**มคอ. 3**

**รายละเอียดของกระบวนวิชา**

|  |
| --- |
| **1. ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CHIANG MAI UNIVERSITY)** |
| **2. คณะ/ภาควิชา คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์**  **Faculty of Science Department of Mathematics** |
| **3. รหัสกระบวนวิชา** ว.คณ. 464 (206464)  **ชื่อกระบวนวิชา** ทฤษฎีควบคุมเชิงคณิตศาสตร์เบื้องต้น  (Introduction to Mathematical Control Theory) |
| **4. หน่วยกิต** 3(3-0-6) |

**หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป**

|  |
| --- |
| **1. หลักสูตรและประเภทของกระบวนวิชา**  **1.1 กระบวนวิชานี้ใช้สำหรับ**  **☑** หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์  🞏 หลายหลักสูตร  **1.2 ประเภทของกระบวนวิชา**  🞏วิชาศึกษาทั่วไป กลุ่มวิชา……………………….  **☑** วิชาเฉพาะ |
| **2. อาจารย์ผู้รับผิดชอบกระบวนวิชาและอาจารย์ผู้สอน**  **2.1 อาจารย์ผู้รับผิดชอบ**  รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะพงศ์ เนียมทรัพย์  **2.2 อาจารย์ผู้สอน (ทุกคน)**  รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะพงศ์ เนียมทรัพย์  อาจารย์ ดร.สุทธิดา วงศ์แก้ว |
| **3. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน**  ภาคการศึกษาที่ 2ชั้นปีที่ 3 หรือ 4 |
| **4. สถานที่เรียน**  **☑** ในสถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่  🞏 นอกสถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ระบุ) ............................................. |
| **5. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์จะให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล**  ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ |

**หมวดที่ 2 ลักษณะและการดำเนินการ**

**ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์**

**ว.คณ. 464 (206464) ทฤษฎีควบคุมเชิงคณิตศาสตร์เบื้องต้น 3(3-0-6)**

**ลักษณะกระบวนวิชา** 🗹 **บรรยาย** 🞏 **ปฏิบัติการ** 🞏 **ฝึกปฏิบัติ** 🞏 **สหกิจศึกษา**

**การวัดและประเมินผล** 🗹 **A-F** 🞏 **S/U** 🞏 **P**

**กรณีของกระบวนวิชา Selected Topic** 🞏 **นับจำนวนหน่วยกิตสะสมเพื่อการสำเร็จการศึกษาทุกครั้ง**

🞏 **นับจำนวนหน่วยกิตสะสมเพื่อการสำเร็จการศึกษาเพียงครั้งเดียว**

**เงื่อนไขที่ต้องผ่านก่อน :** ว.คณ. 325 (206325) และ ว.คณ. 341 (206341)

**คำอธิบายลักษณะกระบวนวิชา**

บทนำ ความรู้เบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ การสร้างตัวแบบของระบบควบคุม ผลเฉลยของสมการสถานะ ภาวะควบคุมได้ ภาวะสังเกตได้ ทฤษฎีบทเสถียรภาพ การวางตำแหน่งโพลและการป้อนกลับสถานะ ตัวประมาณค่าสถานะและตัวสังเกตสถานะ การควบคุมเหมาะที่สุดเบื้องต้น

**ผลลัพธ์การเรียนรู้ของกระบวนวิชา (Course Learning Outcomes: CLOs) :** นักศึกษาสามารถ

**CLO 1 :** สร้างตัวแบบของระบบควบคุม

**CLO 2 :** หาค่าและวิเคราะห์ผลเฉลยของสมการสถานะ

**CLO 3 :** อธิบายความหมายของภาวะควบคุมและตรวจสอบภาวะควบคุมของระบบเวลาไม่แปรเปลี่ยนเชิงเส้นและระบบเวลาแปรผันเชิงเส้นได้โดยใช้เกณฑ์พีชคณิต

**CLO 4 :** อธิบายความหมายของภาวะสังเกตได้และตรวจสอบภาวะสังเกตได้ของระบบเวลาไม่แปรเปลี่ยนเชิงเส้นและระบบเวลาแปรผันเชิงเส้นได้โดยใช้เกณฑ์พีชคณิต

**CLO 5 :** อธิบายและวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบเชิงเส้น

**CLO 6 :** สร้างปัญหาการควบคุมเหมาะสมที่สุด พิสูจน์การมีอยู่จริงของผลเฉลยและวิเคราะห์ผลเฉลย

**ความสอดคล้องของ PLOs และผลลัพธ์การเรียนรู้ของกระบวนวิชา (CLOs)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **PLOs / CLOs** | **CLO 1** | **CLO 2** | **CLO 3** | **CLO 4** | **CLO 5** | **CLO 6** |
| **PLO 1** |  |  |  |  |  |  |
| **PLO 2** | X | X | X | X | X | X |
| **PLO 3** | X |  | X | X |  |  |
| **PLO 4** |  | X | X | X | X | X |
| **PLO 5** | X | X | X | X | X | X |
| **PLO 6** |  |  |  |  |  |  |
| **PLO 7** |  |  |  |  |  |  |
| **PLO 8** |  |  |  |  |  |  |

**เนื้อหากระบวนวิชา จำนวนชั่วโมงบรรยาย**

1. บทนำ 1.5

2. ความรู้เบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ 3

2.1 ค่าเฉพาะ

2.2 **เวกเตอร์เฉพาะ**

2.3 การแปลงภาวะคล้าย

2.4 ฟังก์ชันของเมทริกซ์

2.5 ทฤษฎีบทเคย์เลย์ แฮมมิลตัน

3. **การสร้างตัวแบบของระบบควบคุม 6**

3.1 สมการสถานะรูปแบบต่างๆ

3.2 **สมการสถานะจากสมการเชิงอนุพันธ์**

3.3 ฟังก์ชันถ่ายโอน

3.4 **การสร้างตัวแบบของระบบเวลาวิยุค**

4. ผลเฉลยของสมการสถานะ 4.5

4.1 สมการสถานะของฟังก์ชันถ่ายโอน

4.2 เมทริกซ์เปลี่ยนสถานะ

4.3 ผลเฉลยของระบบเวลาวิยุต

5. ภาวะควบคุมได้ 4.5

5.1 **ภาวะควบคุมได้ของระบบเวลาไม่แปรเปลี่ยนเชิงเส้น**

5.2 **เกณฑ์พีชคณิตสำหรับภาวะควบคุมได้ของระบบเวลาไม่แปรเปลี่ยนเชิงเส้น**

5.3 **ภาวะควบคุมได้ของระบบเวลาแปรผันเชิงเส้น**

6. ภาวะสังเกตได้ 4.5

6.1 ภาวะสังเกตได้ของระบบเวลาไม่แปรเปลี่ยนเชิงเส้น

6.2 เกณฑ์พีชคณิตสำหรับภาวะสังเกตได้ของระบบเวลาไม่แปรเปลี่ยนเชิงเส้น

6.3 **ภาวะสังเกตได้ของระบบเวลาแปรผันเชิงเส้น**

6.4 **ภาวะคู่กัน**

7. ทฤษฎีบทเสถียรภาพ 9

7.1 เกณฑ์พีชคณิตสำหรับระบบเชิงเส้น

7.2เกณฑ์ไนควิสต์สำหรับระบบเชิงเส้น

7.3 **ทฤษฎีบทไลปูนอฟและการประยุกต์**

7.4 เสถียรภาพและการควบคุม

8. การวางตำแหน่งโพลและการป้อนกลับสถานะ 3

9. ตัวประมาณค่าสถานะและตัวสังเกตสถานะ 3

10. การควบคุมเหมาะที่สุดเบื้องต้น 6

10.1 ดัชนีผลการดำเนินงาน

10.2 แคลคูลัสของการแปรผัน

10.3 หลักการของพอนทรียากิน

10.4 ตัวปกติเชิงเส้น

**รวม 45**

**เหตุผลในการปรับปรุงกระบวนวิชา**

1. ปรับคำอธิบายลักษณะกระบวนวิชาเพื่อให้สอดคล้องกับแนวปฏิบัติของมหาวิทยาลัย

2. เพิ่ม Course Learning Outcomes (CLOs) เพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบ Outcome-Based Education (OBE) โดยสามารถวัดผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ Program Learning Outcomes (PLOs) ของหลักสูตร

3. ปรับการพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบ Outcome-Based Education (OBE)

การปรับปรุงกระบวนวิชาดังกล่าวข้างต้น ได้ผ่านความเห็นชอบจากที่ประชุมคณะกรรมการบริหารประจำคณะวิทยาศาสตร์ ในคราวประชุมครั้งที่ 16/2563 เมื่อวันที่ 16 กันยายน 2563 กำหนดให้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564 เป็นต้นไป



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรัฏฐ์ แสนทน)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่ 17 กันยายน 2563

**Department of Mathematics Faculty of Science**

**MATH 464 (206464) Introduction to Mathematical Control Theory 3(3-0-6)**

**Abbreviation** INTRO TO MATH CONTROL THEORY

**Course Type 🗹 Lecture** 🞏 **Lab** 🞏 **Practice/Practicum** 🞏 **Cooperative Education**

**Measurement and Evaluation 🗹 A-F** 🞏 **S/U** 🞏 **P**

**Selected Topic in Specialized Field 🞏 Count the accumulated credits for graduation every times**

**🞏 Count the accumulated credits for graduation one-time only**

**Prerequisite :** MATH 325 (206325) and MATH 341 (206341)

**Course Description**

Introduction, mathematical preliminary, modelling of control systems, solutions of state equations, controllability, observability, stability theory, pole placement and state feedback, state estimator and observer, introduction to optimal control

**Course Learning Outcomes (CLOs) :** Students are able to

**CLO 1 :** formulate the control systems;

**CLO 2 :** find and analyze solutions of steady-state systems;

**CLO 3 :** explain definition of controllability and examine controllability of linear time-invariant and time-varying systems using algebraic criteria;

**CLO 4 :** explain definition of observability and examine observability of linear time-invariant and time-varying systems using algebraic criteria;

**CLO 5 :** explain and analyze the stability of linear systems;

**CLO 6 :** formulate the optimal control problem, prove the existence of solution, and analyze the solution.

**Course Contents No. of Lecture Hours**

1. Introduction 1.5

2. Mathematical preliminary 3

2.1 Eigenvalues

2.2 Eigenvectors

2.3 Similarity transformation

2.4 Functions of matrices

2.5 Cayley-Hamilton theorem

3. Modelling of control systems 6

3.1 Various forms of state equations

3.2 State equations from differential equations

3.3 Transfer functions

3.4 Modelling of discrete-time systems

4. Solutions of state equations 4.5

4.1 State equations of transfer functions

4.2 Transition matrix

4.3 Solution of discrete-time system

5. Controllability 4.5

5.1 Controllability of linear time-invariant system

5.2 Algebraic criteria for controllability of linear time-invariant system

5.3 Controllability of linear time-varying system

6. Observability 4.5

6.1 Observability of linear time-invariant system

6.2 Algebraic criteria for observability of linear time-invariant system

6.3 Observability of linear time-varying system

6.4 Duality

7. Stability Theory 9

7.1 Algebraic criteria for linear systems

7.2 Nyquist criteria for linear systems

7.3 Lyapunov theory and applications

7.4 Stability and control

8. Pole placement and state feedback 3

9. State estimator and observer 3

10. Introduction to optimal control 6

10.1 Performance indices

10.2 Calculus of variation

10.3 Pontryagin’s principle

10.4 Linear regulator

**Total 45**

**หมวดที่ 3 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **CLOs** | **วิธีการจัดการเรียนรู้** | **วิธีการประเมินผลการเรียนรู้** |
| **CLO 1 :** สร้างตัวแบบของระบบควบคุม | บรรยายและยกตัวอย่างในชั้นเรียน | การบ้าน สอบข้อเขียน กิจกรรมกลุ่ม |
| **CLO 2 :** หาค่าและวิเคราะห์ผลเฉลยของสมการสถานะ | บรรยายและยกตัวอย่างในชั้นเรียน ปฏิบัติการในห้องคอมพิวเตอร์ | การบ้าน สอบข้อเขียน กิจกรรมกลุ่ม |
| **CLO 3 :** อธิบายความหมายของภาวะควบคุมและตรวจสอบภาวะควบคุมของระบบเวลาไม่แปรเปลี่ยนเชิงเส้นและระบบเวลาแปรผันเชิงเส้นได้โดยใช้เกณฑ์พีชคณิต | บรรยายและยกตัวอย่างในชั้นเรียน ปฏิบัติการในห้องคอมพิวเตอร์ | การบ้าน สอบข้อเขียน กิจกรรมกลุ่ม |
| **CLO 4 :** อธิบายความหมายของภาวะสังเกตได้และตรวจสอบภาวะสังเกตได้ของระบบเวลาไม่แปรเปลี่ยนเชิงเส้นและระบบเวลาแปรผันเชิงเส้นได้โดยใช้เกณฑ์พีชคณิต | บรรยายและยกตัวอย่างในชั้นเรียน ปฏิบัติการในห้องคอมพิวเตอร์ | การบ้าน สอบข้อเขียน กิจกรรมกลุ่ม |
| **CLO 5 :** อธิบายและวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบเชิงเส้น | บรรยายและยกตัวอย่างในชั้นเรียน | การบ้าน สอบข้อเขียน กิจกรรมกลุ่ม |
| **CLO 6 :** สร้างปัญหาการควบคุมเหมาะสมที่สุด พิสูจน์การมีอยู่จริงของผลเฉลยและวิเคราะห์ผลเฉลย | บรรยายและยกตัวอย่างในชั้นเรียน ปฏิบัติการในห้องคอมพิวเตอร์ | การบ้าน สอบข้อเขียน กิจกรรมกลุ่ม |

![A screenshot of a cell phone

Description automatically generated]()