

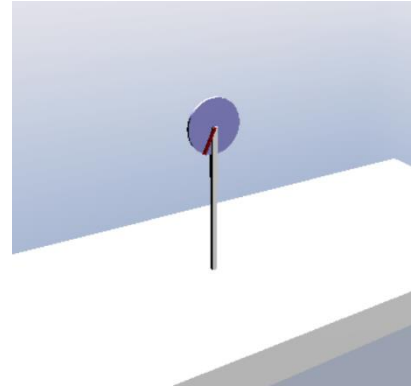
Dynamische systemen - Project 1 – Wiskunde 2.2

PID

Nathan Isaac – 500899683
Dennis Philipoom – 500904361

Inleiding

Voor onze introductie aan dynamische systemen en hebben wij in dit project een systeem zo energie-efficiënt mogelijk moeten stabiliseren. Het systeem wat gestabiliseerd moest worden is gesimuleerd en maakt gebruik van meerdere python codebestanden geleverd door de docent. Het stelsel wat ons is toegewezen is het best te beschrijven als een stok op een draaipunt met aan het eind van de stok een grote ronde schijf (vliegwiel). Wij moesten deze stok rechtop stabiliseren zoals je een liniaal op je handpalm zou balanceren; rechtopstaand tegen de zwaartekracht in. Ons doel was niet alleen om het systeem te balanceren, maar om dat te doen binnen 3 secondes met zo min mogelijk energie verbruik. De kosten van ons systeem moesten zo laag mogelijk zijn. Onze onderzoeksvraag luidt als volgt:



Figuur 1: Ons toegewezen systeem in gestabiliseerde staat

Op welke manier heeft de stabilisatietijd invloed op de kwadratische kosten van het toegewezen systeem?

Voor het stabiliseren van ons systeem is er gebruik gemaakt van zogenaamde Proportioneel-Integraal-Derivaat (PID) controllers. Dit soort controllers hebben drie verschillende parameters die je in kan vullen met verschillen die het systeem zouden kunnen balanceren. Deze letten op de verplaatsing snelheid en acceleratie. Daarnaast willen wij onze simulatie beter kunnen controleren door drie extra PID-parameters toe te voegen die de hoek, hoekversnelling en acceleratie waarnemen. De zes PID-parameters moeten wij finetunen door te observeren hoe deze de gegenereerde simulatie beïnvloeden.

Oplossing

Het stabilisatieprobleem moest worden opgelost door middel van een PID-controller. Deze controller neemt afzonderlijk het vliegwiel en de slinger als input, elk met hun eigen PID-waarden. Deze waarden moeten worden opgeteld om de totale input (u) te verkrijgen. Om de PID-waarden te bepalen, is gebruikgemaakt van een 'trial-and-error' benadering.

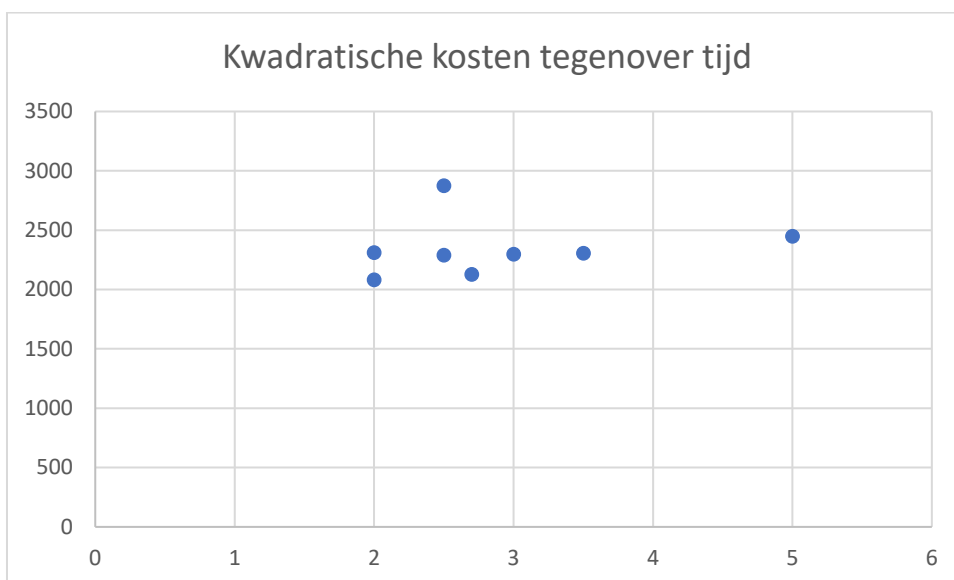
We zijn gestart met de grenswaarde te bepalen door de afgeleide waarde en de proportionele waarde van de slinger te verhogen totdat het systeem niet meer uit het scherm vloog. Deze waarden zorgden ervoor dat het heen en weer bewoog van de ene kant naar de andere kant. Vervolgens hebben we ervoor gekozen om de afgeleide waarde zoveel mogelijk te verhogen totdat het systeem nog maar één keer naar rechts uitweek.

Om het systeem volledig stabiel te krijgen binnen drie seconden, hebben we ten slotte de proportionele waarde van het vliegwiel verhoogd. Deze aanpassingen zijn gedaan om het systeem stabiel te maken en te laten voldoen aan de vereiste tijdsduur. Deze nieuwe waardes dienen nu als onze grenswaardes. De kosten hebben wij genomen over de tijd die het duurde voor het systeem om stabiel te worden.

Vervolgens moesten de totale kwadratische kosten zo laag mogelijk worden gehouden. Er is begonnen met het optimaliseren van de afgeleide waarde van het vliegwiel met stapjes van 0,05 per keer en kwam uiteindelijk uit op 0,2. Na slechts één stap gezet te hebben, bleek al dat dit de optimale waarde was. Daarna werd de proportionele waarde vergroot met stapjes van 10, en uiteindelijk geoptimaliseerd tot een waarde van -150. Ten slotte werd de afgeleide waarde van de slinger verlaagd met stapjes van 5, waarbij geconcludeerd werd dat de optimale waarde -40 is.

	Grenswaarde	1e	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e
K_P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K_I1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K_D1	0,25	0,2	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
K_P2	-180	-180	-180	-170	-160	-150	-150	-150	-150
K_I2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K_D2	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-30	-35	-40
Tijd	2,5	3,5	5	3	2,5	2	2,7	2	1,7
Kosten	2874	2305	2449	2298	2288	2311	2127	2082	2081

FIGUUR 2: BESCHREVEN AANPASSINGEN VAN ONZE PID-PARAMETERS MET STABILISATIEPERIODE EN KWADRATISCHE KOSTEN



Figuur 3: Kwadratische kosten tegenover stabilisatie periode van de parameters beschreven in figuur 2

Conclusie

Wij verwachten niet dat de stabilisatieperiode veel impact heeft op de stabilisatiekosten van het systeem. In figuur 2 en 3 zien we weinig tot geen correlatie tussen de tijd en de kosten. De kosten lijken niet consistent te veranderen als wij de stabilisatietijd variëren. De kosten wisselen tussen de 2874 en 2081 met een gemiddelde waarde van 2307.

Het is nog steeds wel mogelijk om consistent dalende/stijgende kosten te hebben als bij stijgende stabilisatietijden. Wij hebben de parameters die deze conclusies zouden ondersteunen alleen niet gevonden. Wij hebben namelijk maar gevarieerd vanuit een enkele set grenswaarden die als eerst een stabiel systeem gaven binnen de vereiste drie secondes. Wij kunnen alleen niet nagaan of de PID-parameters die door ons gebruikt zijn daadwerkelijk het meest kost efficiënt zijn.

Advies

Uit onze conclusie luidde dat er geen duidelijke correlatie gevonden was tussen de simulatietijd en de kwadratische kosten van bij verschillende parameters van het gesimuleerde systeem. Daarom adviseren wij om niet te veel te letten op de simulatietijd, maar om het systeem juist zo efficiënt mogelijk te maken onafhankelijk daarvan.