



AUTOMATISERING, DECISION SUPPORT, AUTONOMIE... SCHIPPER

De ontwikkeling van nieuwe technologie gaat razend snel. Automatisering, autonome systemen en andere ondersteunende systemen moeten oplossingen bieden voor duurzaam transport per schip en het tekort aan gekwalificeerde schippers in de binnenvaart. Er is een duidelijke nieuwe trend merkbaar. Tientallen jaren was nieuwe technologie vooral bedoeld om de bemanning te ondersteunen. Nu is het doel steeds vaker om de mens in de operatie deels of zelfs geheel te vervangen.

Hier ligt een uitdaging voor ontwikkelaars en onderzoekers. Van innovatieve technologie is er op voorhand wel een beeld over wat de voordelen zullen zijn. Meestal is het echter onbekend welke risico's er nieuw bijkomen of veranderen, en in welke mate. We willen niet eerst vijftien of twintig ongelukken afwachten voordat we achter de risico's komen. We willen dat weten voordat we de technologie aan boord inzetten. We weten dat nieuwe technologie zorgt voor nieuwe uitdagingen, omdat bijvoorbeeld bij gebruikers onbekend is wat technologie precies kan en vooral ook wat het niet kan. Te veel vertrouwen op bijvoorbeeld het Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) leidde er op zee regelmatig toe dat de uitkijk verslapte, waardoor aanvaringen vaker voorkwamen dan verwacht. Dit voorbeeld maakt duidelijk dat de technologie ongewenste en soms vergaande gevolgen heeft voor de taakuitvoering van, in dit voorbeeld, de stuurman van de wacht.

Min of meer hetzelfde bleek na de opkomst van trackpilotautomatisering in de binnenvaart. De technologie zorgt incidenteel en onbe-

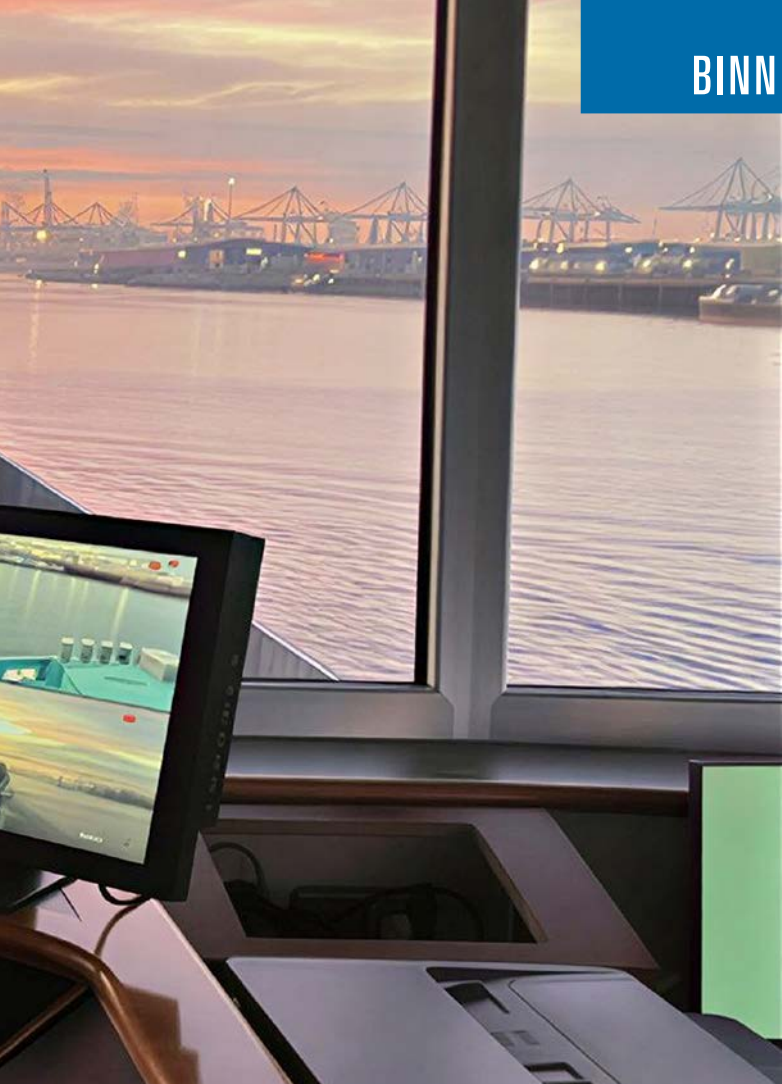
doeld voor verminderde aandacht van de schipper voor de vaartaak en voorziet daarbij niet altijd standaard in het alert houden van de schipper en het waarschuwen voor bekende obstakels in de route [1]. Deze factoren droegen bijvoorbeeld bij aan een aantal ernstige incidenten waarbij sluisdeuren zwaar beschadigd raakten. Dat leidde vervolgens, achteraf, tot aanscherping van de regels voor het gebruik van trackpilots in Duitsland en tot aankomende nieuwe Europese regels vanuit CESNI. De aanscherpingen in Duitsland voorzien bijvoorbeeld in een verplicht wachtalarm en tijdsse waar- schuwingen bij het naderen van een sluis.

De voorbeelden maken duidelijk dat technologie die is bedoeld om taken van mensen geheel of gedeeltelijk over te nemen, zeker ook goed met mensen moeten kunnen samenwerken.

Wat is precies het probleem?

Het belangrijkste overkoepelende probleem van automatisering is het best uit te leggen met het trackpilootvoorbeeld. Veilige vaart is afhankelijk van een goede uitvoering van de vaartaak door de

Foto: Aan boord tijdens het MARIN-onderzoek naar best-practices bij gebruik van trackpilotsystemen [1].



schipper aan boord. Deze vaartaak is op te delen in verschillende onderliggende taken, zoals het vermijden van aanvaringen met andere schepen en obstakels, het besturen van het schip, het bepalen van de eigen positie en het naleven van vaarregels uit het Binnenvaartpolitiereglement (BPR) en Rijnvaartpolitiereglement (RPR). Al deze taken vragen de volledige aandacht van de schipper, waarbij vooral het sturen van het schip een actieve taak is die continue aandacht en input van de schipper vraagt.

Het actief sturen van het schip is precies de taak die de trackpilot van de mens overneemt, door het voortdurend monitoren van de eigen positie en het bijsturen van de vaarrichting waardoor het schip automatisch op een vooraf vastgelegde routelijn vaart. Het met hoge betrouwbaarheid en correctheid automatiseren van juist deze actieve taak, zorgt ervoor dat de schipper de doorlopende verbinding met de algehele vaartaak sneller verliest. De overgebleven taken zijn in beginsel vooral taken die neerkomen op het goed monitoren van enerzijds de omgeving en anderzijds het functioneren van de apparatuur. En juist in dat alleen maar bezig zijn met monitoren, zonder daarbij een actieve en permanente taak uit te voeren, zijn wij als mensen helemaal niet goed. We raken over het algemeen snel afgeleid en verliezen onze aandacht voor de vaartaak als geheel. Anders gezegd, met het ontwikkelen en inzetten van nieuwe technologie riskeren we onbedoeld een situatie die we kunnen omschrijven als het "human-out-of-the-loop-syndroom" (OOTL) [2], [3].

Lost autonomie het probleem van het OOTL-syndroom op?

Ja, uiteindelijk kunnen autonome systemen het OOTL-probleem op-

lossen, onder de voorwaarde dat er geen enkele taak meer bij een mens ligt. Niet in de uitvoering van de vaartaak, niet in het monitoren van de autonome technologie en ook niet bij het ingrijpen wanneer de technologie faalt. *Remote-control*-systemen [4] zijn daarom bijvoorbeeld geen oplossing voor het OOTL-probleem, omdat de taak van de mens bij remote control niet fundamenteel anders is dan aan boord.

Technologie die taken van mensen overneemt, moet ook goed met mensen kunnen samenwerken

Het lijkt er echter niet op dat we op korte termijn autonome systemen krijgen die volledig betrouwbaar en onder alle omstandigheden kunnen functioneren zonder een rol voor de mens. Om deze stelling te onderbouwen, kijken we niet alleen naar de binnenvaart, maar maken we ook gebruik van ervaringen in de zeevaart.

Van trackpilotsystemen verwachten we dat deze gaan dienen als het fundament voor de ontwikkeling van verdergaande automatisering en autonome systemen. Voor een deel is dat al de praktijk, bijvoorbeeld door naast het roer ook de voortstuwing te automatiseren. Daarmee zal het aantal omstandigheden en scenario's waarmee de trackpilot zelfstandig overweg kan, verder toenemen. Ironisch genoeg zal dit, zonder maatregelen, in eerste instantie het risico op OOTL verder laten toenemen, omdat een dergelijke toevoeging nog meer taken uit handen van de schipper neemt.

Voor verdere ontwikkeling naar autonomie zal het systeem uiteindelijk zelfstandig aanvaringen moeten kunnen vermijden door toevoeging van een *collision avoidance system* (CAS). Hierbij zijn actuele ervaringen in de zeevaart van belang. Onderzoekers van een Spaanse maritieme universiteit hebben recent meer dan 600 CAS'en getoetst op volledige naleving van de vaarregels op zee. Dat onderzoek was van belang, omdat een CAS voor zowel de eigen bemanning als bemanning op andere schepen voorspelbaar moet blijven, zodat alle verkeersdeelnemers binnen de verkeersregels aanvaringen kunnen voorkomen [5].

Het onderzoek leverde een opvallend resultaat: geen enkel onderzocht systeem kwam ook maar in de buurt van een volledige naleving van de verkeersregels op zee. Het beste systeem liet een naleving van zestig procent van de verkeersregels zien. Daaruit volgt dat de ontwikkeling van algoritmes, nodig om een veilig CAS in de praktijk in te kunnen zetten, vooralsnog tegen onoverbrugbare grenzen aanloopt. Aangezien de verkeersregels op binnenwateren niet minder complex zijn dan de regels op zee, zal een autonoom CAS voor gebruik in de binnenvaart, waarbij de mens op verantwoorde wijze uit de *loop* is, op korte termijn geen realiteit zijn.

Welke oplossingen voor het OOTL-probleem zijn er op hoofdlijnen denkbaar?

Op hoofdlijnen zijn er, buiten volledige autonomie, eigenlijk maar

Niveau	Technology readiness level	Human readiness level
1	Technische eisen en kaders vastgesteld en vastgelegd.	Begrijp wat de bemanning nodig heeft en wat stakeholders voor ogen hebben met het ontwerp, bijvoorbeeld door taakanalyse en het uitvoeren van observaties, interviews, enquêtes en analyse van data. Dit is de context waarbinnen de ontwikkeling plaats moet vinden.
2.	Conceptontwerp en toepassing op papier uitgewerkt.	De context is vertaald naar het technische conceptontwerp en heeft daar gezorgd voor een eerste aanpassing.
3.	Conceptontwerp of eerste versimpeld conceptprototype gedemonstreerd, bijvoorbeeld in een eenvoudig experiment.	De context en het technische conceptontwerp zijn vertaald naar concrete gebruikerseisen, bijvoorbeeld voor de mens-machine-interface.
4.	Belangrijkste elementen van het ontwerp met succes gedemonstreerd in een gecontroleerde omgeving, bijvoorbeeld in een laboratorium.	De resultaten van het met succes demonstreren van het concept in een gecontroleerde omgeving zijn met de eindgebruikers getoetst/gedemonstreerd op de gebruikerseisen. Indien nodig is het ontwerp aangepast.
5.	Belangrijkste elementen van het ontwerp met succes gedemonstreerd in een relevante operationele omgeving, bijvoorbeeld aan boord of in een simulator.	Bij het demonstreren van de belangrijkste elementen van het ontwerp zijn eindgebruikers betrokken. Daarbij is het ontwerp getoetst op de gebruikerseisen. Indien nodig is het ontwerp aangepast.
6.	Volledig ontwerpprototype met succes gedemonstreerd in een relevante operationele omgeving, bijvoorbeeld aan boord of in een simulator.	Bij het demonstreren van het volledige ontwerpprototype zijn eindgebruikers betrokken. Daarbij is het prototype inclusief de mens-machine-interface getoetst op de gebruikerseisen. Indien nodig is het ontwerp aangepast.
7.	Definitieve prototype met succes gedemonstreerd in de werkelijke operationele omgeving, aan boord(!).	Bij het demonstreren van het volledige ontwerpprototype zijn eindgebruikers betrokken. Daarbij is het prototype inclusief de mens-machine-interface getoetst op de gebruikerseisen. Indien nodig is het ontwerp aangepast.
8.	Definitieve prototype gevalideerd en gecertificeerd door het succesvol doorlopen van een uitgebreid test- en demonstratieprogramma.	Het definitieve prototype is eveneens gevalideerd en gecertificeerd op de gebruikerseisen. Eindgebruikers zijn hierbij betrokken.
9.	Implementatie van de ontwikkelde technologie aan boord.	Implementatie van de ontwikkelde technologie aan boord. Het is aan te bevelen om gedurende een periode nog te monitoren of eindgebruikers daadwerkelijk veilig en effectief met de technologie samen kunnen werken.

De niveaus van technology readiness levels en human readiness levels.

twee soorten oplossingen om op een verantwoorde manier met OOTL om te gaan. Bijna vanzelfsprekend is het bedenken en implementeren van maatregelen die de mens in de stuurhut zo goed mogelijk voortdurend bij de les houdt. Een bekend voorbeeld aan boord is het wachalarm, en in auto's zit tegenwoordig verplicht een sen-

sor die voortdurend monitort of de bestuurder nog wel bij de les is (en een alarm geeft wanneer dat niet zo is).

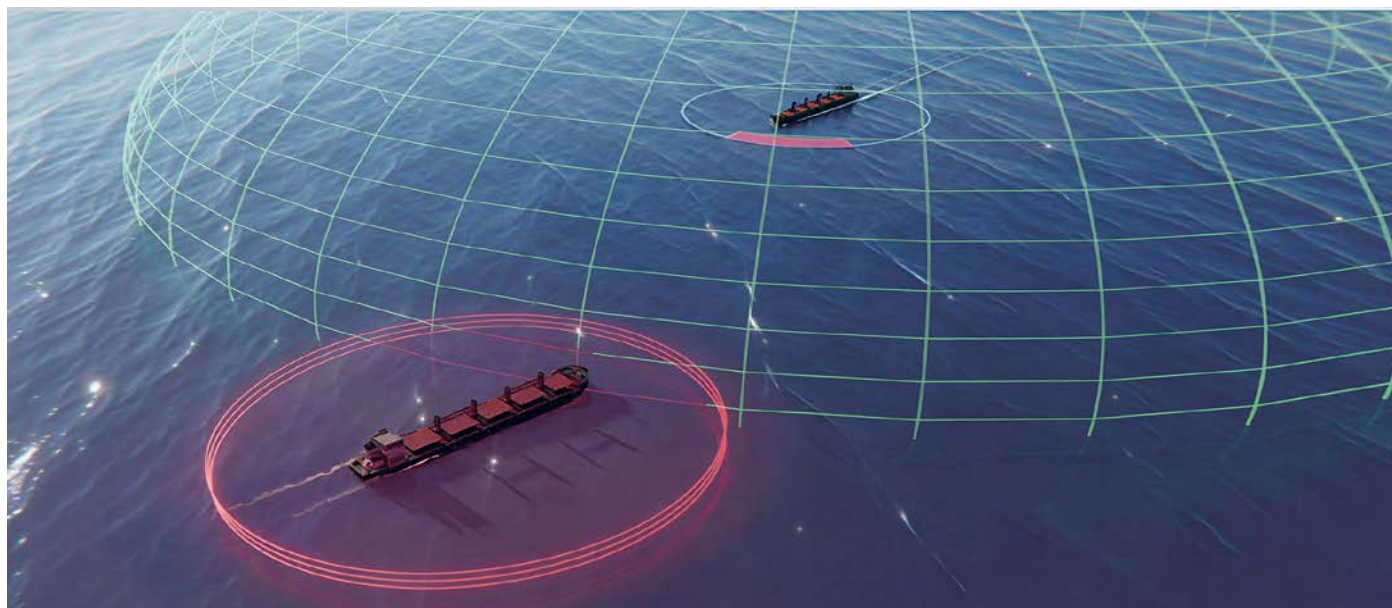
Iets minder vanzelfsprekend zijn systemen die het ontbreken van aandacht en verbinding met de vaartaak simpelweg accepteren. Dat kan alleen als een systeem zo is ingericht dat de mens tijdig weer bij de vaartaak betrokken raakt, wanneer de situatie daarom vraagt. Denk daarbij bijvoorbeeld aan een tijdelijk onbemande scheepsbrug waarbij het systeem zelf de omgeving monitort en pas de schipper of stuurman waarschuwt als er schepen of obstakels binnen een bepaalde afstand van het schip (dreigen te) komen. Vanuit MARIN starten we binnenkort een op de zeevaart gericht *joint industry project* (JIP), waarbij we onderzoek doen naar de mogelijkheden en voorwaarden voor een dergelijk systeem ("ALERT"-JIP).

Hoe kunnen we OOTL-probleemoplossingen toetsen?

Traditioneel kijken ontwikkelaars in eerste aanleg naar het technisch correct en betrouwbaar functioneren van de nieuwe techniek. Een bekende methode is het beoordelen van het zogenaamde *tech-*

AUTOMATION, DECISION SUPPORT, AUTONOMY... SKIPPERS

The development of new technology is advancing at breakneck speed. Automation, autonomous systems and other support systems are expected to provide solutions for sustainable shipping and the shortage of qualified skippers in inland waterway transport. A clear new trend is emerging. For decades, new technology was primarily intended to support the crew. Now, the aim is increasingly to replace human operators, either partially or even entirely.



Concept van het ALERT-JIP, waarbij onderzoek wordt gedaan naar een systeem dat zelf de omgeving monitort en pas de schipper of stuurman waarschuwt als er schepen of obstakels binnen een bepaalde afstand van het schip (dreigen te) komen.

nical readiness level (TRL) om aan te tonen hoever de ontwikkeling van de technologie is. Een ontwikkeling op TRL 1 is nog helemaal in de conceptfase en op TRL 9 bereikt de ontwikkeling een niveau waarin het technisch gezien klaar is om in gebruik te worden genomen. Zoals uit voorgaande blijkt, is de zorgvuldige beoordeling van de betrouwbaarheid en werkbaarheid van de interactie tussen mens en technologie een absolute noodzaak. Een methode die daarvoor geschikt is, voegt naast de traditionele beoordeling op het TRL een vergelijkbare beoordeling op *human readiness level* (HRL) toe aan de ontwikkelcyclus. Zowel de TRL-beschrijvingen als de HRL beschrijvingen zijn weergegeven in de tabel.

REFERENTIES

1. Schipper, M., & Guiking, C. (2023), Track Pilot-Automation, Determining Best Practices for implementation on board inland vessels, Wageningen, the Netherlands: Maritime Research Institute Netherlands (MARIN), geraadpleegd op 13 maart 2026 op https://open.rijkswaterstaat.nl/publish/pages/193490/rapport_best_practices_trackpilots_def.pdf
2. Endsley, M.R. (2017), From here to autonomy, Human Factors, Vol. 59, pp. 5-27
3. Endsley, M.R., & Jones, D. (2003), Designing for Situation Awareness, New York, NY, USA: Taylor & Francis Group
4. Schipper, M. & Hijdra, R. (2025), Exploration of safety risks in remote controlled sailing, Wageningen, the Netherlands: Maritime Research Institute Netherlands (MARIN), geraadpleegd op 13 maart 2026 op: www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?did=2025D52438&id=2025Z22156

Nieuwe techniek is nuttig en noodzakelijk, maar vergeet alstublieft de schipper en zijn bemanning niet

Het toepassen van een HRL-beoordeling tijdens het ontwikkelproces dient daarmee twee uitermate belangrijke doelen. Ten eerste voorkomt het dure en tijdrovende ontwikkeling van technologie die uiteindelijk niet bruikbaar is. Veel belangrijker is echter dat het een werkbare en veilige mens-technologie-interactie borgt, waarmee ongevallen op

voorhand beter kunnen worden voorkomen.

En dat is nu precies waar het allemaal om is te doen. Minder bemanning, maar dan wel met gelijkblijvende of zelfs verbeterde veilige doorstroming van het scheepvaartverkeer. Nieuwe techniek is nuttig en noodzakelijk, maar vergeet daarbij tijdens het ontwikkelproces alstublieft de schipper en zijn bemanning niet. Uiteindelijk zijn zij degenen die met de technologie om moeten kunnen gaan.



Martijn Schipper

Specialist Human Factors bij MARIN,
m.schipper@marin.nl