

# Is het mogelijk om een PID controller te vervangen door een AI?

Mitchel Reints - 1040953@hr.nl

Thomas van Ommeren - 1033239@hr.nl

Hogeschool Rotterdam - Elektrotechniek - PEE51

14 juni 2025

## Samenvatting

In dit onderzoek wordt onderzocht of een neurale netwerk het gedrag van een PID-regelaar kan nabootsen of verbeteren in een systeem waarbij een pingpongbal op een ingestelde hoogte wordt gehouden. De huidige regeling werkt met een PID-regelaar, maar het afstellen hiervan is tijdrovend en gevoelig voor omgevingsfactoren. Door een machine learning-model te trainen met data van het systeem, wordt onderzocht of een alternatief regelalgoritme mogelijk is. Er wordt niet ingegaan op de implementatie van het netwerk in een embedded omgeving, maar er wordt wel rekening gehouden met de beperkingen van de NXP FRDM-MC947 microcontroller, waarop het model uiteindelijk moet draaien. Het onderzoek richt zich op de technische haalbaarheid en de prestatievergelijking tussen het neurale netwerk en de traditionele PID-regelaar.

## 1 Inleiding

Hogeschool Rotterdam beschikt over de cursus Digitale Systemen (DIS10) over een opstelling waarbij een pingpongbal op een ingestelde hoogte wordt gehouden. Deze opstelling bestaat uit een verticale buis met onderaan een ventilator. Door de luchtdruk van de ventilator wordt de bal omhoog geblazen. Met behulp van een microcontroller wordt de ventilator aangestuurd, zodat de bal op een gewenste hoogte blijft zweven. De regeling van de ventilatorsnelheid gebeurt momenteel met behulp van een PID-regelaar (Proportioneel-Integrerend-Differentieel), waarbij de afwijking tussen de gewenste en werkelijke hoogte continu wordt bijgesteld.

Hoewel deze opstelling functioneert zoals bedoeld, is het instellen van de PID-parameters vaak een handmatig proces. Het vergt tijd om het systeem goed af te stemmen om het uiteindelijk stabiel te laten reageren op hoogteveranderingen. Daarnaast kunnen veranderingen in de omgeving (zoals temperatuur of luchtvochtigheid) de prestaties van de PID-regelaar beïnvloeden.

De begeleidende docent heeft de vraag gesteld of deze traditionele regelmethode vervangen kan worden door een benadering gebaseerd op machine learning. Machine learning biedt de mogelijkheid om op basis van data te leren hoe het systeem zich moet gedragen. In dit project wordt onderzocht of het mogelijk is om een machine learning model te ontwikkelen dat het gedrag van de PID-regelaar kan nabootsen of zelfs verbeteren.

Dit onderzoek is relevant omdat het laat zien hoe klassieke regeltechniek vervangen kan worden door moderne, zelflerende systemen. Daarnaast sluit het aan bij actuele ontwikkelingen binnen de techniek en biedt het studenten inzicht in zowel embedded systemen als kunstmatige intelligentie. Uiteindelijk is het doel om een demonstratie-opstelling te creëren die gebruikt kan worden tijdens bijvoorbeeld open dagen, om zo op een toegankelijke manier beide technieken te tonen.

Het doel van dit onderzoek is om te onderzoeken of een neurale netwerk het gedrag van een PID-regelaar kan nabootsen of verbeteren in een systeem waarbij een pingpongbal op een ingestelde hoogte wordt gehouden. Hierbij wordt een model ontwikkeld, getraind en geëvalueerd in een gesimuleerde omgeving. Uiteindelijk moet het model geschikt zijn voor implementatie op een embedded platform, met als doel een stabiele en nauwkeurige hoogtecontrole te realiseren. Het onderzoek richt zich op zowel de technische haalbaarheid als de vergelijking met de bestaande PID-regelaar. We gaan in dit onderzoek niet in op de implementatie van een neurale netwerk in een embedded omgeving, maar er wordt wel rekening gehouden met dat het uiteindelijk in een embedded omgeving geïmplementeerd moet

worden. In dit onderzoek wordt de nadruk gelegd op of het mogelijk is om een neurale netwerk het PID-regelaar gedrag te laten nabootsen en hoe dit zich verhoudt tot de traditionele PID-regelaar.

Voor dit onderzoek wordt zal er rekening gehouden worden met dat het neurale netwerk op een **NXP FRDM-MC947 Development board** microcontroller moet komen. In het verloop zal van het onderzoek wordt er rekening gehouden met de beperkingen van deze microcontroller, zoals geheugen- en rekenkrachtbeperkingen. Dit is belangrijk omdat het uiteindelijke doel is om het getrainde model op deze microcontroller te implementeren. De NXP FRDM-MC947 Development board is gekozen omdat deze geschikt is voor embedded toepassingen en voldoende mogelijkheden biedt voor het uitvoeren van machine learning taken.

Voor dit onderzoek zijn er een aantal onderzoeksvragen geformuleerd die uiteindelijk de hoofdvraag van dit onderzoek moeten beantwoorden:

1. Hoe werkt een PID-regelaar en hoe wordt deze toegepast in de huidige opstelling?
2. Welke soorten neurale netwerken zijn geschikt voor regeltoepassingen in embedded systemen?
3. Hoe kan trainingsdata verzameld worden om het gedrag van de PID-regelaar na te bootsen?
4. Hoe presteert het getrainde neurale netwerk vergeleken met de traditionele PID-regelaar?
5. Wat zijn de beperkingen van het gebruik van een neurale netwerk in een embedded omgeving?

In dit rapport wordt eerst de benodigde theorie besproken (hoofdstuk 2), gevolgd door de gebruikte methoden (hoofdstuk 3) waarin we dit onderzoek doen. Daarna worden de resultaten gepresenteerd (hoofdstuk 4) en besproken (hoofdstuk 5). Het rapport sluit af met conclusies en aanbeveling (Hoofdstuk 6). Volgens<sup>[1]</sup> is ...

aan het eind van het onderzoek zullen deze deelvragen worden beantwoord en onderbouwd, zodat de hoofdvraag kan worden beantwoord: *Is het mogelijk om een PID-regelaar te vervangen door een AI?*

Een neurale netwerk\* wordt getraind met data.

## Referenties

- [1] Mike Bowker and Phil Williams. Helsinki and west european security. *International Affairs*, 61(4):607–618, 1985.

\*Een neurale netwerk is een model geïnspireerd op het menselijk brein.

## Begrippenlijst

**PID-regelaar** Een regelsysteem dat gebruikmaakt van proportionele, integrale en afgeleide termen.

**Neuraal netwerk** Een algoritme geïnspireerd op het menselijk brein

dat patronen leert herkennen.

**Backpropagation** Methode om foutmarges in een neuraal netwerk terug te voeren en gewichten aan te passen.

For more details, refer to <sup>[1]</sup>.