

Simuleren en modelleren van dynamische systemen (E005722)

Cursusomvang *(nominale waarden; effectieve waarden kunnen verschillen per opleiding)*

Studiepunten 6.0 **Studietijd 180 u**

Aanbodsessies en werkvormen in academiejaar 2024-2025

A (semester 2) Engels Gent hoorcollege
werkcollege

Lesgevers in academiejaar 2024-2025

Crevecoeur, Guillaume TW08 Verantwoordelijk lesgever

Aangeboden in onderstaande opleidingen in 2024-2025

	stptn	aanbodsessie
Brugprogramma Master of Science in Electromechanical Engineering(afstudeerrichting Control Engineering and Automation)	6	A
Master of Science in Electromechanical Engineering(afstudeerrichting Control Engineering and Automation)	6	A
Master of Science in Electromechanical Engineering(afstudeerrichting Electrical Power Engineering)	6	A
Master of Science in Electromechanical Engineering(afstudeerrichting Maritime Engineering)	6	A
Master of Science in Electromechanical Engineering(afstudeerrichting Mechanical Construction)	6	A
Master of Science in Electromechanical Engineering(afstudeerrichting Mechanical Energy Engineering)	6	A
Master of Science in Chemical Engineering	6	A
Master of Science in de ingenieurswetenschappen: chemische technologie	6	A

Onderwijstalen

Engels

Trefwoorden

dynamische systemen, modelleren, simuleren, optimaliseren, dynamisch gedrag, optimale controle.

Situering

Deze cursus behelst het modelleren en simuleren van dynamische systemen om het gedrag van elektromechanische systemen te analyseren alsook hun performantie te optimaliseren. Deze systemen bestaan steeds meer uit interacties van fysische verschijnselen komende uit verschillende domeinen: mechanica, vloeistofdynamica, elektronica, enz. Bovendien maakt de alomtegenwoordigheid van data door de voortuitgangen geboekt op vlak van sensoren het mogelijk om te leren van data en gedragspatronen te herkennen. Doorgedreven ontwerpen van elektromechanische systemen vergt kennis van het gedrag van het systeem. Ten slotte is er nood aan het vinden van optimale controle acties die de operationele performantie van dynamische systemen optimaliseren.

Modelgebaseerde systeem engineering biedt een middel om de bovengenoemde uitdagingen aan te pakken. Verschillende computationele benaderingen worden dan ook in deze cursus bestudeerd. Deze cursus biedt volgende aspecten aan: (1) tools om multi-domein engineering systemen te modelleren. Systematische benaderingen worden aangereikt die toelaten praktische wiskundige modellen van een fysisch proces op te stellen. Daartoe worden fysisch gebaseerde modellen gebaseerd op energetische formalismen, d.w.z. Lagrangiaanse en Hamiltoniaanse bewegingsvergelijkingen, grafen gebaseerde en data gedreven modellen voorgesteld.

(2) tools om systeemgedrag te simuleren en te analyseren. De nauwkeurigheid van tijdsgebaseerde simulaties voor het berekenen van de toekomstige toestand van systemen vereist diepgaande kennis van simulatiemethoden.

(3) tools om niet-lineaire systemen optimaal aan te sturen en hun performantie te optimaliseren. Deterministische en stochastische optimalisatiemethoden die de modelgebaseerde controle ondersteunen worden aangereikt. Zowel continue tijd als discrete tijd niet-lineaire optimale controlebenaderingen worden bestudeerd. Ten slotte worden hybride systemen bekeken met behulp van automaten en petri-netformalismen. Dergelijke systemen bestaan uit een mix van continue tijdsdynamica en discrete gebeurtenissen gestuurde dynamica.

De aangereikte methodologieën worden toegepast op mechatronische en robotica toepassingen zoals de dubbele slinger, elektromechanische aandrijflijnen, ophangingen van wagens, windturbines en robotarmen.

Inhoud

1. Inleiding en algemene concepten: modellering van proces, modeltypes, concept van controle
 2. Fysisch gebaseerde modellering: variatierekening, Euler-Lagrange-vergelijking, Lagrangiaanse bewegingsvergelijkingen, Hamiltoniaanse bewegingsvergelijkingen
 3. Grafen gebaseerde modellering: vermogensstromen, bondgraafmodellering en -netwerken
 4. Data gedreven modellering: regressie van de kleinste kwadraten, schatting van de maximale waarschijnlijkheid, Bayesiaanse benadering, multivariate modellen, neurale netwerken en machinaal leren, classificatie, reductie van modelorde
 5. Simulatie van dynamische systemen: beginwaardeproblemen: bestaan en uniciteit, Lyapunov functionaal, impliciet en expliciete methoden; vinden van nulpunten; grenswaardeproblemen: shooting methoden, parametrisch grenswaardeprobleem voor trajectgeneratie
 6. Optimalisatie voor modelgebaseerd systeemontwerp: probleemdefinitie, optimaliteitsvoorwaarden, gradiëntgebaseerde methoden, sequentiële kwadratische programmering, stochastische gradiënt methoden, stochastische populatie- en distributiegebaseerde methoden
 7. Modelgebaseerde controle: continue tijd en discrete tijd optimale controle op basis van niet-lineaire modellen
 8. Hybride systemen: discrete toestandssystemen, automata, Petri-netten
- Project: implementeren van computationele algoritmen voor modelleren en simuleren van dynamische systemen met de finaliteit om gedrag van systemen te analyseren en hun performantie te optimaliseren.

Begincompetenties

Wiskundige analyse (differentiaalvergelijkingen, lineaire algebra, Taylorreeksen en convergentiebegrippen), fysica (mechanica, elektromagnetisme, vermogen en energiebegrippen), basiskennis van probabiliteit en statistiek.

Eindcompetenties

- 1 Inzicht in modelleren van complexe dynamische systemen: eenvoudige maar voldoende nauwkeurige modellen.
- 2 Gebruik maken van compositionaliteit, abstractie en hiërarchie om wiskundige modellen van systemen te ontwikkelen, te implementeren in een simulatietaal, te vereenvoudigen, en te valideren.
- 3 Gebruik maken van Lagrangiaanse en Hamiltoniaanse methodes.
- 4 Wiskundige modellen van continue dynamische systemen implementeren en simuleren met behulp van numerieke integratieroutine.
- 5 Gebruik maken van data gedreven modellen voor regressie en classificatie.
- 6 Modelgebaseerde regelaars ontwerpen voor continue tijd en discrete tijd systeemmodellen.
- 7 Gebruik van computerpakketten voor implementatie van de simulatieprogramma's.
- 8 Systeemmodellen voor systemen met asynchrone gebeurtenissen kunnen ontwerpen met behulp van automaten en Petri netten.

Creditcontractvoorwaarde

Toelating tot dit opleidingsonderdeel via creditcontract is mogelijk mits gunstige beoordeling van de competenties

Examencontractvoorwaarde

Dit opleidingsonderdeel kan niet via examencontract gevolgd worden

Didactische werkvormen

Werkcollege, Hoorcollege

Studiemateriaal

Type: Syllabus

Naam: online, gratis ter beschikking via het elektronisch leerplatform

Richtprijs: Gratis of betaald door opleiding

Optioneel: nee

Referenties

- Karnopp, Marcolis and Rosenberg: System Dynamics: Modelling and simulation of mechatronic systems, Wiley, 2000
- P.P. Varaiya: Notes on Optimization, Van Nostrand Reinhold 1972
- A. van der Schaft en H. Schumacher: An introduction to Hybrid Dynamical Systems, Springer, 2000
- T. Braunl: Embedded Robotics, Springer, 2003

Vakinhoudelijke studiebegeleiding

Lesgever beschikbaar voor uitleg (individueel of in groep) na afspraak; e-mail adviezen.

Evaluatiemomenten

periodegebonden en niet-periodegebonden evaluatie

Evaluatievormen bij periodegebonden evaluatie in de eerste examenperiode

Mondelinge evaluatie

Evaluatievormen bij periodegebonden evaluatie in de tweede examenperiode

Mondelinge evaluatie

Evaluatievormen bij niet-periodegebonden evaluatie

Werkstuk

Tweede examenkans in geval van niet-periodegebonden evaluatie

Examen in de tweede examenperiode is enkel mogelijk in gewijzigde vorm

Toelichtingen bij de evaluatievormen

Periodegebonden evaluatie: mondeling examen met gesloten boek, schriftelijke voorbereiding. Niet-periodegebonden evaluatie: beoordeling van projectverslagen.

Eindscoreberekening

Studenten moeten slagen voor het project tijdens het semester; dit project vormt basis voor gesloten boek ondervraging tijdens examen. 30% mondeling en schriftelijk projectverslag; 70% voor mondeling, gesloten boek examen.