

<b>Dersin Adı:</b> Doğrusal Olmayan Kontrol Sistemlerine Giriş				<b>Course Name:</b> Introduction to Nonlinear Control Systems		
Kod (Code)	Yarıyıl (Semester)	Kredi (Local Credits)	AKTS Kredi (ECTS Credits)	Ders Uygulaması, Saat/Hafta (Course Implementation, Hours/Week)		
				Ders (Theoretical)	Uygulama (Tutorial)	Laboratuvar (Laboratory)
KON 436E	6	3	5	3	-	-
<b>Bölüm / Program (Department/Program)</b>		Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği (Control and Automation Engineering)				
<b>Dersin Türü (Course Type)</b>		Seçmeli (Elective)		<b>Dersin Dili (Course Language)</b>		İngilizce English
<b>Dersin Önkoşulları (Course Prerequisites)</b>		KON 313 MIN DD veya (or) KON 313E MIN DD				
<b>Dersin Mesleki Bileşene Katkısı, % (Course Category byContent, %)</b>		<b>Temel Bilim ve Matematik (Basic Sciences and Math)</b>	<b>Temel Mühendislik (Engineering Science)</b>	<b>Mühendislik/Mimarlık Tasarım (Engineering/Archit ecture Design)</b>	<b>Genel Eğitim (General Education)</b>	
		-	-	%100	-	
<b>Dersin Tanımı (Course Description)</b>		Doğrusal sistemleri hatırlatma (durum uzayı modelleri ve köşegenleştirme, doğrusal sistemler için temel teorem), doğrusal olmayan sistemlere giriş, varlık ve teklik teoremi, varlık teoreminin maksimum aralığı, doğrusallaştırma, faz portreleri, hiperbolik denge noktalarının lokal analizi, doğrusal olmayan merkezlerin analizi, konservatif ve tersinir sistemler, kararlılık ve Lyapunov fonksiyonları, hiperbolik olmayan denge noktalarının analizi, merkez manifold indirgeme, normal form teorisi, gradient ve hamiltoniyen sistemler, limit çevrimler, Poincaré-Bendixson teoremi, durum geribesleme kararlılaştırması, giriş-durum ve giriş-çıkış geribesleme doğrusallaştırması, diğer doğrusal olmayan kontrol tekniklerinin tanıtımı (backstepping, kayma kipli kontrol vb.) Linear systems revisited (state-space models and diagonalization, the fundamental theorem for linear systems), introduction to nonlinear systems, the existence-uniqueness theorem, maximum interval of existence, linearization, phase portraits, local analysis of hyperbolic fixed points, analysis of nonlinear centers, conservative and reversible systems, stability and Lyapunov functions, non-hyperbolic fixed points, center manifold reduction, normal form theory, gradient and hamiltonian systems, limit cycles, Poincaré-Bendixson theorem, state feedback stabilization, input-state and input-output feedback linearization, presentation of the other nonlinear control techniques (backstepping, sliding mode control, etc.)				
<b>Dersin Amacı (Course Objectives)</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>Doğrusal olmayan sistemlerin detaylı analizi konusunda bilgi sahibi olunması.</li> <li>Doğrusal olmayan sistemler ile ilgili önemli teoremlerin öğretilmesi.</li> <li>Doğrusal olmayan sistemlerde kullanılan temel kontrol tekniklerinin tanıtılması.</li> <li>Öğrencilere grup çalışması ve kapsamlı rapor hazırlama konusunda deneyim kazandırma.</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>To gain the knowledge on the detailed analysis of nonlinear systems.</li> <li>To teach the fundamental theorems of the nonlinear systems.</li> <li>To introduce basic control techniques used in the nonlinear systems.</li> <li>To provide experience for students to work in groups and prepare comprehensive reports.</li> </ol>				
<b>Dersin Öğrenme Çıktıları (Course Learning Outcomes)</b>		<p>Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Doğrusal ve doğrusal olmayan sistemler arasındaki temel farkları anlar</li> <li>Doğrusal sistemlerde durum uzayı modelleri, faz portreleri ve Lyapunov kararlılığı gibi konuları hatırlar</li> <li>Doğrusal olmayan sistemlerde denge noktalarının lokal analizini ve ilgili temel teoremleri öğrenir</li> <li>Doğrusal olmayan sistemlerde denge noktalarının analizi ile ilgili ileri teknikleri kullanabilir</li> <li>Gradient ve hamiltoniyen sistemler hakkında bilgi sahibi olur</li> <li>Periyodik yörüngeler, limit çevrimler, Lienard sistemler ve bunlarla ilgili teoremleri öğrenir</li> <li>Doğrusal olmayan sistemlerin kontrolünde kullanılan temel kontrol teknikleri ile ilgili bilgi sahibi olur</li> <li>MATLAB ve Mathematica gibi temel yazılımları doğrusal olmayan sistemlerin analizinde kullanabilir</li> <li>Kişisel olarak veya grup halinde kapsamlı rapor hazırlama ve yazılı olarak kendini ifade etme becerisi kazanır</li> </ol> <p>Students who successfully complete this course will be able to</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Understand the main differences between the linear and nonlinear systems</li> <li>Remember the state space models phase portraits and Lyapunov stability in linear systems</li> <li>Learn the local analysis of fixed points and corresponding fundamental theorems</li> <li>Use more advanced techniques for the analysis of fixed points in nonlinear systems</li> <li>Have knowledge about the gradient and hamiltonian systems</li> <li>Learn periodic orbits, limit cycles, Lienard systems and corresponding theorems</li> <li>Have knowledge about the main control techniques used in nonlinear systems</li> <li>Use MATLAB and Mathematica softwares for the analysis of nonlinear systems</li> <li>Prepare comprehensive reports individually or in groups, and express himself/herself in writing</li> </ol>				

## DERS PLANI

Hafta	Konular	Dersin Öğrenme Çıktıları
1	Doğrusal olmayan sistemlere giriş, doğrusal olmayan sistem örnekleri	I
2	Doğrusal sistemler hatırlatma: Durum uzayı modelleri ve doğrusallaştırma, durum geçiş matrisi, lineer sistemler için temel teorem	I, II
3	Doğrusal sistemler hatırlatma: İki boyutlu uzayda faz portreleri, kompleks ve katlı özdeğer durumları	I, II
4	Lineer zamanla değişmeyen sistemler için Lyapunov kararlılığı, uygulama oturumu I	I, VIII
5	Varlık ve teklik teoremi, varlık teoreminin maksimum aralığı, doğrusallaştırma	III
6	Hiperbolik denge noktalarının lokal analizi, kararlı manifold ve Hartman-Grobman teoremleri, doğrusal olmayan merkezler, kutupsal koordinat dönüşümleri	III
7	Konservatif & tersinir sistemler, kararlılık ve Lyapunov fonksiyonları, iki boyutlu uzayda hiperbolik olmayan denge noktaları	III, IV
8	Merkez manifold indirgeme, uygulama oturumu II	IV, VIII
9	Normal form teorisi	IV
10	Gradyent ve hamiltonyen sistemler	IV, V
11	Limit kümeler ve çekiciler, periyodik yörüngeler & limit çevrimler, Dulac kriteri	IV, VI
12	Poincaré-Bendixson teoremi, Lienard sistemler	VI
13	Durum geribesleme kararlılaştırması, giriş-durum ve giriş-çıkış geribesleme doğrusallaştırması ile kontrol	VII
14	Diğer doğrusal olmayan kontrol tekniklerinin tanıtımı, uygulama oturumu III	VII, IX

## COURSE PLAN

Weeks	Topics	Course Learning Outcomes
1	Introduction to nonlinear systems, nonlinear system examples	I
2	Linear systems revisited: State-space models and diagonalization, state transition matrix, the fundamental theorem for linear systems	I, II
3	Linear systems revisited: Phase portraits in $\mathbb{R}^2$ , complex and multiple eigenvalues cases	I, II
4	Lyapunov stability for LTI systems, problem-solving session I	I, VIII
5	The existence-uniqueness theorem, maximum interval of existence, linearization	III
6	Local analysis of hyperbolic fixed points, Stable Manifold & Hartman-Grobman theorems, analysis of nonlinear centers, polar coordinate transformation	III
7	Conservative & reversible systems, stability and Lyapunov functions, non-hyperbolic fixed points in $\mathbb{R}^2$	III, IV
8	Center manifold reduction, problem-solving session II	IV, VIII
9	Normal form theory	IV
10	Gradient and Hamiltonian systems	IV, V
11	Limit sets and attractors, periodic orbits & limit cycles, Dulac's criterion	IV, VI
12	Poincaré-Bendixson theorem, Lienard systems	VI
13	State feedback stabilization, control via input-state and input-output feedback linearization	VII
14	Presentation of the other nonlinear control techniques, problem-solving session III	VII, IX

### Dersin Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Öğrenci Çıktılarıyla İlişkisi

	Programın mezuna kazandıracığı bilgi ve beceriler (programa ait çıktılar)	Katkı Seviyesi		
		1	2	3
1	Mühendislik, fen ve matematik ilkelerini uygulayarak karmaşık mühendislik problemlerini belirleme, formüle etme ve çözüme becerisi.			X
2	Küresel, kültürel, sosyal, çevresel ve ekonomik etmenlerle birlikte özel gereksinimleri sağlık, güvenlik ve refahı göz önüne alarak çözüm üreten mühendislik tasarımı uygulama becerisi.			
3	Farklı dinleyici gruplarıyla etkili iletişim kurabilme becerisi.			
4	Mühendislik görevlerinde etik ve profesyonel sorumlulukların farkına varma ve mühendislik çözümlerinin küresel, ekonomik, çevresel ve toplumsal bağlamdaki etkilerini göz önünde bulundurarak bilinçli kararlar verme becerisi.			
5	Üyeleri birlikte liderlik sağlayan, işbirlikçi ve kapsayıcı bir ortam yaratan, hedefler belirleyen, görevleri planlayan ve hedefleri karşılayan bir ekipte etkili bir şekilde çalışma yeteneği becerisi.		X	
6	Özgün deney geliştirme, yürütme, verileri analiz etme ve yorumlama ve sonuç çıkarmak için mühendislik yargısını kullanma becerisi.			
7	Uygun öğrenme stratejileri kullanarak ihtiyaç duyulduğunda yeni bilgi edinme ve uygulama becerisi.		X	

**Ölçek:** 1: Az, 2: Kısmi, 3: Tam

### Relationship of the Course to Control and Automation Engineering Student Outcomes

	Program Student Outcomes	Level of Contribution		
		1	2	3
1	An ability to identify, formulate, and solve complex engineering problems by applying principles of engineering, science, and mathematics.			X
2	An ability to apply engineering design to produce solutions that meet specified needs with consideration of public health, safety, and welfare, as well as global, cultural, social, environmental, and economic factors.			
3	An ability to communicate effectively with a range of audiences.			
4	An ability to recognize ethical and professional responsibilities in engineering situations and make informed judgments, which must consider the impact of engineering solutions in global, economic, environmental, and societal contexts.			
5	An ability to function effectively on a team whose members together provide leadership, create a collaborative and inclusive environment, establish goals, plan tasks, and meet objectives.		X	
6	An ability to develop and conduct appropriate experimentation, analyze and interpret data, and use engineering judgment to draw conclusions.			
7	An ability to acquire and apply new knowledge as needed, using appropriate learning strategies.		X	

**Scaling:** 1: Little, 2: Partial, 3: Full

Relationship of the Course to Control and Automation Engineering Student Outcomes							
Outcome	1	2	3	4	5	6	7
Level of Contribution	3	-	-	-	2	-	2
Scaling :1: Little 2: Partial 3: Full							

<u>Tarih (Date)</u> 24.11.2021	<u>Bölüm onayı (Departmental approval)</u>
-----------------------------------	--

## Ders Kaynakları ve Başarı Değerlendirme Sistemi (Course Materials and Assessment Criteria)

<b>Ders Kitabı (Textbook)</b>	- L. Perko (2013), "Differential equations and dynamical systems", vol. 7, Springer Science & Business Media.		
<b>Diğer Kaynaklar (Other References)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- D. Cheng , X. Hu, T. Shen (2011), "Analysis and Design of Nonlinear Control Systems", Springer.</li> <li>- S. Wiggins (2003), "Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos", Springer.</li> <li>- S.H. Strogatz (2000), "Nonlinear dynamics and chaos", Addison-Wesley Pub. Comp.</li> <li>- H.K. Khalil (2000), "Nonlinear systems", Pearson Education.</li> </ul>		
<b>Ödevler ve Projeler (Homework &amp; Projects)</b>	<p>Öğrenciler dönem içerisinde 5 (beş) adet takım çalışmasına dayalı ödev hazırlayacaklardır.</p> <p>Students will prepare 5 (five) homework assignments which require teamwork during the semester.</p>		
<b>Laboratuvar Uygulamaları (Laboratory Work)</b>	-		
<b>Bilgisayar Kullanımı (Computer Usage)</b>	<p>Öğrencilerin ödev sorularını çözebilmeleri için Mathematica ve MATLAB yazılımlarından ağırlıklı olarak faydalanmaları beklenmektedir.</p> <p>Students are expected to use Mathematica and MATLAB at a great extent in the solution of homework assignments.</p>		
<b>Diğer Uygulamalar (Other Activities)</b>	<p>Dönem boyunca konuların pekiştirilmesi amacıyla 3 adet uygulama oturumu gerçekleştirilecektir.</p> <p>There will be 3 problem-solving sessions during the semester in order to reinforce the topics.</p>		
<b>Başarı Değerlendirme Sistemi (Assessment Criteria)</b>	<b>Faaliyetler (Activities)</b>	<b>Adedi (Quantity)</b>	<b>Genel Nota Katkı, % (Effects on Grading, %)</b>
	<b>Yıl İçi Sınavları (Midterm Exams)</b>	1	%25
	<b>Kısa Sınavlar (Quizzes)</b>	-	
	<b>Ödevler (Homework)</b>	5	%35
	<b>Projeler (Projects)</b>	-	
	<b>Dönem Ödevi/Projesi (Term Paper/Project)</b>	-	
	<b>Laboratuvar Uygulaması (Laboratory Work)</b>	-	
	<b>Diğer Uygulamalar (Other Activities)</b>	-	
	<b>Final Sınavı (Final Exam)</b>	1	%40