



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Matematik
DERSİN ADI	Klasik Matris Gruplarına Giriş
DERSİN KODU	MAT4420
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	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	Salih ÇELİK
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, öğrencilerin matematiğin en önemli ve en temel konularından biri olan matris gruplarını ve onların Lie cebirlerini oluşturmayı öğrenmelerine yardımcı olmaktır.
DERSİN İÇERİĞİ	Temel kavramlar; genel lineer gruplar; üniter gruplar; grup homomorfizmleri; Lie cebirleri.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitabı: Curtis, M. L. <i>Matrix Groups</i> . Springer-Verlag, 1984. Zorunlu Kaynaklar: [1] Baker, Andrew. <i>Matrix Groups An Introduction to Lie Group Theory</i> . Springer Undergraduate Mathematics Series, 1973. [2] Curtis, M. L. <i>Matrix Groups</i> . Springer-Verlag, 1984. Önerilen Kaynak: Curtis, M. L. <i>Matrix Groups</i> . Springer-Verlag, 1984.
Ders Öğrenim Çıktıları	Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler, - Ön şart derslerini kısmen gözden geçirerek, eksikleri tamamlayabileceklerdir. - Bazı matris gruplarını elde edebileceklerdir.



3. Matris gruplarının teğet uzaylarını bulabileceklerdir.
4. Bir matrisin üstel ve logaritmik hesabını yapabileceklerdir.
5. Matris gruplarının Lie cebirlerini elde edebileceklerdir.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım: • İçerik: Öğrencilerin derse devam etmeleri ve katılmaları • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: - Derse aktif katılım ve soru sorma - Sınıf-içi tartışmalara ve problem çözme süreçlerine katkı sağlayabilme	14	%5
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 (5-10 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen teorik konular ile ilgili problemleri çözebilme	1	%25
Ödev		
Sunum/Jüri		
Proje		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yüz yüze. Sınav (80 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Dersin temel kavramlarının anlaşıldığının gösterilmesi -Teorik konularla ilgili problemlerin çözülebilmesi -Teorik düşünme süreçlerinin yürütülmesi	1	%30
Final: • İçerik: Dersin tüm içeriğini kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yüz yüze. Sınav (110 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen tüm konuların derinlemesine kavranmış	1	%40



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: Temel kavramlar: grup, halka, cisim Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Basit grup ve halka örnekleri üzerinde işlemler yaptırılması Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Grup, halka ve cisim kavramlarının cebirin diğer alanlarında ve lineer cebir ile olan ilişkileri üzerine tartışma yapılması	1. Grup, halka ve cisim kavramlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 1-11.	
2	Konu Anlatımı: Vektörler, matrisler, iç çarpımlar Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Vektörler ve matrisler üzerinde temel işlemlerin yaptırılması, iç çarpım örneklerinin gösterilmesi Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): İç çarpım kavramının lineer cebir ve matris gruplarındaki rolü üzerine tartışma yapılması	1. Vektörler, matrisler ve iç çarpım kavramlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 12-14; 23-24.	
3	Konu Anlatımı: Genel lineer gruplar Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Genel lineer grup $GL(n, \mathbb{R})$ üzerinde temel matris işlemlerinin uygulanması Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Genel lineer grupların determinant kavramı ve tersinir matrislerle ilişkisi üzerine tartışma yapılması	1. Genel lineer gruplar konusunu içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 15-18.	
4	Konu Anlatımı: Ortogonal gruplar, simplektik gruplar Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Ortogonal matrislerin tanımlanması ve basit örnekler üzerinde determinant ve transpoze ilişkilerinin incelenmesi Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Simplektik grupların tanımı ve klasik mekanikteki rolü üzerine tartışma yapılması	1. Ortogonal ve simplektik gruplar konularını içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 25-28.	
5	Konu Anlatımı: Üniter gruplar, kuaterniyonik genel lineer gruplar. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Üniter matrislerin tanımlanması ve örneklerle gösterilmesi Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Kuaterniyonik matrislerin özellikleri ve fizik ile mühendislikteki rolü üzerine tartışma yapılması	1. Üniter matrisler ve kuaterniyonların temel tanımları konularını içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 25-28.	
6	Konu Anlatımı: İzomorfizm problemi, $\mathbb{R}^n$ de Yansımalar. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): $\mathbb{R}^n$ de doğrusal yansımaların tanımlanması ve örneklerle uygulanması Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): İzomorfizmlerin grup yapısı içindeki rolü ve yansımalar gruplarının özellikleri üzerine tartışma yapılması Kısa Sınav 1 (30 dk.): Matris grupları konusunu içeren bir kısa sınavın yapılması	1. İzomorfizm kavramı ve $\mathbb{R}^n$ de lineer yansımalar konularını içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 29-32. 2. Kısa Sınav 1: (matris grupları). Kaynak: Ders Kitabı, 1-28.	
7	Konu Anlatımı: Vektör uzayında eğriler ve teğet uzaylar	1. Vektör uzayında eğriler ve teğet vektörler konusunu içeren bölümün okunması.	



	Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Vektör uzayında tanımlı basit eğrilerin teğet vektörlerinin hesaplanması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Teğet uzayların tanımı ve matris grupları bağlamında eğrilerle olan ilişkisi üzerine tartışma yapılması	Kaynak: Ders Kitabı, 35-42.
8	Ara Sınav 1	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün tekrar edilmesi
9	Konu Anlatımı: Grup homomorfizmleri Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Basit grup homomorfizmlerinin tanımlanması ve örnekler üzerinden uygulama yapılması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Grup homomorfizmlerinin özellikleri ve çekirdek-görüntü kavramlarının tartışılması	1. Grup homomorfizmleri konusunu içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 41-42.
10	Konu Anlatımı: Matris argümanlı üstel fonksiyon Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Matris argümanlı üstel fonksiyonların tanımlanması ve basit örnekler üzerinde hesaplanması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Üstel fonksiyonların matris grupları bağlamında önemi ve diferansiyel denklemlerdeki uygulamaları üzerine tartışma yapılması	1. Matris argümanlı üstel fonksiyonlar konusunu içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 45-48.
11	Konu Anlatımı: Matris argümanlı logaritma fonksiyonu Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Matris logaritmasının basit örnekler üzerinde hesaplanması ve özelliklerinin gösterilmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Matris logaritmalarının matris gruplarındaki rolü ve diferansiyel denklemler bağlamında kullanımları üzerine tartışma yapılması	1. Matris argümanlı logaritma fonksiyonu konusunu içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 49-50.
12	Konu Anlatımı: Tek parametrelili alt gruplar Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Tek parametrelili alt gruplar için verilen örneklerin incelenmesi ve temel özelliklerinin gösterilmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Tek parametrelili alt grupların matris gruplarındaki önemi ve Lie cebirleri ile ilişkisi üzerine tartışma yapılması	1. Tek parametrelili alt gruplar konusunu içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 51-55.
13	Konu Anlatımı: Lie cebirleri, adjoint tasvirler. Sınıf-içi Uygulama: (5 dk.): Lie cebirleri ve adjoint tasvirler için temel örneklerin incelenmesi Sınıf-içi Tartışma: (5 dk.): Lie cebirlerinin matris gruplarıyla ilişkisi ve adjoint tasvirlerin önemine dair tartışma yapılması	1. Lie cebirleri ve adjoint tasvirler konularını içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 56-58.
14	Konu Anlatımı: Bölüm grupları Sınıf-içi Uygulama: (5 dk) Bölüm gruplarına dair temel örneklerin incelenmesi ve özelliklerinin tartışılması Sınıf-içi Tartışma: (5 dk.) Bölüm gruplarının Lie grupları ve matris grupları bağlamında önemi üzerine tartışma yapılması	1. Bölüm grupları konusunu içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 67-70.
15	Sınıf-içi Uygulama (15 dk.): Genel tekrar ve uygulamalar Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Soru-cevap	1. Matris grupları ve Lie cebirleri üzerine temel kavramların gözden geçirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 15-58.
16	Final	İşlenen konuların tümünün tekrar edilmesi

**AKTS İŞYÜKÜ TABLOSU**

Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İşyükü
Ders Saati	14	3	42
Laboratuvar			
Uygulama			
Arazi Çalışması			
Sınıf Dışı Ders Çalışması	14	3	42
Derse Özgü Staj			
Ödev			
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	1	6	6
Projeler			
Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	20	20
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	25	25
Toplam İş yükü:			135
Toplam İş yükü / 30(s):			4.5
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Mathematics
TITLE OF COURSE	Introduction to Classical Matrix Groups
CODE	MAT4420
LOCAL CREDIT	3
ECTS	5
LECTURE HOUR / WEEK	3
PRACTICAL HOUR / WEEK	0
LABORATORY HOUR / WEEK	0
PREREQUISITE	None
SEMESTER	Fall, Spring
COURSE LANGUAGE	Turkish
LEVEL OF COURSE	First Cycle
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	Salih ÇELİK
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to help students study matrix groups, one of the most fundamental and essential topics in mathematics, and to construct their associated Lie algebras.
COURSE CONTENT	Fundamental concepts; general linear groups; unitary groups; group homomorphisms; lie algebras.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebook: Curtis, M. L. <i>Matrix Groups</i> . Springer-Verlag, 1984. Required Readings: [1] Baker, Andrew. <i>Matrix Groups An Introduction to Lie Group Theory</i> . Springer Undergraduate Mathematics Series, 1973. [2] Curtis, M. L. <i>Matrix Groups</i> . Springer-Verlag, 1984. Recommended Readings: Curtis, M. L. <i>Matrix Groups</i> . Springer-Verlag, 1984.
Course Learning Outcomes	Upon successful completion of the course, students will be able to 1. Review prerequisite courses to a certain extent and address any deficiencies. 2. Derivation of certain matrix groups. 3. Identify the tangent spaces of matrix groups. 4. Perform the exponential and logarithmic computations of a matrix.



5. Derive the Lie algebras of matrix groups.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation: Content: Student attendance and participation in the course. Detailed Assessment Criteria: -Active participation in lessons and asking questions -Ability to contribute to in-class discussions and problem-solving processes	14	%5
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 (5-10 minutes) Detailed Assessment Criteria: -Ability to solve problems related to the theoretical topics covered in the course	1	%25
Homework Assignments		
Presentations/Jury		
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	%30
Final: Content: Comprehensive questions covering the entire content of the course 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	1	%40
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: Fundamental concepts: group, ring, field Quick Practice (5 minutes): Performing simple operations on examples of groups and rings In-class Discussion (5 min.): Discussing the role of groups, rings, and fields in other areas of algebra and their connections with linear algebra	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of group, ring, and field. Sources: Coursebook, 1-11.
2	Lecture: Vectors, matrices, inner products Quick Practice (5 minutes): Practicing basic operations on vectors and matrices, illustrating examples of inner products In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the role of the inner product concept in linear algebra and matrix groups	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of vectors, matrices, and inner product. Sources: Coursebook, 12-14; 23-24.
3	Lecture: General linear groups Quick Practice (5 minutes): Practicing basic matrix operations on the general linear group $GL(n, \mathbb{R})$ In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the relationship of general linear groups with the determinant concept and invertible matrices	1. Reading the section on general linear groups. Sources: Coursebook, 15-28.
4	Lecture: Orthogonal groups, symplectic groups Quick Practice (5 minutes): Identifying orthogonal matrices and examining the relationship between determinant and transpose on simple examples In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the definition of symplectic groups and their role in classical mechanics	1. Reading the section covering orthogonal and symplectic topics. Source: Coursebook, 25-28.
5	Lecture: Unitary groups, quaternionic general linear groups Quick Practice (5 minutes): Identifying unitary matrices and illustrating with examples In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the properties of quaternionic matrices and their role in physics and engineering	1. Reading the section covering the basic definitions of unitary matrices and quaternions. Source: Coursebook, 25-28.
6	Lecture: Isomorphism problem, reflections in $\mathbb{R}^n$ Quick Practice (5 minutes): Defining linear reflections in $\mathbb{R}^n$ and illustrating with examples In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the role of isomorphisms in group structures and the properties of reflection groups Quiz 1 (30 minutes): Defining matrix exponential functions and computing them on simple examples	1. Reading the section covering the concept of isomorphism and linear transformations in $\mathbb{R}^n$. Source: Coursebook, 29-32. 2. Quiz 1: (matrix groups). Source: Coursebook, 1-28.



7	Lecture: Curves and tangent spaces in vector spaces Quick Practice (5 minutes): Computing tangent vectors of simple curves defined in vector spaces In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the definition of tangent spaces and their relation to curves in the context of matrix groups	1. Reading the section on curves and tangent vectors in vector space. Source: Coursebook, 35-42.
8	Midterm 1	Review of all topics covered up to the exam week.
9	Lecture: Group homomorphisms Quick Practice (5 minutes): Defining simple group homomorphisms and applying them through examples In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the properties of group homomorphisms and the concepts of kernel and image	1. Reading the section on group homomorphisms. Source: Coursebook, 41-42.
10	Lecture: Matrix exponential function Quick Practice (5 minutes): Defining matrix exponential functions and computing them on simple examples. In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the importance of exponential functions in the context of matrix groups and their applications in differential equations	1. Reading the section on matrix-argument exponential functions. Source: Coursebook, 45-48.
11	Lecture: Matrix logarithm function Quick Practice (5 minutes): Computing matrix logarithms on simple examples and demonstrating their properties In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the role of matrix logarithms in matrix groups and their applications in the context of differential equations	1. Reading the section on matrix-argument logarithm functions. Source: Coursebook, 49-50.
12	Lecture: One-parameter subgroups Quick Practice (5 minutes): Examining examples of one-parameter subgroups and demonstrating their fundamental properties In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the significance of one-parameter subgroups in matrix groups and their connection with Lie algebras	1. Reading the section on single-parameter subgroups. Source: Coursebook, 51-55.
13	Lecture: Lie algebras, adjoint representations Quick Practice (5 minutes): Examination of basic examples related to Lie algebras and adjoint representations In-Class Discussion (5 minutes): Discussion on the relation of Lie algebras to matrix groups and the significance of adjoint representations	1. Reading the section covering Lie algebras and adjoint representations. Source: Coursebook, 56-58.
14	Lecture: Quotient groups Quick Practice (5 minutes): Examination of basic examples of quotient groups and discussion of their properties In-Class Discussion (5 minutes): Discussion on the importance of quotient groups in the context of Lie	1. Reading the section on section groups. Source: Coursebook, 67-70.



	groups and matrix groups	
15	Practice (15 minutes): General review and practice In-Class Discussion (5 minutes): Question-Answer	1. Reviewing the fundamental concepts of matrix groups and Lie algebras. Sources: Coursebook, 1-72.
16	Final	Review of all topics covered.

ECTS WORKLOAD TABLE

Activities	Number	Duration (Hour)	Total Workload
Course Hours	14	3	42
Laboratory			
Application			
Field Work			
Study Hours Out of Class	14	3	42
Special Course Internship (Work Placement)			
Homework Assignments			
Quizzes/Studio Critics	1	6	6
Project			
Presentations / Seminar			
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	20	20
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	25	25
Total Workload:			135
Total Workload / 30(h):			4.5
ECTS Credit:			5



Ders Öğrenim Çıktısı & Program Çıktısı Matrisi

	<u>DÖC-1</u>	<u>DÖC-2</u>	<u>DÖC-3</u>	<u>DÖC-4</u>	<u>DÖC-5</u>
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>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>4</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>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>3</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>5</u>



PC-4 Disiplinlerarası bir yaklaşımla, farklı alanlarda edinmiş oldukları bilgileri sentezleyebileceklerdir. / Synthesise knowledge acquired from different disciplines through an interdisciplinary approach.	<u>1</u>	<u>4</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>	=
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>3</u>	=	<u>4</u>	<u>5</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>5</u>



PC-8 Bilimsel araştırmalarını ve mesleki faaliyetlerini yürütürken doğabilecek hukuksal sonuçları 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>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
PC-9 Bireysel olarak ya da takımlarda etkin biçimde çalışabileceklerdir. / Work effectively both independently and as part of a team.	<u>1</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	=	<u>5</u>
PC-10 Matematik alanında güvenilir bilgi kaynaklarına ulaşarak literatür taraması yapabilecek ve akademik araştırma tasarlayıp yürütebileceklerdir. / Access reliable sources of information, conduct literature reviews, and design and carry out academic research in the field of mathematics.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
PC-11 Matematiksel konuları, teorileri, ispatları, araştırmaları ve problem çözümlerini, matematik terminolojisi kullanarak tüm paydaşlara Türkçe ve İngilizcede sözlü ve yazılı olarak etkili biçimde 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>3</u>	<u>4</u>	=	<u>4</u>	=