogelijk tegen de servicelijn.



Afbeelding 6: scoreformulier nauwkeurigheid