

University of Groningen

## Understanding crowd behaviour

Wijermans, Ferdinanda Elfrida Hubertina

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2011

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Wijermans, F. E. H. (2011). *Understanding crowd behaviour: simulating situated individuals*. University of Groningen, SOM research school.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

**Take-down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*

---

# Samenvatting

Dit proefschrift richt zich op het beantwoorden van de centrale onderzoeksvraag:

Welke mechanismen liggen ten grondslag aan gedragspatronen in menigten?

Als eerste stap om een verklaring te vinden voor de mechanismen die ten grondslag liggen aan gedragspatronen, is de literatuur bestudeerd (hoofdstuk 2). Er is veel literatuur waarin het gedrag van menigten vanuit een praktisch perspectief worden beschreven. Het handelen van praktijkmensen is vooral ervaring gedreven en zij handelen zelden op basis van recent onderzoek naar menige gedrag. Anderzijds, voorziet huidig menigte onderzoek niet in de (systematische) kennis die praktijkmensen nu nodig hebben. Modern menigte onderzoek voorziet in empirisch gebaseerde beschrijvingen van gedrag in menigten. Deze studies identificeren een aantal invloed factoren die als relevant gezien worden voor menigte gedrag (e.g. dichtheid, machtsstructuur). Echter, verklaringen die beschrijven *waarom* en *hoe* deze factoren hun verwachte effect hebben zijn zeldzaam. De verklaringen die gegeven worden zijn alleen toepasbaar in specifieke typen van situaties, de nadruk ligt vooral op het verklaren van verstoringen van de openbare orde en calamiteiten. Waar openbare orde onderzoek vooral verklaringen zoekt in de sociale context, zoekt calamiteitenonderzoek vooral verklaringen in de fysieke context. Toch kunnen er drie algemene inzichten geformuleerd worden vanuit modern menigte onderzoek:

- Menigte gedrag wordt gegenereerd door individuen, dat wil zeggen dat agency plaatsvindt op individu niveau (en niet op groepsniveau).
- Menigte gedrag is context afhankelijk (waarbij context zowel de fysieke als de sociale omgeving omvat).
- Menigte gedrag is dynamisch: er bestaat een continue interactie tussen individuen en omgeving in de tijd.

Gegeven deze inzichten is het opvallend dat de bestaande verklaringen geen rekening houden met de manier waarop individuen informatie verwerken en gedrag kiezen. Als gevolg daarvan zijn er nauwelijks verwijzingen naar theorieën uit de cognitieve wetenschappen in menigte onderzoek te vinden.

Op grond van de huidige staat van kennis en het feit dat het niet mogelijk is gecontroleerde experimenten met menigtes uit te voeren, zijn er twee onderzoeksbehoeften gedefinieerd: Allereerst, de behoefte aan een theoretisch model dat recht doet aan de dynamische wisselwerking tussen individuen en hun omgeving en ten tweede, de

behoefte aan een methode die het mogelijk maakt om deze theorie te toetsen. De ontwikkeling van het menigte model CROSS belichaamt deze twee onderzoeksbehoeften. CROSS representeert een theorie van menigte gedrag en onderzoekt deze theorie vervolgens in simulatie experimenten.

CROSS is ontwikkeld met een geïntegreerde, multi-level en gesitueerde benadering. Het model is geïntegreerd: relevante kennis vanuit de sociale en cognitieve wetenschappen is samen gevoegd in een raamwerk. Het model heeft meerdere niveaus: het groep niveau waarop gedragspatronen zichtbaar worden, het individu niveau waarop gedrag gegenereerd wordt en het cognitieve niveau waar gedrag beïnvloed wordt. Het model is gesitueerd omdat individuen *embodied* (het fysieke aspect van het hebben van een lichaam) en *embedded* (de mentale staat gerelateerd aan de huidige context en ervaring) zijn. CROSS is daarmee gebaseerd op de drie hoofdinzichten van het moderne menigte onderzoek en zet een stap verder door gedrag op het cognitieve niveau te beschrijven. Het cognitieve niveau geeft de visie van individuen als menselijke informatie verwerkende systeem weer (cognitieve systemen) (hoofdstuk 3). Deze geïntegreerde, multi-level en gesitueerde benadering van CROSS leidt tot gedetailleerde verklaringen. Het dwingt ook explicitering af zodra theorieën en ideeën in het model opgenomen worden en dat maakt ze concreter en preciezer. Het model vereist een specificatie van menigte gedrag inclusief de wijze waarop het gedrag van een individu is beïnvloed en gegenereerd wordt; een specificatie van wat het betekent om een lichaam te hebben en *embedded* te zijn; wat het betekent om geplaatst te zijn in een fysieke en sociale context; en tenslotte, een specificatie van hoe dit alles over de tijd verloopt. Overigens, het model maakt het mogelijk een willekeurig aantal additionele factoren, ideeën en theorieën die als relevant beschouwd worden toe te voegen. Op deze manier faciliteert het model een multi-disciplinair en integratieve aanpak.

Om het model te testen en het ontstaan van gedragspatronen te bestuderen is gekozen voor simulatie als methode. Simulatie voorziet in experimentele vrijheid alsmede de striktheid van een wetenschappelijke structuur, precies wat menigte onderzoek nodig heeft. Bestaande modellen konden niet worden gebruikt omdat zij of te eenvoudig waren om generiek menigte gedrag te kunnen weergeven, of een focus hadden dat specifiek op een bepaald type gedrag gericht was, of ze hielden geen rekening met de moderne fundamenteën van menigte onderzoek. Multi-agent systemen is gekozen als aanpak om CROSS computationeel te representeren. Multi-agent systemen maakt het mogelijk de benodigde elementen mee te nemen om menigte gedrag te simuleren: de meerdere niveaus, de rijkheid van het individu niveau, de rol van context en het dynamische aspect. Om in staat te zijn om experimenten uit te voeren, is het theoretische model geformaliseerd in een computationeel model. Voor deze stap moet elk concept en elke relatie gedefinieerd worden in voor een computer interpreteerbare variabele of methode. Formalisatie is een belangrijke stap die het gebruik van bestaande kennis of data en een creatieve aanpak vergen om de overgang van idee naar code te verwezenlijken. In die overgang spelen analogie, intuïtie en de expertise van anderen een rol, maar deze hebben ieder hun valkuilen. Om in staat te zijn om nieuwe gebieden te verkennen zijn testen (verificatie en validatie) van cruciaal belang, omdat zij aangeven wat de sterke en zwakke punten van een model zijn en dus hoe geloofwaardig de uitkomsten zijn (hoofdstuk 4 en 5).

---

Twee experimenten zijn uitgevoerd met CROSS om meer begrip te krijgen van gedrags patronen in menigten. Specifiek zijn deze experimenten gericht op de relatie tussen een factor en gedragsclustering, i.e. een patroon waarbij mensen in elkaars nabijheid hetzelfde gedrag vertonen. Het eerste experiment verkent het effect van een fysieke factor (hier: dichtheid) op gedragsclustering en het tweede experiment verkende het effect van een sociale factor (hier: leiderschap) op gedragsclustering. Bij het interpreteren van de resultaten is het belangrijk om te realiseren dat de verkenning van dichtheid en leiderschap betrekking hebben op het menigte model CROSS en niet op de echte wereld. Het dichtheidsexperiment wijst uit dat dichtheid meegenomen dient te worden bij het begrijpen van gedragspatronen in menigten. Dichtheid heeft namelijk een sterke uitwerking op *wat* een agent (computationeel individu) waarneemt en op de gedragsopties van een agent. Het leiderschapsexperiment laat zien dat de rol van de sociale context belangrijk is voor gedrag specifieke keuzes, dat wil zeggen *hoe* gedrag beïnvloed wordt. Welke gedraging relevant of geschikt is blijkt een functie van de sociale omgeving en de interne staat van een agent te zijn. De experimenten laten bovendien het onderscheid zien tussen factoren uit in fysieke en social context in hun rol op het optreden van gedragspatronen. De fysieke context beschrijft een meer generieke relatie tussen factoren en gedragspatronen door het gedrag selectie proces te beïnvloeden in termen van de hoeveelheid tijd die beschikbaar is om gedrag te vergelijken en kiezen. De sociale context beschrijft een meer specifieke relatie tussen factoren en gedragspatronen doordat het het type gedrag beïnvloed. Deze veranderen het *type* gedragspatroon dat ontstaat in een menigte, niet de omvang van het patroon zelf. Ook al word dichtheid en leiderschap gerepresenteerd in een basale vorm, de experimenten illustreren hoe CROSS zich onderscheidt van traditionele modellen dankzij de mate van detaillering en multi-level beschrijving van het model (hoofdstuk 6 en 7).

De centrale onderzoeksvraag is beantwoord door de combinatie van inzichten uit de literatuur, het theoretische en computationele CROSS model en de resultaten van de experimenten. Op de eerste plaats, *mechanismen die ten grondslag liggen aan menigte gedrag zijn hetzelfde als de mechanismen van gedrag in het algemeen*. Het maakt duidelijk dat menigte gedrag niet gezien moet worden als een speciaal soort gedrag dat zijn eigen set van theorieën nodig heeft. Alle kennis over menselijk gedrag is potentieel relevant. Op de tweede plaats, *het verklaren van de mechanismen die ten grondslag liggen aan gedragspatronen in een menigte vereist altijd een compleet beeld van de wisselwerking tussen individuen en context*. Dit betekent niet compleetheit in de zin van het meenemen van alle relevante factoren. Het betekent wel dat er altijd aandacht besteed moet worden aan de wisselwerking tussen de factoren in de relatie tussen context en individu. Het is niet mogelijk betekenisvol individuen te bestuderen los van hun context. Enkel de context in beschouwing nemen zonder het individu perspectief mee te nemen is net zo betekenisloos. Op de derde plaats kunnen er een aantal generieke mechanismen afgeleid worden:

- De fysieke context beïnvloedt vooral *wat* de factoren zijn die gedrag beïnvloeden en daarmee dus de omvang van en aantal gedragspatronen in een menigte.
- De sociale context beïnvloedt vooral *hoe* gedrag beïnvloed wordt en daarmee welk type gedrag vertoond wordt in een in gedragspatroon in een menigte.
- De interne toestand bepaald *welk* gedrag gekozen wordt.

Over het geheel genomen laat dit proefschrift zien hoe belangrijk de wisselwerking tussen de fysieke en sociale context is voor gedrag. Doordat de meeste onderzoeken monodisciplinair georiënteerd zijn, wordt de wisselwerking tussen meerdere factoren traditioneel niet meegenomen. Het meenemen van context zou gebaseerd moeten zijn op relevantie in plaats van op veld-specifieke voorkeuren. Door de veelheid van potentiële factoren is eenvoud nodig om de dynamiek van het model te begrijpen. Het is niet het doel van dit onderzoek om een "compleet model" te maken dat alle potentieel relevante invloed factoren meeneemt. Dat zou het model minder transparant maken en het moeilijker maken om de mechanismen te vinden. Het model is zo ontwikkeld dat theorieën en ideeën gemakkelijk geïntegreerd kunnen worden en dat factoren gemakkelijk veranderd, vervangen en toegevoegd kunnen worden. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een basale formalisatie met één fysieke en één sociale factor. Het plug-and-play karakter van de structuur van het CROSS model is geschikt voor het verkennen van generieke mechanismen doordat allerlei factoren meegenomen kunnen worden. In het ontwikkelen van het CROSS model zijn theorieën en ideeën aangepast en gebruikt vanuit een variëteit aan onderzoeksgebieden. Het CROSS model kan op zijn beurt bijdragen aan deze onderzoeksgebieden, juist door zijn geïntegreerde benadering. CROSS laat onderzoekers en praktijkmensen naar menigten kijken vanuit een ander perspectief. Op die manier helpt CROSS een ander licht te werpen op de traditionele manier waarop theorieën en methoden in relatie tot menigten gehanteerd worden. CROSS draagt bij aan menigte onderzoek, de cognitieve wetenschappen, de sociale wetenschappen in het algemeen en aan informatica. Bovendien, ook al vormt het werk in dit proefschrift een theoretische studie van menigte gedrag met een verkenning in een gesimuleerde wereld, CROSS heeft ook potentiële praktische implicaties voor *crowd management*. De resultaten en de conclusies van dit proefschrift openen de weg voor meerdere mogelijkheden in de richting van zowel onderzoek als praktijk (hoofdstuk 8).