

Samenvatting proefschrift

Schepen in een kunstmatig krachtenveld: een multi-agent model voor nautisch verkeer en nautische verkeersveiligheid

Fangliang Xiao¹

Bij het ontwerp van schepen, offshore constructies en waterwegen worden risico-inventarisaties gemaakt waarbij ongevallen met schepen een belangrijk onderdeel zijn. Het blijkt echter lastig om voldoende gedetailleerde informatie te verzamelen over het scheepvaartverkeer. Er worden probabilistische risicomodellen (PRA) gebruikt die een beter inzicht in de veiligheid geven. Deze risicomodellen zijn in de afgelopen jaren verbeterd door ontwikkelingen op het gebied van data verzameling en data analyse. Met de ontwikkeling van computer systemen zijn simulatiemodellen toegepast waarmee de problemen beter begrepen worden en risico's beperkt worden. Dit was mogelijk doordat simulaties het mogelijk maken in complexe systemen de details van interacties tussen componenten en de eigenschappen van die componenten te geven.

Het hoofddoel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een simulatie instrument dat in staat is, zowel op het niveau van het scheepvaartverkeer als het niveau van individuele schepen, informatie te leveren over het detailgedrag van schepen in een bepaalde navigatieomgeving. Dit instrument kan worden ingezet voor veiligheidsanalyses, besluitvorming, ruimtelijke planning van havens en waterwegen en het ontwerp van risicoverlagende maatregelen. Om het onderzoeksdoel te realiseren zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- Wat zijn de beperkingen van de bestaande methoden op het gebied van maritieme risico analyses? En wat zijn de voordelen van het gebruik van een simulatie methode?

- Hoe kunnen we informatie aan AIS (Automatic Identification System) ontlenen en gebruiken voor het simuleren van realistisch scheepvaartverkeer?
- Hoe kunnen we een realistisch scheepvaartverkeersmodel ontwikkelen met een gedetailleerde beschrijving van methodologie, gebruikte concepten, structuur, kalibratie en validatie?
- Hoe kunnen we deze simulatie inzetten voor probabilistische risicoanalyses en andere toepassingen?

In dit onderzoek is het Artificial Nautical Traffic System (ANTS) ontwikkeld voor maritieme veiligheid. De voorgestelde simulatiemethode maakt het mogelijk om het gedrag van het scheepvaartverkeer realistisch weer te geven door gebruik te maken van een “agent based model” en een kunstmatig krachtenveld. Het ODD protocol (Overview, Design concepts, Details) is hierbij gebruikt om een gedetailleerde beschrijving op te stellen van de methodologie, concepten, structuur, kalibratie en validatie. Hierbij zijn AIS data beschouwd als “real world” data en om die reden geanalyseerd en toegepast. Een Nederlandse en een Chinese casus zijn gebruikt om de implementatie, kalibratie, validatie en toepassingsmogelijkheden van het model te demonstreren.

In de literatuurstudie is de state-of-the-art beschreven van probabilistische risico-inventarisatie methoden (PRA) voor maritieme veiligheid. Hierbij hebben we gevonden dat de methodiek grofweg een ontwikkeling heeft doorgemaakt van statistische analyses, via analytische en netwerk methoden naar methoden gebaseerd op

¹ Promotie instituut: TU Delft/Safety Science Group; promotiedatum: 13 mei 2014

simulaties, waarbij sommige onderzoekers een combinatie toepasten voor het oplossen van complexe problemen. De simulatiemethode heeft hierbij voordelen omdat het in staat is voldoende details van schepen (en scheepsverkeer) mee te nemen en omdat voldoende relevante factoren meeneemt om het gedrag van schepen en hun omgeving realistisch weer te geven. Het complexe systeem van het scheepvaartverkeer kan niet voldoende nauwkeurig worden gereproduceerd door de andere methoden. Om die reden hebben is geconcludeerd dat de simulatiemethode de beste manier is om PRA uit te voeren met een gedetailleerd beeld van het gedrag van schepen en het scheepvaartverkeer waarbij ook de invloed van wind en stroom meegenomen kan worden.

Het ODD protocol is toegepast voor het ontwikkelen en het beschrijven van het model. Deze methode is geschikt voor het in een standaardvorm presenteren van de vele elementen in een "multi-agent" systeem en helpt bij de systematische beschrijving van de relevante elementen in de simulatie. Ten eerste wordt de structuur van het model duidelijk en kunnen de processen binnen het model beter worden georganiseerd. In de tweede plaats helpt het in het definiëren van de stochastische eigenschappen van het model. Ten derde wordt het eenvoudiger het gedrag van individuele schepen naar dat van het scheepvaartverkeer te vertalen. En tenslotte maakt het gebruik van "submodellen" het mogelijk het model voor het kunstmatige krachtenveld te beschrijven, evenals andere submodellen voor het manoeuvreergedrag van de schepen.

De AIS data leveren randvoorwaarden voor de simulaties, informatie voor het ontwikkelen van het model, het kalibreren van het model en tenslotte voor model-validatie. Hierbij hebben we de AIS data gebruikt voor zowel informatie op het niveau van het scheepvaartverkeer als het niveau van individuele schepen. Beide data-groepen zijn gebruikt voor kalibratie en validatie. Voor de calibratie is op innovatieve wijze gebruik gemaakt van correlatie coëfficiënt-analyse om de factoren in het kunstmatige krachtenveld en de parameters in de vergelijkingen te bepalen.

Het meest vernieuwende aspect van theorieontwikkeling in deze studie is het toepassen van het "multi-agent" concept en de theorie over kunstmatige krachtenvelden in een maritiem verkeerssimulatiemodel. Ten eerste is het door het "multi-agent" concept mogelijk dat autonome schepen de lokale omstandigheden (ontmoetingen en vaarweg geometrie) waarnemen en kunnen manoeuvreren op basis van verkeersregels en de algemene navigatiepraktijk. De autonomie van deze "agents" geeft voordelen op zowel het niveau van individuele schepen als het niveau van het scheepvaartverkeer. Individuele schepen gedragen zich hierdoor realistisch in de simulatie en vertonen de juiste eigenschappen. Daarnaast vertoont het gesimuleerde scheepvaartverkeer de juiste statistische karakteristieken. Ten tweede heeft het "multi-agent" systeem de mogelijkheid interacties (zoals ontwijkend gedrag), noodsituaties (zoals het voorkomen van aanvaring), en stochastische eigenschappen weer te

geven, die in de meeste bestaande scheepvaartsimulatiemodellen ontbreken. Het besluitvormingsproces voor het manoeuvreren van schepen is hierbij nagebootst door toepassing van kunstmatige krachten bij het voorkomen van aanvaring. Deze krachten zijn gebaseerd op de eigenschappen van de schepen en hun omgeving zoals afmetingen, snelheid, scheepstypen, ontmoetingssituaties en de vorm van de waterweg. De krachten bij kop-kop ontmoeting, bij inhalen en de krachten als gevolg van de oevers van de waterweg zijn gebaseerd op een statistische analyse van scheepsontmoetingen. De kunstmatige krachten bepalen de roerhoek om de koers te wijzigen en een aanvaring te voorkomen, en vervolgens een nieuwe positie te bereiken waarin de krachten weer in evenwicht zijn. Daarbij moet opgemerkt worden dat de krachten tevens het vaarreglement ter voorkoming van aanvaring zijn meenemen om een zo realistisch mogelijke afspiegeling van scheepsbewegingen te krijgen.

Het ANTS model is toegepast op een Nederlandse en Chinese casus. Voor validatie van het model is de modeluitvoer in beide casussen vergeleken met de werkelijke gegevens. Op het niveau van individuele schepen zijn drie kop-kop ontmoetingen en drie inhaalmanoeuvres vergeleken. De resultaten laten zien dat de gesimuleerde uitvoer te vergelijken is met de werkelijke scheepsbewegingen.

Toepassingen op het gebied van probabilistische risicoanalyse van ongevallen zijn gepresenteerd met gebruikmaking van het model. De kans van stranding, "near misses" en aanvaringen kunnen berekend worden op basis van simulatieruns met voldoende lengte in de tijd (bijvoorbeeld één jaar). Toekomstige situaties met grotere scheepsdichtheid kunnen ook worden voorspeld. Deze toepassingen demonstreren de mogelijke manieren waarop het ANTS model ingezet kan worden voor veiligheidsanalyses.