

## De psychologie van bewegingen GPS-technologie voor de analyse van natuurlijk gedrag

Dr. ir. Peter W. de Vries  
Universitair docent  
Universiteit Twente

Benjamin Ziepert, BSc.  
Masterstudent  
Universiteit Twente

&

Dr. Elze G. Ufkes  
Universitair docent  
Universiteit Twente

Aantal woorden: 2466

Correspondentieauteur:  
Peter W. de Vries  
Universiteit Twente  
Faculteit Gedrags-, Management- & Maatschappijwetenschappen  
Vakgroep Psychologie van Conflict, Risico & Veiligheid  
Drienerlolaan 5  
Postbus 217, 7500 AE Enschede  
tel.: + 31 53 489 4088  
P.W.deVries@utwente.nl

Bewegingen van mensen volgen in hun eigen, natuurlijke omgeving? Gedragspatronen ontdekken die het mogelijk maken gedrag van mensen in menigten of openbare ruimtes beter te kunnen interpreteren? Techniek maakt het wellicht mogelijk. Door *location-based* technologie is het mogelijk het gedrag van individuen tamelijk nauwkeurig vast te leggen. Niet alleen is daaruit op te maken welke route ze precies hebben afgelegd, maar ook hoe snel ze dat hebben gedaan en of ze het gezelschap van anderen vermijden of juist opzoeken. Allemaal aspecten van gedrag die psychologen wellicht iets kunnen vertellen over het handelen, denken en voelen van mensen. En misschien ook of ze iets te verbergen hebben.

De conventionele gereedschapskist van psychologen kent zijn beperkingen. Denk bijvoorbeeld aan sociaalwenselijk antwoorden of de neiging tot consistentie in het geven van antwoorden die zelfrapportages vertekenen, of de tijd en moeite die geïnvesteerd moet worden wanneer daadwerkelijk gedrag geobserveerd wordt. Gelukkig wordt de gereedschapskist steeds verder uitgebreid. Psychologen aan de Universiteit Twente hebben zich tot doel gesteld om te onderzoeken in hoeverre technologie ingezet kan worden voor psychologisch onderzoek. In dit artikel richten we ons op *location-based* technologie, waarvan GPS-technologie een specifiek voorbeeld is.

Onderzoek op basis van locatiegegevens heeft brede toepasbaarheid. Niet alleen is iedere smartphone in principe in staat is GPS-signalen vast te leggen, ook is op andere wijze locatiebepaling in een praktijksetting

mogelijk. Zo kunnen locatiegegevens ook verkregen worden met behulp van bijvoorbeeld WiFi-sniffers, Bluetooth-sensoren en afstandsbepalingen tot GSM-masten. Ook op basis van het combineren van camerabeelden zijn locatiegegevens te berekenen. Dit maakt het in principe mogelijk om het gedrag van mensen vast te leggen terwijl ze zich bewegen in realistische omgevingen, en zonder dat ze zich daarvan bewust zijn.

“Observatie” van gedrag door middel van GPS-ontvangers of andere plaatsbepalingsmiddelen legt iedere beweging, bewust of onbewust, vast met vooraf bepaalde precisie en frequentie. Daarnaast stelt het gedragsonderzoekers in staat menselijk gedrag in het “vrije veld” te bestuderen en dit te doen over langere tijdsperiodes dan gebruikelijk bij conventionele studies. Tot slot is het niet direct aan interpretatie onderhevig en kunnen allerlei berekeningen worden losgelaten op de verzamelde gegevens. Variabelen als gemiddelde snelheid, veranderlijkheid van de bewegingsrichting, afstand tot anderen, etc., zouden een aanvulling kunnen bieden voor een variëteit aan psychologisch onderzoek.

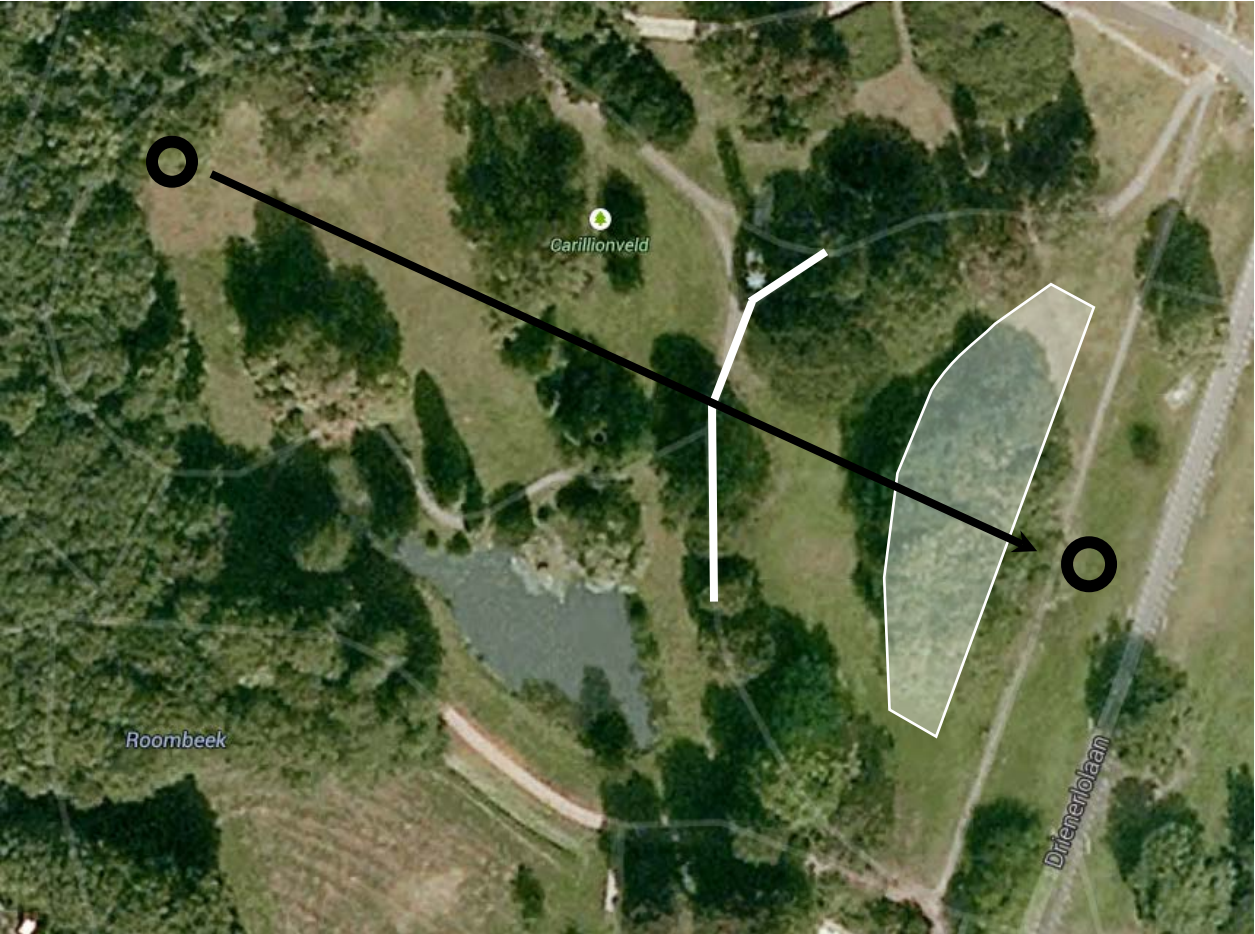
Tot nu toe beperkt onderzoek met GPS-ontvangers zich vooral tot het vastleggen van afgelegde routes en bezochte locaties (zie bijvoorbeeld Krenn, Titze, Oja, Jones, & Ogilvie, 2011; Vazquez-Prokopec et al., 2013). Een uitzondering daarop is het onderzoek van Kjærgaard et al. (2013); specifieke gedragingen van voetgangers konden zij in verband brengen met de mate waarin deze voetgangers leiderschap vertoonden. In het algemeen, echter, blijkt gedragswetenschappelijk onderzoek waarbij gebruik wordt gemaakt van locatiegegevens beperkt tot geografische visualisatie en kwalitatieve interpretatie ervan. Wat de psychologische factoren zijn die aanleiding geven tot dergelijk gedrag, wordt in dit onderzoek echter niet belicht. De vragen die we daarom willen beantwoorden zijn a) Is het mogelijk op basis van locatiegegevens bewegings- en strategieveranderingen waar te nemen? b) corresponderen specifieke gedragsaspecten met zelfgerapporteerde cognities en emoties?

### **Het onderzoek**

Negenenzestig studenten van de Bacheloropleiding Psychologie aan de Universiteit Twente (UT) namen aan deze studie deel (47 vrouwen, 22 mannen, gemiddelde leeftijd 21 jaar). Centraal in de studie stond een smokkelspel. Zes studenten werden aangewezen als douanier, en de rest was smokkelaar. De smokkelaars moesten zoveel mogelijk legaal (kaarten met “bloem”) en illegaal materiaal (kaarten met “cocaïne”) naar een afleverpunt transporteren; douaniers konden hen daarbij onderscheppen in het grensgebied (zie Figuur 1).

Smokkelaars werkten in teams van vijf à zes, en douaniers individueel; zowel de smokkelteams als de douaniers moesten zoveel mogelijk punten behalen. Voorafgaand aan ieder van de vier rondes kreeg elke groep vier “legale” bloemkaarten en twee “illegale” cocaïnekaarten uitgedeeld. Succesvol smokkelen van een bloemkaart door het grensgebied leverde 1 punt op voor de smokkelaar; een cocaïnekaart leverde 10 punten op. Het onderscheppen van een bloemkaart leverde de betreffende douanier een punt aftrek op, en een cocaïnekaart 10 punten winst. Individuele douaniers en de smokkelteams maakten kans om met de behaalde punten een prijs te winnen (2 bioscoopkaarten per persoon).

Alle deelnemers droegen een GPS-ontvanger om hun nek; deze registreerde eens per seconde lengte- en breedtegraden. Naderhand werd uit deze gegevens een aantal gedragsvariabelen berekend, te weten Richting (d.w.z. de kompasrichting gemiddeld per seconde), Afwijking richting (standaarddeviatie van de variabele Richting), Afwijking kortste route (gemiddeld aantal meters afwijking van de lijn tussen start en finish), Snelheid (in m/s), Afwijking snelheid (standaarddeviatie), Intergroepsafstand (gemiddelde afstand tussen groepsleden onderling in meters), CPA (Closest Point of Approach; kleinste afstand tussen smokkelaar en douaniers in meters), Afstand tot douaniers (gemiddelde afstand tussen smokkelaars en douaniers in meters), en Afgelegde afstand (totaal aantal meters afgelegd van start naar finish).



**Figuur 1: De locatie** op de universiteitscampus waar de studie plaatsvond (bron: Google Earth); de twee cirkels geven de start (links) en de finish (rechts) aan. De witte lijn geeft aan waar de douaniers zichtbaar werden voor de smokkelaars; het doorschijnende witte gebied is het grensgebied waar smokkelaars konden worden aangehouden.

Het veld waarop de studie plaatsvond was ongeveer 200 m bij 100 m (zie Figuur 1). Op ongeveer twee derde van de route moesten smokkelaars een verhoogd fietspad oversteken. De smokkelaars zagen de douaniers pas wanneer ze zich hier bevonden. Omdat ervan uit is gegaan dat aanwezigheid van douaniers pas voorbij deze lijn een invloed heeft gehad op de smokkelaars, is in de analyses onderscheid gemaakt tussen het traject vóór deze verhoging (douaniers niet zichtbaar) en erna (douaniers zichtbaar). Dit betreft alle variabelen, behalve CPA, Afstand tot Douaniers, en Afgelegde afstand. Figuur 2 toont de ruwe GPS-gegevens en de bewerking daarvan.



**Figuur 2:** De bewegingen van alle deelnemers gedurende de studie (links) en vier routes van een van de deelnemers (rechts)(Bron: Google Earth).

Na iedere ronde werd een vragenlijst afgenomen; hierin werd gevraagd aan te geven in hoeverre men ...

- ervoer zelf de aandacht van de douanier te hebben (Zelf als Doel, 5 items,  $\alpha = 0,890$ )
- ervoer dat een ander de aandacht van de douanier had (Ander als Doel, 3 items,  $\alpha = 0,792$ );
- schrok bij het zien van douaniers (Angst, 4 items,  $\alpha = 0,844$ );
- geprobeerde ontspannen over te komen (Spanning Verbergen, 5 items,  $\alpha = 0,907$ );
- gedrag veranderde bij het zien van douaniers (Gedragverandering, 2 items,  $r = 0,623$ );
- gespannen was door aanwezigheid van douaniers (Stress door Aanwezigheid Douanier, 4 items,  $\alpha = 0,855$ );
- douaniers wilde ontlopen (Impuls, 5 items,  $\alpha = 0,830$ );
- had nagedacht of eigen gedrag verdacht overkwam (Reflectie, 3 items,  $\alpha = 0,765$ );
- zich bewust was van eigen gedrag, omgeving, en emoties (Situatieel Zelfbewustzijn, 4 items,  $\alpha = 0,870$ ); en
- het gevoel had iets te doen wat niet mocht (Ervaring van *Hostile Intent*, 3 items,  $\alpha = 0,832$ ).

## Resultaten

Om een antwoord te krijgen op de vraag of gedrag van deelnemers afhankelijk was van *Hostile Intent* (d.w.z het vervoeren van “cocaine” versus “bloem”) en de zichtbaarheid van douaniers, werd een multivariate variantieanalyse (dus over alle afhankelijke variabelen tezamen) voor herhaalde metingen uitgevoerd, met *Hostile Intent* als tussen-proefpersonenfactor, en Zichtbaarheid van douaniers als binnen-proefpersonenfactor. De afhankelijke variabelen waren Richting, Afwijking richting, Afwijking kortste route, Snelheid, Afwijking snelheid, en Intergroepsafstand.

Over alle afhankelijke variabelen heen bleek *Hostile Intent* geen effect te hebben ( $F = 1,16$ , *ns.*). Voor de zichtbaarheid van douaniers bleek dat echter wel het geval te zijn ( $F(6, 229) = 657,23$ , Wilk's Lambda = 0,06,  $p < 0,01$ ); één of meer afhankelijke variabelen liet dus verschillen tussen wanneer de douanier zichtbaar en niet zichtbaar waren. Om na te gaan voor welke afhankelijke variabelen dit daadwerkelijk gold, werden de afhankelijke variabelen vervolgens afzonderlijk geanalyseerd. Daaruit bleken er verschillen te zijn voor alle gedragsvariabelen, behalve Afwijking snelheid; wanneer douaniers zichtbaar waren (vergeleken met wanneer ze dat niet waren), ging de Richting van gemiddeld 108,08 naar 100,23 graden, werd de gemiddelde afwijking van die richting hoger (Afwijking richting van 24,99 naar 32,05), ging men meer van de kortste route afwijken (Afwijking kortste route van 13,49 naar 42,38 meter), gingen deelnemers wat langzamer lopen (Snelheid van 1,33 naar 1,29 m/s), en ging men meer afstand houden tot groepsleden (Intergroepsafstand van 7,43 naar 11,85 m).

Het effect van douanier zichtbaarheid op gedrag bleek niet af te hangen van *Hostile Intent*, getuige een niet-significant interactie-effect ( $F = 1,23, ns.$ ). Misschien was deze manipulatie te zwak om het effect van douanier zichtbaarheid te beïnvloeden; een andere verklaring is dat de smokkelopdracht als een groepsopdracht werd opgevat, waardoor iedereen een zekere mate van *Hostile Intent* ervoer. Hoewel er geen effect was van *Hostile Intent*, kan uit deze resultaten wel worden geconcludeerd dat uit GPS-coördinaten gedragsvariabelen gedestilleerd kunnen worden waarmee gedragsveranderingen aangetoond kunnen worden – in deze context althans.

Om te onderzoeken of de gedragsvariabelen corresponderen met zelfgerapporteerde variabelen, zijn correlaties uitgevoerd. In Tabel 1 zijn deze weergegeven.

**Tabel 1**

Correlaties van gedragsvariabelen met zelfgerapporteerde variabelen, over drie dataverzamelingenronde; significante correlaties zijn gearceerd.

	Douaniers zichtbaar?	Zelf als Doel	Ander als Doel	Angst	Spanning Verbergen	Fysieke Verandering	Stress door Aanwezigheid Douanier	Impuls	Reflectie	Situationeel Zelfbewustzijn	Ervaring van <i>Hostile Intent</i>
Richting	Nee	0,19*	-0,10	-0,03	-0,09	0,00	-0,00	0,09	0,05	-0,03	-0,01
	Ja	-0,15*	0,03	-0,13	-0,04	-0,04	-0,13	-0,21**	-0,15*	-0,15*	-0,20**
Afwijking richting	Nee	-0,11	0,10	0,02	0,00	-0,06	0,03	-0,04	-0,11	-0,05	-0,03
	Ja	0,13	-0,08	0,18*	0,06	0,03	0,21**	0,36**	0,13	0,21**	0,22**
Afwijking kortste route	Nee	-0,22**	0,04	0,07	0,15*	0,08	0,08	-0,02	0,13	0,14	0,07
	Ja	-0,06	-0,06	0,11	0,16*	0,10	0,14	0,08	0,15*	0,06	0,12
Snelheid	Nee	0,20**	-0,06	0,03	-0,03	0,09	0,03	0,19*	0,09	-0,02	0,03
	Ja	-0,15*	0,19*	-0,01	-0,13	0,23**	-0,12	-0,10	0,02	-0,02	-0,04
Afwijking snelheid	Nee	-0,08	0,09	0,16*	0,10	0,07	0,07	0,00	0,04	0,05	0,13
	Ja	0,02	0,04	0,13	0,08	0,07	0,08	0,03	0,10	0,12	0,17*
Intergroepsafstand	Nee	0,04	0,06	-0,05	-0,08	-0,03	-0,08	-0,02	0,02	-0,06	-0,01
	Ja	0,17*	0,10	-0,05	-0,12	0,04	-0,05	-0,02	0,00	0,02	0,02
CPA		-0,10	0,01	-0,02	-0,09	-0,02	-0,06	0,00	-0,02	-0,08	0,02
Afstand tot douaniers	Ja	-0,14	0,22**	-0,12	-0,09	0,06	-0,16*	-0,14	0,00	-0,09	-0,09
Afgelegde afstand	-	-0,15*	0,19*	-0,01	-0,13	0,22**	-0,12	-0,10	0,02	-0,02	-0,04

\* < 0,05; \*\* < 0,01

Uit de tabel blijkt lage maar significante samenhang tussen een aantal zelfgerapporteerde variabelen en gedragsaspecten. Hoewel hierboven geen verband werd gevonden tussen daadwerkelijk vervoeren van cocaïne- of bloemkaarten, blijkt de zelfgerapporteerde Ervaring van *Hostile Intent* wel degelijk te correleren met een aantal gedragsvariabelen, zoals Richting (bij aanwezigheid van douaniers), de Afwijking richting (douaniers aanwezig), en Afwijking snelheid (douaniers aanwezig). De ervaring zelf doelwit te zijn van de aandacht van de douanier (Zelf als Doel) correleert met de meeste gedragsvariabelen. Opvallend



daarbij is dat deze variabele positief samenhangt met Richting wanneer douaniers afwezig zijn, en negatief wanneer ze aanwezig zijn; evenzo voor Snelheid.

Zoals verwacht manifesteren deze relaties zich vooral op de gedragsvariabelen die betrekking hebben op de directe aanwezigheid van douaniers.

### **Conclusies**

Deze exploratieve studie had als doel te laten zien dat gedrag zoals geregistreerd door *location-based* technologie inzicht kan bieden in psychologische variabelen. De resultaten suggereren dat het mogelijk is uit GPS-coördinaten gedragsaspecten te destilleren die beïnvloed worden door omgevingskenmerken, zoals aanwezigheid van douaniers. Daarbij blijken deze gedragsvariabelen verband te houden met psychologische variabelen, zoals het gevoel hebben in de gaten te worden gehouden. Het extraheren van gedragsaspecten uit GPS-data door gebruik van *location-based* technologie kan daarmee een toevoeging bieden aan psychologisch en gedragswetenschappelijk onderzoek. Dit onderzoek richtte zich op variabelen als variabiliteit van snelheid en richting, en intergroepsafstand. Wellicht zet dit onderzoekers ertoe aan om op zoek te gaan naar andere psychologisch bruikbare variabelen die eveneens te destilleren zijn uit GPS.

GPS-technologie is hier gekozen als methode ter observatie van mensen die zich vrij door een beschikbare ruimte bewegen. Dit moet echter worden opgevat als representatief voor alle technologie die het mogelijk maakt locaties van individuen te bepalen. Ook RFID-chips, Bluetooth, WiFi en *computer vision* technieken (zoals het analyseren van gecombineerde camerabeelden) vallen hier onder; een aantal van deze technologieën maken het daarnaast mogelijk individuen te volgen zonder dat ze zich daarvan bewust zijn.

Een betere interpretatie van gedrag op basis van specifieke gedragsaspecten zou het bijvoorbeeld mogelijk kunnen maken om het gedrag van mensen vast te leggen en te interpreteren terwijl ze zich bewegen in realistische omgevingen, buiten het laboratorium. Dat zou een nuttige bijdrage kunnen leveren aan onderzoek dat zich richt op de inrichting van omgevingen om de goede doorstroom van mensen te bevorderen. Of het nu gaat om bezoekersstromen op festivals of drommen toeristen in binnensteden, het is van belang te onderzoeken in hoeverre sturende interventies die zijn aangebracht in de omgeving (zoals matrixborden, informatieborden, en hekken) effectief zijn. Meer inzicht in de psychologische factoren door preciezer meten van gedrag zou daarbij van belang kunnen zijn. Hetzelfde geldt voor gedrag van mensen in noodsituaties waarbij een ruimte of gebied ontruimd moet worden. Sime (1995), bijvoorbeeld, suggereerde dat tweederde van de tijd die mensen nodig hebben om na een noodalarm veilig buiten te komen voor rekening komt van psychologische factoren. Variabelen als bewustwording van gevaar, het staken van bezigheden en contact zoeken met anderen spelen daarbij een belangrijke rol. Hij baseerde dat op o.m. interviews met mensen die bijvoorbeeld een brand in een discotheek hadden meegemaakt. Het is de vraag in hoeverre dit een reëel beeld geeft van de werkelijkheid. Vertekeningen door selectieve waarneming en het simpelweg vergeten zouden allemaal een rol kunnen spelen. Het nauwkeurig vastleggen van bewegingen van mensen, bijvoorbeeld door gebruik te maken van signalen van mobiele telefoons zou helderheid kunnen verschaffen over het stadium waarin mensen verkeren voordat ze daadwerkelijk een ruimte gaan verlaten. Hierop zouden vervolgens effectieve interventies ontwikkeld kunnen worden om evacuatie-tijd aanzienlijk te bekorten.

Vervolgonderzoek zou zich moeten richten op het verder exploreren en verstevigen van verbanden tussen gedrag enerzijds en cognities en emoties anderzijds, en het identificeren van psychologische mechanismen die deze samenhang verklaart. Hopelijk levert dit nieuwe inzichten op die een hulpmiddel kunnen zijn om in meer realistische situaties gedrag van mensen te kunnen interpreteren.

## Literatuur

- Kjærgaard, M. B., Blunck, H., Wüstenberg, M., Grønbæk, K., Wirz, M., Roggen, D., & Tröster, G. (2013). *Time-lag method for detecting following and leadership behavior of pedestrians from mobile sensing data*. Paper presented at the 2013 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom 2013.
- Krenn, P. J., Titze, S., Oja, P., Jones, A., & Ogilvie, D. (2011). Use of global positioning systems to study physical activity and the environment: A systematic review. *American Journal of Preventive Medicine*, *41*(5), 508-515. doi:10.1016/j.amepre.2011.06.046
- Sime, J. D. (1995). Crowd psychology and engineering. *Safety Science*, *21*(1), 1-14. doi:10.1016/0925-7535(96)81011-3
- Vazquez-Prokopec, G. M., Bisanzio, D., Stoddard, S. T., Paz-Soldan, V., Morrison, A. C., Elder, J. P., . . . Kitron, U. (2013). Using GPS Technology to Quantify Human Mobility, Dynamic Contacts and Infectious Disease Dynamics in a Resource-Poor Urban Environment. *PLoS ONE*, *8*(4). doi:10.1371/journal.pone.0058802