



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Matematik
DERSİN ADI	Matematiksel Biyolojiye Giriş
DERSİN KODU	MAT4014
YEREL KREDİSİ	3
AKTS KREDİSİ	5
HAFTALIK DERS SAATİ	3
HAFTALIK UYGULAMA SAATİ	0
HAFTALIK LABORATUVAR SAATİ	0
ÖNKOŞULLAR	Yok
YARIYIL	Güz, Bahar
DERSİN DİLİ	İngilizce, Türkçe
DERSİN SEVİYESİ	Lisans
DERSİN TÜRÜ	Seçmeli @ Matematik Lisans Programı
DERSİN KATEGORİSİ	Temel Meslek Dersleri
DERSİN VERİLİŞ ŞEKLİ	Yüz Yüze
DERSİ SUNAN AKADEMİK BİRİM	Matematik Bölümü
DERSİN KOORDİNATÖRÜ	Canan ÇELİK KARAASLANLI
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, öğrencilere lineer ve lineer olmayan fark denklemleri ile lineer ve lineer olmayan diferansiyel denklemler gibi temel matematiksel kavramların teorisinin biyolojik olayları modellemede kullanabilme, bu modeller için lokal ve global kararlılık analizi yapabilme becerileri kazandırmaktır.
DERSİN İÇERİĞİ	Lineer fark denklemleri; birinci-ikinci ve yüksek mertebeden fark denklemleri; birinci mertebeden sistemler; lineer olmayan fark denklemleri; fark denklemleri için kararlılık analizi; Jury kriteri; biyolojik fark denklem modelleri; lineer diferansiyel denklemler; birinci ve yüksek mertebeden diferansiyel denklemler; Routh Hurwitz kriteri; lineer olmayan diferansiyel denklemler; kararlılık analizi; biyolojik diferansiyel denklem modelleri.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitabı: Allen, Linda J.S. <i>An Introduction to Mathematical Biology</i> . Pearson, 2007. Zorunlu Kaynaklar: [1] Murray, James D. <i>Mathematical Biology</i> . 2. baskı, Springer Science & Business Media, 1993. Önerilen Kaynaklar: Edelstein-Keshet, Leah. <i>Mathematical Models in Biology</i> . SIAM Press, 2005.
Ders Öğrenim Çıktıları	Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler, 1. Biyolojik olayları matematiksel modelleyebileceklerdir.



2. Matematiksel modelleri analiz edebileceklerdir.
3. Veri analizinde biyoloji uygulamaları yapabileceklerdir.
4. Doğrusal veya doğrusal olmayan dinamik sistemleri analiz edebileceklerdir.
5. Lineer olmayan modelleri lineerleştirerek biyoloji problemlerinin kararlılık analizini yapabileceklerdir.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım		
Laboratuvar		
Uygulama		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği (Zorunlu): İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı soruların sorulması Format: Yüz yüze. Çoktan seçmeli kısa sınav (20 dakika) Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen teorik konular ile ilgili problemleri çözebilme	4	%20
Ödev		
Sunum/Jüri: İçerik: Öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini değerlendirmelerinin ve grup sunumları yapmalarının istenmesi Format: Grup sunumları (60 dakika) Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Öğrenilen konuların doğru bir şekilde açıklanabilmesi -Sunum tekniklerinin doğru kullanılması	1	%20
Proje		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı sorular Format: Yüz yüze. Sınav (90 dakika) Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Dersin temel kavramlarının anlaşıldığının gösterilmesi -Teorik konularla ilgili problemlerin çözülebilmesi -Teorik düşünme süreçlerinin yürütülmesi	1	%20
Final: İçerik: Dersin tüm içeriğini kapsayan kapsamlı sorular Format: Yüz yüze. Sınav (90 dakika) Detaylı Değerlendirme Kriterleri:	1	%40



-Derste işlenen tüm konuların derinlemesine kavranmış olduğunun gösterilmesi -İleri düzey problem çözme becerilerinin kullanılabilmesi			
Dönem İçi Çalışmaların Başarı Notuna Katkısı		%60	
Final Sınavının Başarı Notuna Katkısı		%40	
TOPLAM		%100	
HAFTALIK KONULAR VE İLGİLİ ÖN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI			
HAFTALAR	KONULAR	Ön Hazırlık	
1	Konu Anlatımı: Lineer fark denklemleri Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Lineer fark denklemleri ile ilgili tanım ve örneklerin verilmesi Sınıf-İçi Tartışma (30 dk.): Lineer fark denklemlerinin kullanım alanıyla ilgili tartışmanın yapılması	1. Lineer fark denklemleri için temel kavramların ve notasyonların hazırlığı. Kaynak: Ders Kitabı, 2-7; 34-35.	
2	Konu Anlatımı: Birinci-ikinci ve yüksek mertebeden fark denklemleri Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Birinci-ikinci ve yüksek mertebeden lineer fark denklemleri ile ilgili tanım ve örneklerin verilmesi Sınıf-İçi Tartışma (30 dk.): Birinci-ikinci ve yüksek mertebeden lineer fark denklemlerinin kullanım alanıyla ilgili tartışmanın yapılması	1. Birinci-ikinci ve yüksek mertebeden fark denklemler konusunu içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 6-13.	
3	Konu Anlatımı: Birinci mertebeden sistemler Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Biyolojik modeller üzerinden örnekleme yaptırılması Sınıf-İçi Tartışma (30 dk.): Birinci mertebeden sistemler ile ilgili farklı uygulamaların tartışılması Kısa Sınav 1 (20 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Birinci mertebeden sistemler konusunu içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı; 14-27. 2. Kısa Sınav 1 (lineer fark denklemleri ve sistemleri) Kaynak: Ders Kitabı, 2-27.	
4	Konu Anlatımı: Lineer olmayan fark denklemleri Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Biyolojik modeller üzerinden örnekleme yaptırılması Sınıf-İçi Tartışma (30 dk.): Lineer olmayan fark denklemleri ile ilgili uygulamaların tartışılması	1. Lineer olmayan fark denklemleri ilgili ön bilgilerin hatırlanması. Kaynak: Ders Kitabı, 36-39.	
5	Konu Anlatımı: Fark denklemleri için kararlılık analizi Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Lineer olmayan denklemlerin denge noktalarının hesaplanması ve bu denklemlerin denge noktaları etrafında lineerleştirilerek kararlılık şartlarının bulunması Sınıf-İçi Tartışma (30 dk.): Biyolojik örnekler verilerek lineer olmayan denklemlerin kararlılık analizlerinin tartışılması Kısa Sınav 2 (20 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Lineer olmayan fark denklemlerinin kararlılık analizi için ilgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 40-44. 2. Kısa Sınav 2 (lineer ve lineer olmayan fark denklemleri ve kararlılık analizi) Kaynak: Ders Kitabı, 6-17; 36-51.	
6	Konu Anlatımı: Jury kriteri Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Lineer olmayan fark denklemleri için biyolojik modeller üzerinden Jury kriterlerinin yaptırılması Sınıf-İçi Tartışma (30 dk.): Derste yapılan uygulamaların	1. Lineer olmayan fark denklem sistemlerinin kararlılığı için gerekli şartların araştırılması. Kaynak: Ders Kitabı, 62-72.	



	tartışılması	
7	Konu Anlatımı: Biyolojik fark denklem modelleri Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Lineer fark denklemleri ile modellenen örneklemenin yapılması Sınıf-İçi Tartışma (30 dk.): Av-avcı modelleri, genetik modeller, parazit modelleri üzerine örneklerin tartışılması	1. Biyolojik fark denklem modellerinden örneklerin araştırılması. Kaynak: Ders Kitabı, 89-126.
8	Ara Sınav 1	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün tekrar edilmesi
9	Konu Anlatımı: Lineer diferansiyel denklemler Sınıf-İçi Uygulama (20 dk.): Lineer diferansiyel denklemler ile verilen biyolojik model (Av-avcı modelleri, genetik modeller, parazit modelleri) örneklerinin uygulanması Sınıf-İçi Tartışma (40 dk.): Av-avcı modelleri, genetik modeller, parazit modelleri üzerine örneklerin tartışılması	1. Lineer diferansiyel denklemler ile ilgili temel kavramların öğrenilmesi ve lineer diferansiyel denklemler ile modellenen biyolojik denklem örneklerinin verilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 141-143.
10	Konu Anlatımı: Birinci ve yüksek mertebeden diferansiyel denklemler Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Birinci ve yüksek mertebeden diferansiyel denklemler ile ilgili temel tanım ve kavramların verilmesi. Bu denklemler ile modellenen biyolojik örneklerin uygulanması Sınıf-İçi Tartışma (30 dk.): Birinci ve yüksek mertebeden diferansiyel denklemler teorisinin lineer denklemlerle farkının tartışılarak örneklerinin verilmesi	1. Birinci ve yüksek mertebeden lineer diferansiyel denklemler teorisinin ve örneklerinin verilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 144-149.
11	Konu Anlatımı: Routh Hurwitz kriteri Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Lineer diferansiyel denklemleri için biyolojik modeller üzerinden Routh Hurwitz kriteri uygulanması Sınıf-İçi Tartışma (30 dk.): Lineer modellerin örneklemelerinin tartışılması Kısa Sınav 3 (20 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Lineer diferansiyel denklemlerinin kararlılığı için gerekli şartların araştırılması. Kaynak: Ders Kitabı, 150-164. 2. Kısa Sınav 3: (lineer diferansiyel denklemler) Kaynak: Ders Kitabı, 141-164.
12	Konu Anlatımı: Lineer olmayan diferansiyel denklemler Sınıf-İçi Uygulama (20 dk.): Lineer olmayan diferansiyel denklemler hakkında temel tanım ve örneklerin verilmesi Sınıf-İçi Tartışma (40 dk.): Lineer olmayan diferansiyel denklemler örneklerinin tartışılması	1. Lineer olmayan diferansiyel denklemler için temel tanım ve notasyonların hazırlığı. Kaynak: Ders Kitabı, 176-185.
13	Konu Anlatımı: Kararlılık analizi Sınıf-İçi Uygulama (20 dk.): Lineer olmayan diferansiyel denklemler için denge noktalarının bulunması ve denge noktası etrafında lineerleştirilen denklemler için kararlılık analizinin yapılması. Sınıf-İçi Tartışma (40 dk.): Lineer olmayan denklemler için verilen örnekler ile kararlılık analizinin tartışılması	1. Lineer olmayan diferansiyel denklemlerinin kararlılık analizi için ilgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 186-215.
14	Konu Anlatımı: Biyolojik diferansiyel denklem modelleri Sınıf-İçi Uygulama (20 dk.): Lineer ve lineer olmayan diferansiyel denklemleri ile modellenen örneklerin uygulanması. Sınıf-İçi Tartışma (40 dk.): Epidemik (SIR) modelleri, Av-avcı modelleri, Bakteri modelleri üzerine örneklerin tartışılması.	1. Biyolojik diferansiyel denklem modellerinden örneklerinin araştırılması. Kaynak: Ders Kitabı, 237-278. 2. Kısa Sınav 4: (lineer ve lineer olmayan diferansiyel denklemler ve kararlılık analiz) Kaynak: Ders Kitabı 141-278.



	Kısa Sınav 4 (20 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	
15	Öğrenci sunumlarının dinlenmesi	
16	Final	İşlenen konuların tümünün tekrar edilmesi

AKTS İŞYÜKÜ TABLOSU

Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İşyükü
Ders Saati	14	3	52
Laboratuvar			
Uygulama (sözlü Sınav)			
Arazi Çalışması			
Sınıf Dışı Ders Çalışması	14	3	52
Derse Özgü Staj			
Ödev			
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	4	3	16
Projeler			
Sunum / Seminer	1	5	5
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	10	10
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	15	15
Toplam İş yükü:			150
Toplam İş yükü / 30(s):			5
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Mathematics
TITLE OF COURSE	Introduction to Mathematical Biology
CODE	MAT4014
LOCAL CREDIT	3
ECTS	5
LECTURE HOUR / WEEK	3
PRACTICAL HOUR / WEEK	0
LABORATORY HOUR / WEEK	0
PREREQUISITE	None
SEMESTER	Fall, Spring
COURSE LANGUAGE	English, Turkish
LEVEL OF COURSE	Undergraduate
COURSE TYPE	Elective @ Bachelor Programme in Mathematics
COURSE CATEGORY	Core Courses
MODE OF DELIVERY	Face-to-Face
OWNER ACADEMIC UNIT	Department of Mathematics
COURSE COORDINATOR	Canan ÇELİK KARAASLANLI
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	The aim of this course is to equip students with the ability to use the theory of fundamental mathematical concepts, such as linear and nonlinear difference equations and linear and nonlinear differential equations, in modeling biological phenomena, and to perform local and global stability analyses for these models
COURSE CONTENT	Linear difference equations; first-, second-, and higher-order difference equations; first-order systems; nonlinear difference equations; stability analysis for difference equations; Jury criteria; biological difference equation models; linear differential equations; first- and higher-order differential equations; Routh–Hurwitz criteria; nonlinear differential equations; stability analysis; biological differential equation models.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebook: J.S. Allen, Linda. <i>An Introduction to Mathematical Biology</i> . Pearson, 2007. Required Readings: [1] Murray, James D. <i>Mathematical Biology</i> . 2n ed., Springer Science & Business Media, 1993. Recommended Readings: Edelstein-Keshet, Leah. <i>Mathematical Models in Biology</i> . SIAM Press, 2005.
Course Learning Outcomes	Upon successful completion of the course, students will be able to 1. Mathematically model biological phenomena.



2. Analyze mathematical models.
3. Apply biology-related methods in data analysis.
4. Analyze linear or nonlinear dynamical systems.
5. Conduct stability analysis of biological problems via linearizing nonlinear models.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation		
Laboratory		
Application		
Field Work		
Special Course Internship (Work Placement)		
Quizzes/Studio Critics: Content: Comprehensive questions covering all topics addressed up to the exam week Format: Face-to-face multiple-choice quiz (20 minutes) Detailed Assessment Criteria: -Ability to solve problems related to the theoretical topics covered in the course	4	%20
Homework Assignments		
Presentations/Jury: Content: Students will be asked to evaluate their own learning processes and deliver group presentations Format: Group presentations Detailed Assessment Criteria: -Ability to accurately explain the topics learned -Proper use of presentation techniques	1	%20
Project		
Seminar/Workshop		
Midterms: Content: Comprehensive questions covering all topics addressed up to the exam week Format: Face-to-face written exam. (90 minutes). Detailed Assessment Criteria: -Demonstration of understanding of the fundamental concepts of the course -Ability to solve problems related to theoretical topics -Ability to carry out theoretical reasoning processes	1	%20
Final: Content: Comprehensive questions covering the entire content of the course	1	%40



- **Format:** Face-to-face written exam. (90 minutes).
- **Detailed Assessment Criteria:**
 - Ability to apply advanced problem-solving skills
 - Demonstration of a thorough understanding of all topics covered in the course

Percentage of In-Term Studies

%60

Percentage of Final Examination

%40

TOTAL

%100

WEEKLY SUBJECTS AND RELATED PREPARATION STUDIES

WEEKS	COURSE OUTLINE	Related Preparation
1	Lecture: Linear difference equations Practice (30 minutes): Definitions and examples will be given related to linear difference equations. In-Class Discussion (30 minutes): Discussion on the application areas of linear difference equations.	1. Preparation of fundamental concepts and notations for linear difference equations. Source: Coursebook, 2–7; 34–35.
2	Lecture: First-, second-, and higher-order difference equations Practice (30 minutes): Definitions and examples will be given related to first-second and higher order linear difference equations. In-Class Discussion (30 minutes): Discussion on the application areas of first-second and higher order linear difference equations	1. Reading the section on first-, second-, and higher-order difference equations. Source: Coursebook, 6–13.
3	Lecture: First-order systems Practice (30 minutes): Examples provided through biological models In-Class Discussion (30 minutes): Discussion of different applications related to first-order systems Quiz 1 (20 minutes): A quiz at the end of the lecture will be given covering the topics discussed in class	1. Reading the section on first-order systems. Source: Coursebook, 14–27. 2. Quiz 1: (linear difference equations and systems) Source: Coursebook, 2–27.
4	Lecture: Nonlinear difference equations Practice (30 minutes): Examples provided through biological models In-Class Discussion (30 minutes): Discussion of applications related to nonlinear difference equations	1. Recollection and activation of prior knowledge related to nonlinear difference equations. Source: Coursebook, 36–39.
5	Lecture: Stability analysis for difference equations Practice (30 minutes): Firstly the equilibrium points for a nonlinear difference equations will be calculated and then by linearizing the equation around each equilibrium point, the stability conditions will be given. In-Class Discussion (30 minutes): The stability analysis for some biological models will be discussed. Quiz 2 (20 minutes): A quiz at the end of the lecture will be given covering the topics discussed in class	1. Reading the relevant section on the stability analysis of nonlinear difference equations. Source: Coursebook, 40–44. 2. Quiz 2: (linear and nonlinear difference equations and their stability analysis) Source: Coursebook, 6–17; 36–51.



6	Lecture: Jury criteria Practice (30 minutes): Application of Jury criteria to nonlinear difference equations through biological models In-Class Discussion (30 minutes): Discussion of the applications carried out in class	Investigation of the necessary conditions for the stability of nonlinear difference equation systems. Source: Coursebook, 62–72.
7	Lecture: Biological difference equation models Practice (30 minutes): Example modeling using linear difference equations In-Class Discussion (30 minutes): Discussion of examples on predator–prey models, genetic models, and parasite models	Research of examples from biological difference equation models. Source: Coursebook, 89-126.
8	Midterm 1	Review of all topics covered up to the exam week.
9	Lecture: Linear differential equations Practice (30 minutes): The examples of biological models (predator-prey, genetics and parasite models) given by linear differential equations. In-Class Discussion (30 minutes): Predator-prey models, genetics and parasite models will be discussed.	Reading the fundamental concepts related to linear differential equations and biological examples will be studied. Source: Coursebook, 141–143.
10	Lecture: First- and higher-order linear differential equations Practice (30 minutes): Basic definitions and concepts about the first and higher order linear differential equations and their biological applications will be given. In-Class Discussion (30 minutes): By discussing the differences of linear difference and differential equations, examples will be discussed.	Reading the section on the theory and examples of first- and higher-order linear differential equations. Source: Coursebook, 144–149
11	Lecture: Routh–Hurwitz criteria Practice (30 minutes): Application of the Routh–Hurwitz criterion to biological models of linear differential equations In-Class Discussion (30 minutes): Illustration of linear models Quiz 3 (20 minutes): A Quiz at the end of the lecture will be given covering the topics discussed in class	- Investigation of the necessary conditions for the stability of linear differential equations. Source: Coursebook, 150–164. Quiz 3: (linear differential equations) Source: Coursebook, 141-164.
12	Lecture: Nonlinear differential equations Practice (30 minutes): Definitions and examples of nonlinear differential equations will be given In-Class Discussion (30 minutes): Examples of nonlinear differential equations will be discussed	Preparation of basic definitions and notations for nonlinear differential equations. Source: Coursebook, 176–185.
13	Lecture: Stability analysis Practice (30 minutes): First the equilibrium points of the nonlinear equations will be found and then by linearizing the equations around the equilibrium points stability of equilibrium points will be performed In-Class Discussion (30 minutes): The examples of	Reading the relevant section on the stability analysis of nonlinear differential equations. Source: Coursebook, 186–215.



	stability analysis for nonlinear models will be discussed	
14	Lecture: Biological differential equation models Practice (30 minutes): Example modeling using linear and nonlinear differential equations In-Class Discussion (30 minutes): Discussion of examples on epidemic (SIR) models, predator-prey models, and bacterial models Quiz 4 (20 minutes): A Quiz at the end of the lecture will be given covering the topics discussed in class	1. Research of examples from biological differential equation models. Source: Coursebook, 237–278. 2. Quiz 4: (linear and nonlinear differential equations and their stability analysis) Source: Coursebook, 141-278.
15	Student presentations	
16	Final	Review of all topics covered.

ECTS WORKLOAD TABLE

Activities	Number	Duration (Hour)	Total Workload
Course Hours	14	3	52
Laboratory			
Application			
Field Work			
Study Hours Out of Class	14	3	52
Special Course Internship (Work Placement)			
Homework Assignments			
Quizzes/Studio Critics	4	3	12
Project			
Presentations / Seminar	1	5	5
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	10	10
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	15	15
Total Workload:			150
Total Workload / 30(h):			5
ECTS Credit:			5



Ders Öğrenim Çıktısı & Program Çıktısı Matrisi

	DÖC-1	DÖC-2	DÖC-3	DÖC-4	DÖC-5
PC-1 Geometri, analiz, lineer cebir, soyut matematik, cebir ve diferansiyel denklemler gibi matematiğin temel alanlarındaki tanımları ve teoremleri ifade edebilecek, bunlar arasında ilişki kurabilecek ve teoremlerin uygulamalarını açıklayabileceklerdir. / State the definitions and theorems in fundamental areas of mathematics such as geometry, analysis, linear algebra, abstract mathematics, and differential equations, establish connections between them and explain their applications.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
PC-2 Matematik alanındaki teorik ve uygulamalı bilgilerini ve matematiksel düşünme becerilerini kullanarak standart ve karmaşık matematiksel problemleri tanımlayabilecek ve analitik ve/veya sayısal yöntemlerle çözebilecek ve matematiksel bir önermenin geçerliliğini farklı ispat yöntemleri ile ispatlayabileceklerdir. / Identify standard and complex mathematical problems, solve these problems with analytical and/or numerical methods and prove the validity of a mathematical proposition through various proof techniques using their theoretical and applied knowledge of mathematics and mathematical thinking skills.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
PC-3 Matematik alanındaki teorik ve uygulamalı bilgilerini ve matematiksel düşünme becerilerini kullanarak gerçek hayattaki problemlerin matematiksel modellerini geliştirebilecek ve bu modelleri kullanarak problemlere geçerli çözümler üretebileceklerdir. / Develop mathematical models for real-life problems and generate valid solutions based on these models using their theoretical and applied knowledge of mathematics and mathematical thinking skills.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>



PC-4 Disiplinlerarası bir yaklaşımla, farklı alanlarda edinmiş oldukları bilgileri sentezleyebileceklerdir. / Synthesise knowledge acquired from different disciplines through an interdisciplinary approach.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
PC-5 Matematik alanında edindikleri bilgi birikimlerini ve matematiksel düşünme becerilerini, teorik matematik, yazılım, finans ve yönetim matematiği, biyomatematik, veri bilimi ve finansal istatistik yöntemleri gibi disiplin-içi ve disiplinlerarası uzmanlık alanlarında geliştirebileceklerdir. / Advance their acquired knowledge in mathematics and mathematical thinking skills in both disciplinary and interdisciplinary areas of specialisation such as pure mathematics, software, financial and managerial mathematics, biomathematics, data science, and financial statistical methods.	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
PC-6 Matematik alanında yaygın olarak kullanılan en az bir programlama dili ile bilgisayar ve yapay zekâ teknolojilerini, problemleri çözmek, veri analizi yapmak ve simülasyonlar gerçekleştirmek için kullanabileceklerdir. / Use at least one programming language and computer and artificial intelligence technologies widely employed in mathematics for problem-solving, data analysis, and simulations.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
PC-7 Matematik ve ilgili alanlardaki bilimsel ve teknolojik gelişmeleri izleyebilecek, kariyer fırsatlarını değerlendirerek kişisel ve mesleki gelişim hedeflerini belirleyebilecek ve bu hedeflere ulaşmak için hayat boyu öğrenme stratejilerini kullanabileceklerdir. / Follow scientific and technological developments in mathematics and related fields, assess career opportunities, identify personal and professional development goals, and adopt lifelong learning strategies to achieve these goals.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>3</u>



PC-8 Bilimsel araştırmalarını ve mesleki faaliyetlerini yşrştşrken doğabilecek hukuksal sonuları ve toplumsal etkileri dikkate alarak mesleki etik ilkeler, kalite standartları ile evrensel değerler doğrultusunda ve sosyal sorumluluk bilinci ve adalet duygusuyla hareket edebileceklerdir. / Act with a sense of social responsibility and justice and in accordance with professional ethical principles, quality standards, and universal values by taking into account potential legal and societal consequences of their scientific research and professional activities.	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
PC-9 Bireysel olarak ya da takımlarda etkin biimde alışabileceklerdir. / Work effectively both independently and as part of a team.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
PC-10 Matematik alanında gşvenilir bilgi kaynaklarına ulaşarak literatşr taraması yapabilecek ve akademik araştırma tasarlayıp yşrştebileceklerdir. / Access reliable sources of information, conduct literature reviews, and design and carry out academic research in the field of mathematics.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
PC-11 Matematiksel konuları, teorileri, ispatları, araştırmaları ve problem řzřmlerini, matematik terminolojisi kullanarak tşm paydaşlara Třrke ve İngilizcede sşzlş ve yazılı olarak etkili biimde aktarabileceklerdir. / Effectively communicate mathematical topics, theories, proofs, research, and problem solutions to all relevant stakeholders using appropriate mathematical terminology, both orally and in writing, in Turkish and in English.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>