

Automatisch optimaliseren van fysische parameters in een 3D simulatieomgeving

Student: Mylan Lambrecht,

Promotoren: Simon Chuptys, Bart Vanwalleghem

In samenwerking met: Vintecc

Academiejaar 2023- 2024

I. INLEIDING

A. Vintecc

Vintecc is een innovatief bedrijf dat de industrie helpt te versnellen en een technologisch antwoord zoekt op de uitdagingen van morgen. Met behulp van interne softwaretools helpt het vooruitstrevende bedrijven die een stap in de toekomst willen zetten. Vintecc heeft “een passie voor het overwinnen van technologische uitdagingen”.

B. Optimalisatie

In diverse machines en productieprocessen is het van belang om vooraf simulaties uit te voeren om mogelijke knelpunten of verbeterpunten te identificeren. In sommige gevallen is het uitvoeren van een optimalisatie van deze simulaties relevant. Dit houdt in dat de simulatie herhaaldelijk wordt uitgevoerd met verschillende sets van parameters. Deze parameters hebben voornamelijk betrekking op fysieke eigenschappen zoals krachten, snelheden, massa's, enzovoort. Door het systematisch uitvoeren van simulaties met diverse parameterwaarden wordt een kostenfunctie verkregen. Deze functie geeft de kosten weer in relatie tot de ingevoerde parameterwaarden. Het doel van optimalisatie is om het globale minimum van deze kostenfunctie te vinden. Dit minimum vertegenwoordigt de laagst mogelijke kosten, waarbij de bijbehorende parameterwaarden worden beschouwd als de optimale set parameters.

Deze optimalisaties kunnen aanzienlijke tijd vergen en bieden geen garantie voor de nauwkeurigheid van de beste parameters. Het kan voorkomen dat er per toeval met een ideale set parameters wordt gesimuleerd, maar het is even goed mogelijk dat deze set nooit wordt bereikt.

Om deze simulaties uit te voeren, heeft Vintecc een zelfontwikkeld platform: het Dual-platform. Dit platform biedt een breed scala aan mogelijkheden, waaronder CAD-integratie, objecten, meerdere physics-engines, verschillende connectoren en scenario's. Hiermee kunnen gebruikers visuele representaties van simulaties verkrijgen.

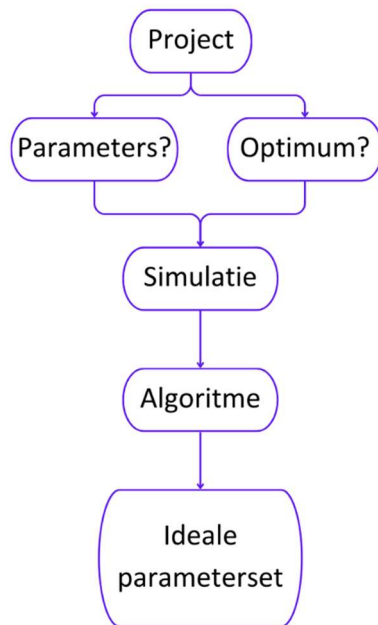
Momenteel vereist het gebruik van deze software dat de gebruiker herhaaldelijk een set parameters aan de simulatie doorgeeft, wat resulteert in aanzienlijke tijdinvesteringen voor optimalisatie. Daarom is het noodzakelijk om een oplossing te vinden die niet alleen het aantal iteraties vermindert, maar ook de werklast voor de gebruiker verlicht.

II. DOELSTELLINGEN

In dit onderzoek staat de ontwikkeling van extra code binnen Dual centraal, met als doel automatische en gestructureerde optimalisatie mogelijk te maken. Figuur 1 illustreert de bijdrage van deze thesis in een eenvoudige flowchart. Het hoofddoel is om de tijd die nodig is om tot een ideale set parameters te komen aanzienlijk te verkorten. Daarnaast is het streven om de betrouwbaarheid van de verkregen parameterwaarden te verhogen, zodat de optimalisatie sneller en nauwkeuriger kan verlopen.

Verder wordt onderzocht welk algoritme het meest geschikt is voor dit doel, waarbij ervoor

wordt gezorgd dat de ontwikkelde code breed toepasbaar is. Met deze aanpak is het de bedoeling een generieke software te ontwikkelen die parametersets optimaliseert met behulp van een algoritme. Op deze manier wordt de optimalisatie toepasbaar op verschillende simulatiescenario's.



Figuur 1: flowchart thesis

Om deze doelstellingen te bereiken, is een eenvoudige opstelling gebouwd en grondig getest. Vervolgens is de geschreven code getest en aangepast met behulp van een extra en complexer project, zodat deze een generieke werking heeft.

Deze thesis beoogt een waardevolle bijdrage te leveren aan toekomstige projecten van Vintec waarbij optimalisatie binnen Dual vereist is. Het doel is om ongeacht het type project, de aard van de kostencalculatie en het algoritme een nuttige hulpbron te bieden.

III. RESULTATEN

Uit het onderzoek bleek dat de meest gebruikte algoritmen gradient gebaseerd zijn [1], deze technieken zijn wel niet eenvoudig te implementeren. Echter, aangezien gradient descent alleen werkt op convexe functies, was het noodzakelijk om ook verder onderzoek te doen naar de particle swarm-methode. Deze methode werkt in grote lijnen op een vergelijkbare manier als gradient descent, maar particle swarm kan

vanuit verschillende startpunten vertrekken en kan volgens onderzoek nog sneller tot zijn resultaat komen [2]. Dit maakt het mogelijk om simulaties met niet-convexe kostenfuncties ook te optimaliseren.

De optimalisatie van een eenvoudige opstelling werd uitgevoerd op basis van een kostenfunctie, zoals beschreven in vergelijking (1), die het traject van de gemeten opstelling vergelijkt met het traject van de gesimuleerde opstelling.

$$c_j = \sum_{i=0}^n \frac{X(t_i) - X_j(t_i)}{n} \quad (1)$$

met X de gemeten grootte, X_j de gesimuleerde grootte, n het aantal tijdstappen in de simulatie en c_j de kost over de volledige simulatie j . Het is minder tijdsintensief en nauwkeuriger om het optimalisatietraject toe te passen op projecten dan om handmatig verschillende parametersets uit te testen.

Tabel 1 geeft het aantal benodigde iteraties weer om een simulatie van een eenvoudige opstelling te optimaliseren. In het geval van het optimaliseren van één parameter worden meestal handmatig ongeveer honderd iteraties uitgevoerd, waarbij het beste resultaat wordt geselecteerd. Bij het optimaliseren van twee parameters wordt een vergelijkbare aanpak gevolgd. Wanneer deze optimalisatie wordt uitgevoerd met behulp van de toegevoegde software, wordt duidelijk dat het aantal benodigde simulaties sterk afneemt. Als gevolg hiervan zal de tijd die nodig is om tot een goede parameterwaarde te komen ook aanzienlijk worden verminderd.

Tabel 1: Aantal nodige simulaties op testopstelling

	handmatig	optimaal
1 parameter	100	~25
2 parameters	300	~35

Met deze tijdsverbetering gaat gepaard dat de gebruiker van de software niets meer handmatig hoeft aan te vullen, behalve de ranges waarbinnen de parameters moeten worden geoptimaliseerd.

Dit resulteert in extra tijdsbesparing en maakt het mogelijk dat de optimalisatie op de achtergrond kan plaatsvinden.

De nauwkeurigheid van deze optimalisatie is bij het gebruik van één parameter gemiddeld verbeterd met tien procent over honderd simulaties. Voor simulaties met twee parameters is de nauwkeurigheid zelfs gestegen met dertig procent. Deze trend kan worden doorgetrokken naar simulaties met meer parameters. De toegenomen nauwkeurigheid draagt bij aan de betrouwbaarheid van de resultaten. De gebruiker hoeft buiten het specificeren van de parameter-ranges niet meer na te denken over welke parameterwaarden nodig zijn voor elke simulatie, waardoor fouten worden voorkomen.

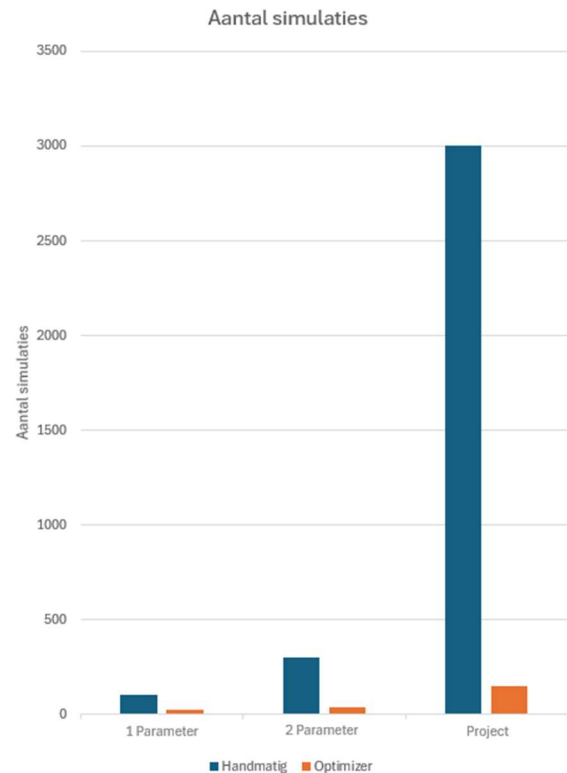
In een ander project binnen Vintec, gericht op de landbouwsector, is dezelfde optimalisatiesoftware toegepast. Voordat de software beschikbaar was, werd verwacht dat 3000 simulaties nodig zouden zijn, elk met een andere set parameters. Voor het berekenen van de kosten in deze simulaties werden kostenfuncties (2) en (3) gebruikt, waarbij P_i en P_j de kosten vertegenwoordigen van brandstof, en P_k en P_l de loonkosten van arbeiders.

$$c = P_i + P_j \quad (2)$$

$$c = P_k + P_l \quad (3)$$

Na het toepassen van de optimalisatiesoftware blijkt dat het aantal nodige simulaties om de beste set aan parameters te vinden afgenomen is tot ongeveer 150, wat ook hier als gevolg heeft dat de tijd waarover de simulaties gebeuren sterk wordt ingekort.

In Figuur 2 is een overzicht te zien die aantoont hoeveel simulaties er nodig zijn om een optimalisatie handmatig uit te voeren tegenover het aantal wanneer gebruik gemaakt wordt van de optimalisatiesoftware. Het is duidelijk dat wanneer een eenvoudige opstelling geoptimaliseerd wordt, de optimizer een positieve invloed heeft. Wanneer geoptimaliseerd wordt op complexere opstellingen is de impact van de software nog groter.



Figuur 2: overzicht aantal nodige simulaties

IV. BESLUIT

Ondanks de moeilijkheden die het met zich meebrengt om een software te schrijven met bedrijfsspecifieke softwarepakketten zijn alle doelstellingen toch behaald. Er werd een software afgeleverd die in staat was het automatisch optimaliseren van parametersets op een simulatie mogelijk maakt.

In de toekomst kan nog gekeken worden om extra kostcalculaties en oplossingsalgoritmes zoals particle swarm toe te voegen voor het vervullen van de werking. Daarnaast kan ook nagedacht worden over de visualisatie van simulaties met meer dan 2 parameters.

V. REFERENTIES

- [1] S. Andradóttir, „A Review Of Simulation Optimization Techniques,” in *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, Atlanta, Georgia 30332, U.S.A., 1998.
- [2] M. Divband, „A Comparison of Particle Swarm Optimization and Gradient Descent in Training Wavelet Neural Network to Predict DGPS Corrections,” in *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2010 Vol 1*, San Francisco, USA, 2010.