



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Matematik
DERSİN ADI	Lineer Operatörlere Giriş
DERSİN KODU	MAT4510
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	Uzmanlık/Alan Dersleri
DERSİN VERİLİŞ ŞEKLİ	Yüz Yüze
DERSİ SUNAN AKADEMİK BİRİM	Matematik Bölümü
DERSİN KOORDİNATÖRÜ	Erdal GÜL
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, öğrencilerin sürekli lineer dönüşümler, sınırlı lineer operatörün normu, operatörler uzayı, ters operatör, dual uzay ve Hilbert uzayında lineer operatörler gibi fonksiyonel analiz kavramlarını derinlemesine anlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olmaktır. Özellikle, öğrenciler Hilbert uzayındaki operatörlerin tersinirliğinin daha basit bir karakterizasyonu olan "adjoint" kavramını tanıyacak ve nasıl elde edileceğini öğrenecektir. Yine öğrenciler, üç önemli operatör türünü (normal, kendine eşlenik ve üniter operatörler) tanıyacak ve adjointin bu operatörlerin özelliklerini vermek için nasıl kullanıldıklarını görecektir. Ayrıca bir matrisin özdeğer kümesinin sonlu boyutlu uygulamalardaki kullanımlarında olduğu gibi sonsuz boyutlu uzaylardaki operatörler için de benzer kullanımların olduğunu öğreneceklerdir.
DERSİN İÇERİĞİ	Lineer vektör uzayları; sürekli lineer dönüşümler, sınırlı lineer operatörün normu; sınırlı operatörlerin uzayı; operatörlerin tersleri; dual uzaylar; Hilbert uzaylarda lineer operatörler, operatörün adjointi; normal, kendine eşlenik ve üniter operatörler; bir operatörün spektrumu; pozitif operatörler; izdüşümler.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitabı: Rynne, Bryan P., Youngson, Martin A. <i>Linear Functional Analysis</i>. Springer, 2008 Zorunlu Kaynaklar: [1] Gök, Ömer. <i>Fonksiyonel Analize Giriş</i>. YTÜ Basım-Yayın Merkezi, 2021. [2] Kreyszig, Erwin. <i>Introductory Functional Analysis with Applications</i>. J. Wiley S., New York, Singapore, 1978



	Önerilen Kaynaklar: Maddox, I. J. <i>Elements of Functional Analysis</i> . Camb. Univ. Press, New York, Sydney, 1988. Gül, Erdal. <i>Topolojiye Giriş</i> . Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul, 2018. Şuhubi, Erdoğan S. Fonksiyonel Analiz, İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul.	
Ders Öğrenim Çıktıları	Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler, 1. Analitik düşünme yeteneği kazanabileceklerdir. 2. Lineer operatör kavramını ifade edebileceklerdir. 3. Ters operatörleri ve özelliklerini açıklayabileceklerdir. 4. Dual uzaylar hakkında yorum yapabileceklerdir. 5. Bir operatörün adjointinin nasıl bulunduğunu gösterebileceklerdir. 6. Tersinirliğin karakterizasyonunun elde edilmesi açısından önemli bir sonuç keşfedeceklerdir. 7. Hilbert uzaylarında operatörlerin özel bir sınıflandırılmasını analiz edebileceklerdir. 8. Bir operatörün spektrumu hakkında yorum yapabileceklerdir. 9. Pozitif operatörleri analiz edebileceklerdir.	
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 (10-15 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen teorik konular ile ilgili problemleri çözebilme	4	%20
Ödev		
Sunum/Jüri		
Proje		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yüz yüze. Sınav (90 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri:	1	%40



-Dersin temel kavramlarının anlaşıldığının gösterilmesi -Teorik konularla ilgili problemlerin çözülebilmesi -Teorik düşünme süreçlerinin yürütülmesi		
Final: • İçerik: Dersin tüm içeriğini kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yüz yüze. Sınav (90 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen tüm konuların derinlemesine kavranmış olduğunun gösterilmesi -İleri düzey problem çözme becerilerinin kullanılabilmesi	1	%40
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 vektör uzayları: vektör uzayı ve alt-vektör uzayı, lineer dönüşümler ve özellikleri Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Vektör uzayı ve alt vektör uzayı kavramları ve fonksiyonlarda 1-1 ve örten tanımlarına ilişkin basit örneklemelerin yaptırılması Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Lineer dönüşüm kavramının matematik içinde ve diğer disiplinlerde kullanım alanıyla ilgili tartışmanın yapılması	1. Küme, bağıntı ve fonksiyon kavramlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynaklar: [1], 2-9. [2], 9-22. 2. Vektör uzayı ve alt-vektör uzayı, lineer dönüşümler ve özelliklerini içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 2-9.
2	Konu Anlatımı: Lineer operatörler: sürekli lineer operatörler, sınırlı lineer operatörler Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Sürekli ve sınırlı lineer operatörlerin eşdeğerliğine dair örneklemelerin yaptırılması Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Sınırlı lineer operatörün sonlu ve sonsuz boyutlarda karşılaştırılmasına ilişkin tartışmanın yapılması	1. Normlu uzaylar ve örneklerinin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 31-39. 2. Sürekli lineer operatörler, sınırlı lineer operatör kavramlarını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 87-95.
3	Konu Anlatımı: Sınırlı bir lineer operatörün normu Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Farklı uzaylar üzerinde normların oluşturulması uygulamasının yaptırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Normu “1” olan her lineer operatörün bir izometri olup olmayacağını tartışılması Kısa Sınav 1 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Normlu uzaylarda dizilerin ve Hilbert uzaylarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynaklar: Ders Kitabı, 31-39; 61-54. [1], 49-52; 127-136. 2. Sınırlı bir lineer operatörün normunu içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 97-103. 3. Kısa Sınav 1: Kaynak: Ders Kitabı, 2-103.
4	Konu Anlatımı: Sınırlı operatörler uzayı Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Sınırlı operatörün normunun uygulamasının yaptırılması Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Operatör çarpımlarının tartışılması	1. Metrik uzay ve Banach uzayı tanımlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 31-39; 61-54. 2. Sınırlı operatörler uzayını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 104-108.
5	Konu Anlatımı: Operatörlerin tersleri Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Tersinirliğin farklı karakterizasyonlarının kullanılmasının yaptırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Tersinir olmayan operatör örneğinin tartışılması.	1. Vektör uzayları arasında tanımlı fonksiyonlarda 1-1 ve örten tanımlarına ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 2-9. 2. Operatörlerin tersleri, izomorfizma, açık tasvir teoremi, kapalı grafik teoremi konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 108-119.



6	Konu Anlatımı: Dual uzaylar Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Dual uzayın elde edilmesinin uygulamasının yaptırılması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Ayrılabilir uzay yapısının tartışılması Kısa Sınav 2 (15 dk.): Ders sonunda, son üç hafta derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Sonlu boyutlu normlu lineer uzaylar, lineer dönüşümün çekirdeği ve ortogonal tümleyen kavramlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 2-9; 32; 65. 2. Dual uzayları içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 121-126. 3. Kısa Sınav 2: Kaynak: Ders Kitabı, 104-126.
7	Konu Anlatımı: Hahn Banach Teoremi Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Bir fonksiyonun genişlemesinin bulunmasının yaptırılması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Hangi koşullar altında genişlemenin mevcut olduğunun tartışılması	1. Altlineer fonksiyonel ve yarı-norm kavramlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 127-129. 2. Normlu uzaylar için Hahn Banach Teoremi ve teoremin sonuçlarını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 127-138.
8	Ara Sınav 1	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün tekrar edilmesi
9	Konu Anlatımı: Operatörün adjointi Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Bir operatörün adjointinin bulunmasına dair örnek yaptırılması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Bir operatörün çekirdeğinin adjoint operatörü ile ilişkisinin tartışılması	1. İç çarpım ve Cauchy-Schwarz Eşitsizliği kavramlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 51-58. 2. Operatörün adjointini içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 167-175.
10	Konu Anlatımı: Normal, kendine eşlenik operatörler Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Normal matris testinin yaptırılması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Kendine eşlenik operatörün Hilbert uzayları dışında tanımlanabilirliğinin tartışılması	1. Kompleks Hilbert uzayları üzerinde sınırlı lineer operatörlerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 96; 104; 127. 2. Normal ve kendine eşlenik operatörleri içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 176-180.
11	Konu Anlatımı: Üniter operatörler Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Düzlem ve düzlemde doğru kavramlarının geometrik olarak uygulamasının yaptırılması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Lineer denklem sistemlerinin çözümlerinin disiplin içi ve disiplinlerarası uygulamalarına ilişkin tartışmanın yapılması Kısa Sınav 3 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Kendine eşlenik operatör ve izometri kavramlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 179, 100 2. Üniter operatörleri içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 180-183. 3. Kısa Sınav 3: Kaynak: Ders Kitabı, 183.
12	Konu Anlatımı: Bir operatörün spektrumu Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Matrislerin normlarının bulunması üzerine uygulama yaptırılması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Tek noktadan oluşan kendine eş operatörün formuna ilişkin tartışmasının yapılması	1. Özdeğer ve tersinirlik kavramlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 8, 109. 2. Bir operatörün spektrumunun tanımlanması ve bulunmasını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 183-191.
13	Konu Anlatımı: Pozitif operatörler Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Hilbert uzayı üzerinde tanımlanan sınırlı, tersinir ve pozitif operatörden bir pozitif operatörün elde edilmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Ortogonal operatörlerin çarpımının ortogonal olup olmayacağı tartışmasının yapılması	1. Kendine eşlenik operatör ve spektrum kavramlarının hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 179, 184. 2. Pozitif operatörleri içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 192-197.
14	Konu Anlatımı: Pozitif operatörler ve izdüşümler Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Ortogonal izdüşümlerinin eşdeğer özelliklerinin belirlenmesine dair örnek yaptırılması	1. Pozitif operatörlerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 192. 2. Pozitif operatörleri ve izdüşümleri içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 195-203



	Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Bir matrisin pozitif karekökü hakkındaki tartışmanın yapılması Kısa Sınav 4 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	3. Kısa Sınav 4: Kaynak: Ders Kitabı, 203-204.
15	Konu Anlatımı: Genel tekrar ve bir uygulama Sınıf-İçi Uygulama (15 dk.): Kutupsal ayrışım ile ilgili bir uygulamanın yaptırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Kutupsal ayrışımın bilinmesinin öneminin tartışılması	1. Geçmiş konuların hatırlanması ve etkinleştirilmesi. 2. Bir B matrisinin kutupsal ayrışımını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 203-204.
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	4	56
Derse Özgü Staj			
Ödev			
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	4	3	12
Projeler			
Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	10	10
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	15	15
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 Linear Operators
CODE	MAT4510
LOCAL CREDIT	3
ECTS	5
LECTURE HOUR / WEEK	3
PRACTICAL HOUR / WEEK	0
LABORATORY HOUR / WEEK	0
PREREQUISITE	None
SEMESTER	Spring/Fall
COURSE LANGUAGE	English, 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	Erdal GÜL
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to help students develop a deep understanding and application of functional analysis concepts such as continuous linear transformations, the norm of a bounded linear operator, the space of operators, the inverse operator, the dual space, and linear operators in Hilbert space. Specifically, students will be introduced to the concept of an "adjoint," a simpler characterization of the invertibility of operators in a Hilbert space, and will learn how to obtain it. Students will also be introduced to three important types of operators (normal, self-adjoint, and unitary operators) and will see how adjoints are used to describe these operators. They will also learn that the set of eigenvalues of a matrix has similar uses for operators in infinite-dimensional spaces as it does for applications in finite-dimensional spaces.
COURSE CONTENT	Linear vector spaces; continuous linear transformations, norm of a bounded linear operator; space of bounded operators, inverses of operators, dual spaces; linear operators in Hilbert spaces, adjoint of an operator, normal, self-adjoint and unitary operators, spectrum of an operator; positive operators, projections.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebook: Rynne, Bryan P., Youngson, Martin A. <i>Linear Functional Analysis</i> . Springer, 2008 Required Readings: [1] Gök, Ömer. <i>Fonksiyonel Analize Giriş</i> . YTÜ Basım-Yayın Merkezi, 2021. [2] Kreyszig, Erwin. <i>Introductory Functional Analysis with Applications</i> . J. Wiley S., New York, Singapore, 1978.



	Recommended Readings: Maddox, I. J. <i>Elements of Functional Analysis</i> . Camb. Univ. Press, New York, Sydney, 1988 Gül, Erdal. <i>Topolojiye Giriş</i> , Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul, 2025. Şuhubi, Erdoğan S. <i>Fonksiyonel Analiz</i> , İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul,
Course Learning Outcomes	Upon successful completion of the course, students will be able to 1. Develop analytical thinking skills. 2. Express the concept of linear operators. 3. Explain inverse operators and their properties. 4. Interpret dual spaces. 5. Demonstrate how the adjoint of an operator is obtained. 6. Discover an important result concerning the characterization of invertibility. 7. Analyze a special classification of operators in Hilbert spaces. 8. Interpret the spectrum of an operator. 9. Analyze positive operators.

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 (5-10 minutes) • Detailed Assessment Criteria: -Ability to solve problems related to the theoretical topics covered in the course	4	%20
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	%40



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: Linear vector spaces: Vector spaces and subvector spaces, linear transformations and their properties Quick Practice (5 minutes): Students will work through simple examples of the concepts of vector space and subvector space and the definitions of 1-1 and onto functions In-Class Discussion (5 minutes): Discussion on the use of the concept of linear transformation in Mathematics and other disciplines	- Recollection and activation of the concepts of set, relation and function. Sources: [1], 2-9. [2], 9-22. - Reading the sections containing vector spaces and subvector spaces, linear transformations and their properties. Source: Coursebook, 2-9.
2	Lecture: Linear operators: continuous linear operators, bounded linear operator Quick Practice (5 minutes): Students will work through simple examples of the equivalence of continuous and bounded linear operators In-Class Discussion (5 minutes): Discussion on the comparison of bounded linear operators in finite and infinite dimensions	- Recollection and activation of normed spaces and their examples. Source: Coursebook, 31-39. - Reading the sections containing the concepts of continuous linear operators and bounded linear operators. Source: Coursebook, 87-95.
3	Lecture: Norm of a bounded linear operator Quick Practice (5 minutes): Implementation of the creation of norms on different spaces In-Class Discussion (5 minutes): Discussing whether every linear operator with norm 1 is an isometry Quiz 1 (15 dk.): A quiz at the end of the class covering the topics taught during the session	- Recollection and activation of the sequences and Hilbert spaces in normed spaces. Source: Coursebook, 31-39; 61-54. [1], 49-52; 127-136. - Reading the sections containing the norm of a bounded linear operator. Source: Coursebook, 97-103. Quiz 1: Source: Coursebook, 103.
4	Lecture: Space of bounded operators Quick Practice (5 minutes): Implementation of the bounded operator norm In-Class Discussion (5 minutes): Discussion of operator multiplications	- Recollection and activation of the definitions of metric space and Banach space. Source: Coursebook, 31-39; 61-54. - Reading the sections containing the space of bounded operators. Source: Coursebook, 104-108.
5	Lecture: Inverses of operators Quick Practice (5 minutes): Making use of different characterizations of invertibility	- Recollection and activation of prior knowledge of the 1-1 and onto definitions of functions defined between vector spaces. Source: Coursebook, 2-9. - Reading the sections containing the inverses of



	In-Class Discussion (5 minutes): Discuss the non-invertible operator example	operators, isomorphism, the open mapping theorem, and the closed graph theorem. Source: Coursebook, 108-119.
6	Lecture: Dual spaces Quick Practice (5 minutes): Guided practice on dual space acquisition. In-Class Discussion (5 minutes): Discussion of separable space structure. Quiz 2 (15 minutes): A quiz at the end of the class covering the topics taught during the session.	1. Recollection and activation of the concepts of finite-dimensional normed linear spaces, the kernel of linear transformation, and orthogonal complements. Source: Coursebook, 2-9; 32; 65 2. Reading the sections containing dual spaces. Source: Coursebook, 121-126. 3. Quiz 2: Source: Coursebook, 104-126.
7	Lecture: Hahn Banach Theorem Quick Practice (5 minutes): Guided practice in finding the extension of a function In-Class Discussion (5 minutes): Discuss the conditions under which extension is possible	1. Recollection and activation of the concepts of sublinear functionals and semi-norms. Source: Coursebook, 127-129. 2. Reading the sections containing the Hahn-Banach Theorem for normed spaces and its consequences. Source: Coursebook, 127-138.
8	Midterm 1	Review of all topics covered up to the exam week.
9	Lecture: Adjoint operator Quick Practice (5 minutes): Finding the adjoint of an operator In-Class Discussion (5 minutes): Discuss the relationship between the kernel of an operator and the adjoint operator	1. Recollection and activation of the concepts of the inner product and the Cauchy-Schwarz inequality. Source: Coursebook, 51-58. 2. Reading the sections containing the operator adjoint. Source: Coursebook, 167-175.
10	Lecture: Normal, self-adjoint operators Quick Practice (5 minutes): Guided practice in a normal matrix test. In-Class Discussion (5 minutes): Discussion of the definability of self-adjoint operators outside Hilbert spaces.	1. Recollection and activation of bounded linear operators on complex Hilbert spaces. Source: Coursebook, 96, 104, 127. 2. Reading the sections containing normal and self-adjoint operators. Source: Coursebook, 176-180.
11	Lecture: Uniter operators Quick Practice (5 minutes): Guided practice in the simple examples In-Class Discussion (5 minutes): Discussion on the usage of uniter operators Quiz 3 (15 minutes): A quiz at the end of the class covering the topics taught during the session	1. Recollection and activation of the concepts of self-adjoint operators and isometry. Source: Coursebook, 179, 100. 2. Reading the sections containing unitary operators. Source: Coursebook, 180-183. 3. Quiz 3: Source: Coursebook, 183.
12	Lecture: Spectrum of an operator Quick Practice (5 minutes): Application of finding the norms of matrices In-Class Discussion (5 minutes): Discussion of the single point self-adjoint operator form	1. Recollection and activation of the concepts of eigenvalues and invertibility. Source: Coursebook, 8, 109. 2. Reading the sections containing the spectrum of an operator. Source: Coursebook, 183-191.
13	Lecture: Positive operators Quick Practice (5 minutes): Obtaining a positive operator from a bounded, invertible, and positive operator defined on a Hilbert space In-Class Discussion (5 minutes): Discussing whether the product of orthogonal operators will be orthogonal	1. Recollection and activation of the concepts of self-adjoint operators and spectrum. Source: Coursebook, 179, 184. 2. Reading the sections containing positive operators. Source: Coursebook, 192- 197
14	Lecture: Positive operators and projections	1. Recollection and activation of positive operators. Source: Coursebook, 192.



	Quick Practice (5 minutes): Determination of equivalent properties of orthogonal projections In-Class Discussion (5 minutes): Discussion about the positive square root of a matrix Quiz 4 (15 minutes) A quiz at the end of the class covering the topics taught during the session	2. Reading the sections containing positive operators and projections. Source: Coursebook, 195-203. 3. Quiz 4: Source: Coursebook, 203-204.
15	Lecture: General review and an application In-Class Activity (5 minutes): Making an application related to polar decomposition. In-Class Discussion (5 minutes): Discussing the importance of knowing polar separation.	1. Recollection and activation of previous topics.. 2. Reading the sections containing the polar decomposition of a matrix B. Source: Coursebook, 203-204.
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	4	56
Special Course Internship (Work Placement)			
Homework Assignments			
Quizzes/Studio Critics	4	3	12
Project			
Presentations / Seminar			
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	10	10
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	15	15
Total Workload:			135
Total Workload / 30(h):			4.5
ECTS Credit:			5



Ders Öğrenim Çıktısı & Program Çıktısı Matrisi

	DÖC-1	DÖC-2	DÖC-3	DÖC-4	DÖC-5	DÖC-6	DÖC-7	DÖC-8	DÖC-9
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>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</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>4</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</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>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</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>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>3</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>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</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.	=	=	=	=	=	=	=	=	=
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.	=	=	=	=	=	=	=	=	=



PC-8 Bilimsel araştırmalarını ve mesleki faaliyetlerini yrtrken 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.	=	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-9 Bireysel olarak ya da takımlarda etkin biimde alışabileceklerdir. / Work effectively both independently and as part of a team.	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
PC-10 Matematik alanında gvenilir bilgi kaynaklarına ulaşarak literatr taraması yapabilecek ve akademik araştırma tasarlayıp yrtebileceklerdir. / Access reliable sources of information, conduct literature reviews, and design and carry out academic research in the field of mathematics.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
PC-11 Matematiksel konuları, teorileri, ispatları, araştırmaları ve problem zmlerini, matematik terminolojisi kullanarak tm paydaşlara Trke ve İngilizcede szl 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>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>