

Conclusie

Om een antwoord te geven op de vraag "Hoe kunnen de containers op de kade zo optimaal mogelijk ingedeeld worden?" te vinden, is er een onderzoek uitgevoerd bestaande uit een literatuuronderzoek en een gevalsstudie. De gevalsstudie is uitgevoerd op een **gesimuleerde opstelling van Cofano**, waarbij containers in een 3x3 matrix worden geplaatst. De containers beschikken over een identificatie voor bijbehorende containerschepen. Voor het trainen van de agent is gekozen voor een PPO-model, aangezien dit het beste resultaat opleverde.

De **resultaten** van de gevalsstudie tonen aan dat het model in staat is om de beperkingen van een 3x3 matrix op te lossen. Containers die bij elkaar horen, worden door het model bij elkaar gegroepeerd, wat betekent dat de containers niet zijn ingeboxed. Hierdoor is de uiteindelijke loss-waarde minimaal, aangezien er geen straffen meer worden uitgedeeld door de reward-functie.

Op basis van deze gevalsstudie kan worden geconcludeerd dat een RL-oplossing een **optimale manier** is om containers efficiënt te indelen. Daarom wordt aanbevolen dat Cofano verder onderzoek doet naar deze oplossing om hun proces efficiënter te maken.

Discussie

Een aanbeveling voor verder onderzoek zou zijn om de reward-functie en observation space schaalbaar te maken zonder dat de code aangepast hoeft te worden. Hierdoor zou het mogelijk zijn om de agent te trainen op verschillende vormen en locaties van matrixes. Daarnaast zou de observation space een verwachte lijst van containerschepen moeten bevatten, zodat rekening gehouden kan worden met de verwachte volgorde van aankomst. Het implementeren van "random events" zou ook een overweging kunnen zijn, zoals het geval wanneer de verwachte volgorde van containerschepen anders is dan de werkelijkheid. Dit zou een positieve bijdrage leveren aan het perfectioneren van het model. Verder zou de visualisatie van de opstelling van containers dynamisch moeten werken, afhankelijk van de situatie.

In het geval van de validatie van de opstelling van containers, is er een probleem opgetreden met de uitvoering. Voordat er een beslissing werd genomen om de validatie handmatig uit te voeren, is er een RL-algoritme gecreëerd als "proof-of-concept". Dit algoritme heeft zijn eigen model en environment dat gebaseerd was op de taxi-v3 environment. Het valideren van de opstelling van containers op deze manier kan in principe worden beschouwd als een manier om de kortste route te vinden. Hoewel het gebruik van RL-technieken op deze manier interessant is, blijft het inferieur in vergelijking met bestaande algoritmen zoals **Dijkstra**. Bovendien, zijn niet alle functionaliteiten geïmplementeerd, zoals het verplaatsen en oppakken van containers om bij andere containers te komen of de opstelling in de hoogte aan te passen. **De opstelling is beperkt tot een 3x3 matrix en is in principe een tweedimensionale omgeving.**

Het is belangrijk om te benadrukken dat dit onderzoek slechts dient als een "proof-of-concept" en dat er een **vervolgonderzoek** nodig is. Toch is het de hoop dat dit onderzoek een positieve bijdrage kan leveren aan het oplossen van dit complexe probleem. Door verder te werken aan het hiervoor genoemde "proof-of-concept" en het algoritme schaalbaar en dynamisch te maken, kan er een grotere impact worden bereikt in het oplossen van dit complexe probleem in verschillende situaties.

Commented [MB(1): Laat resultaten zien in grafieken, laat scores zien in procenten, geef redenering waarom deze resultaten goed zijn/ iets bijdragen aan het onderzoek

Commented [MB(2): Niet van cofano toch?

Commented [MB(3): Laat de resultaten zien

Commented [MB(4): Bewijs dit

Commented [MB(5R4): Met afbeelding grafiek etc

Commented [MB(6): Samenvatting van de resultaten, focus op belangrijkste resultaten

Interpretatie van die resultaten, uitleggen hoe die resultaten de conclusie ondersteunen

Implicatie van die resultaten, praktische, theoretische implicaties van de resultaten (hoe die gebruikt kunnen worden)

Limitaties van de resultaten, hoe mensen die in de toekomst verder gaan met onze data, dat kunnen verbeteren

Commented [MB(7): Hoe is het inferieur? Moet specifieker

Commented [MB(8): De hoogte in was toch gelukt?

Commented [MB(9): In dit vervolgonderzoek moet x en x gedaan worden om

Schaalbaarheid

Een aanbeveling voor verder onderzoek zou zijn om de reward-functie schaalbaar te maken, zonder dat de code aangepast hoeft te worden. Hierdoor zou het mogelijk zijn om de agent te trainen op verschillende vormen, groottes en locaties van yards. In de bestudeerde literatuur over dit specifieke probleem, wordt veelal gepoogd om het aantal bewegingen van de stackers te minimaliseren tijdens het verplaatsen van containers. Dit is ook wat in dit onderzoek bereikt zou moeten zijn door het vinden van de optimale indeling van de yard, zodat de stackers overal snel bij kunnen. Echter wordt in de reward-functie geen rekening gehouden met het aantal zetten die de stackers moeten afleggen. Deze manier van zetten minimaliseren zou een efficiëntere manier kunnen zijn voor het bepalen van de reward, wanneer het probleem groter en complexer wordt.

Wanneer een yard van grootte verandert of er meer schepen met meer containers binnen komen, wordt het probleem exponentieel moeilijker om op te lossen. Een grotere yard brengt nieuwe uitdagingen met zich mee. Bij een yard van voldoende maat is het vrijwel onmogelijk dat containers niet worden ingeboxed door andere containers. Hiervoor moeten er rekening gehouden worden met de verwachte volgorde van zeeschepen. De observation space zou bijvoorbeeld een verwachte lijst van zeevaartschepen kunnen bevatten.

Verder moet de snelheid van het model geoptimaliseerd worden, aangezien het zo'n 5 minuten duurt om alleen al een lege 3x3x3 te vullen met containers. Door het model slimmer te laten trainen kan het sneller gaan leren. Een voorbeeld om het model slimmer te laten trainen, is door te trainen met meer iteraties waarin er stapsgewijs van een volle yard naar een lege yard wordt getraind. Het model zal dan mogelijk sneller leren om de laatste containers op juiste plaats neer te zetten.