COURSE CATALOG FORM
(DERS KATALOG FORMU)

Course Code: (Dersin Kodu)		BMED3511		Course Name: (Dersin Adı)	Biosignal Processing (Biyosinyal İşleme)		
Semester (Yarıyıl)	**Lc+PS+L (D+U+L)**	**Local Credit (Yerel Kredi)**	**ECTS (AKTS)**	**Language (Dersin Dili)**	**Category (Dersin Türü)**	**Instructional Method (Dersin İşleniş Yöntemi)**	**Prerequisites (Ön Koşullar)**
5	(3+0+1)	3	6	English (İngilizce)	Core (Zorunlu)	Lecture + Design Studio (Ders +Tasarım Stüdyosu)	ELEC 2511 or ELEC2501

Course Objectives (Dersin Amacı)	To develop a rigorous understanding of the physiological, mathematical, statistical and computational foundations of biosignal processing; to analyse acquisition, uncertainty, filtering, spectral and time-frequency structure, multichannel and nonlinear behaviour, and feature extraction; to design reproducible MATLAB-based solutions for complex biomedical problems using real or authorised data; and to strengthen clinical interpretation, patient safety, privacy, ethics, responsible artificial-intelligence use and scientific communication. Biyosinyal işlemenin fizyolojik, matematiksel, istatistiksel ve hesaplamalı temelleri konusunda sağlam bir anlayış kazandırmak; sinyal edinimi, belirsizlik, filtreleme, spektral ve zaman-frekans yapısı, çok kanallı ve doğrusal olmayan davranış ile öznitelik çıkarımını analiz ettirmek; gerçek veya yetkilendirilmiş veriler kullanarak karmaşık biyomedikal problemler için yeniden üretilebilir MATLAB tabanlı çözümler tasarlatmak; klinik yorumlama, hasta güvenliği, mahremiyet, etik, sorumlu yapay zekâ kullanımı ve bilimsel iletişim becerilerini güçlendirmek.
Course Content (Dersin İçeriği)	Physiological origins and acquisition of ECG, EEG, EMG and HRV; sensors, sampling, quantisation, aliasing, noise and uncertainty; discrete-time systems, convolution, z-transform, ROC, poles/zeros and stability; FIR/IIR structures and design, zero-phase and multirate processing; DFT/FFT, periodogram, Welch and AR spectral estimation; autocorrelation, Wiener and matched filtering; Hilbert transform, STFT, CWT/DWT and Wigner-Ville methods; nonlinear complexity measures; cross-spectra, coherence, PCA/SVD/ICA; feature engineering and interpretable machine learning; statistical validation, reproducibility, privacy, bias, legal and ethical issues; Engineering Design Studio and an individual design project with oral defence. EKG, EEG, EMG ve KHD sinyallerinin fizyolojik kökenleri ve edinimi; sensörler, örnekleme, niceleme, aliasing, gürültü ve belirsizlik; ayrık-zamanlı sistemler, konvolüsyon, z-dönüşümü, ROC, kutup-sıfır ve kararlılık; FIR/IIR yapıları ve tasarımı, sıfır-fazlı ve çok oranlı işleme; DFT/FFT, periodogram, Welch ve AR spektral kestirimi; otokorelasyon, Wiener ve eşleşmiş filtreler; Hilbert dönüşümü, STFT, CWT/DWT ve Wigner-Ville yöntemleri; doğrusal olmayan karmaşıklık ölçütleri; çapraz spektrum, koherens, PCA/SVD/ICA; öznitelik mühendisliği ve yorumlanabilir makine öğrenmesi; istatistiksel doğrulama, yeniden üretilebilirlik, mahremiyet, yanlılık, hukuk ve etik; Mühendislik Tasarım Stüdyosu ile sözlü savunmalı bireysel tasarım projesi.
ISCED Category (ISCED Kategori)	0714 - Electronics and automation (07 / 071)
Textbooks (Ders Kitapları)	1. Semmlow, J.L. and Griffel, B., Biosignal and Medical Image Processing, 3rd ed., CRC,2021. 2. Rangayyan, R. M., Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach, 2nd ed.,

	Wiley-IEEE Press, 2015. 3. Blinowska, K. J. and Zygierewicz, J., Practical Biomedical Signal Analysis Using MATLAB, CRC Press, 2012.
Other References (Yardımcı Kaynaklar)	Oppenheim and Schafer, Discrete-Time Signal Processing; PhysioNet and WFDB documentation; MATLAB and optional Python/MNE documentation; selected peer-reviewed papers and authorised biomedical datasets used in the Engineering Design Studio and individual project.

COURSE LEARNING OUTCOMES
(DERSİN ÖĞRENME ÇIKTILARI)

CO	English	Türkçe
1	Explain the physiological origin, acquisition chain, sampling, quantisation, artifacts and statistical uncertainty sources of major biosignals. [1.1, 1.2, 2.1, 4.1]	Başlıca biyosinyallerin fizyolojik kökenini, edinim zincirini, örnekleme ve niceleme süreçlerini, artefaktları ve istatistiksel belirsizlik kaynaklarını açıklar. [1.1, 1.2, 2.1, 4.1]
2	Formulate discrete-time models and analyse systems using difference equations, the z-transform, region of convergence, pole-zero loci, stability and frequency response. [1.1, 1.2, 2.1, 4.1]	Ayrık-zamanlı modelleri fark denklemleri, z-dönüşümü, yakınsama bölgesi, kutup-sıfır yerleri, kararlılık ve frekans yanıtı kullanarak formüle eder ve analiz eder. [1.1, 1.2, 2.1, 4.1]
3	Design, implement and compare FIR/IIR filters under biomedical morphology, phase, stability, computational and real-time constraints. [1.2, 2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 5.2, 5.3]	Biyomedikal morfoloji, faz, kararlılık, hesaplama ve gerçek-zaman kısıtları altında FIR/IIR filtreleri tasarlar, uygular ve karşılaştırır. [1.2, 2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 5.2, 5.3]
4	Estimate and interpret spectral and time-frequency structure using FFT/DFT, Welch, AR models, Hilbert methods, STFT, CWT/DWT and selected nonlinear descriptors. [1.2, 2.1, 4.1, 5.3, 11.1]	FFT/DFT, Welch, AR modelleri, Hilbert yöntemleri, STFT, CWT/DWT ve seçilmiş doğrusal olmayan betimleyicileri kullanarak spektral ve zaman-frekans yapısını kestirir ve yorumlar. [1.2, 2.1, 4.1, 5.3, 11.1]
5	Design a reproducible end-to-end biosignal-processing solution for a complex biomedical problem using real or authorised data. [2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 5.1, 5.2, 5.3, 10.1, 11.1]	Gerçek veya yetkilendirilmiş veri kullanarak karmaşık bir biyomedikal problem için yeniden üretilebilir uçtan uca biyosinyal işleme çözümü tasarlar. [2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 5.1, 5.2, 5.3, 10.1, 11.1]
6	Validate results using uncertainty analysis, statistical inference, effect sizes, cross-validation, error analysis and explicit assessment of methodological limitations. [2.1, 4.1, 5.2, 5.3, 11.1]	Sonuçları belirsizlik analizi, istatistiksel çıkarım, etki büyüklüğü, çapraz doğrulama, hata analizi ve yöntem sınırlılıklarının açık değerlendirmesiyle doğrular. [2.1, 4.1, 5.2, 5.3, 11.1]
7	Evaluate clinical relevance, patient safety, privacy, legal implications, algorithmic bias, inclusiveness and responsible use of AI in biomedical signal analysis. [2.2, 6.1, 6.2, 7.1, 7.2]	Biyomedikal sinyal analizinde klinik anlamı, hasta güvenliğini, mahremiyeti, hukuki sonuçları, algoritmik yanlılığı, kapsayıcılığı ve yapay zekânın sorumlu kullanımını değerlendirir. [2.2, 6.1, 6.2, 7.1, 7.2]
8	Communicate engineering decisions and evidence effectively through technical writing, code documentation, visualisation, presentation and individual oral defence. [9.1, 9.2]	Mühendislik kararlarını ve kanıtlarını teknik yazım, kod dokümantasyonu, görselleştirme, sunum ve bireysel sözlü savunma yoluyla etkili biçimde aktarır. [9.1, 9.2]

COURSE PLAN
(DERS PLANI)

Week (Hafta)	Topics and Engineering Design Studio (Konular ve Mühendislik Tasarım Stüdyosu)
1	Biosignal origins, course architecture, complex-problem formulation and statistical bridge. Studio: PhysioNet/WFDB setup, data provenance and reproducible project structure. Biyosinyal kökenleri, ders mimarisi, karmaşık problem formülasyonu ve istatistiksel köprü. Stüdyo: PhysioNet/WFDB kurulumu, veri kökeni ve yeniden üretilebilir proje yapısı.
2	Acquisition, sensors, sampling, quantisation, aliasing, noise, SNR and uncertainty. Studio: acquisition-chain and aliasing/noise simulation. Edinim, sensörler, örnekleme, niceleme, aliasing, gürültü, SNR ve belirsizlik. Stüdyo: edinim zinciri ve aliasing/gürültü benzetimi.
3	Discrete-time systems, convolution, impulse response, z-transform, ROC, poles/zeros, causality and stability. Studio: manual recursion and pole-zero analysis. Ayrık-zamanlı sistemler, konvolüsyon, dürtü yanıtı, z-dönüşümü, ROC, kutup-sıfır, nedensellik ve kararlılık. Stüdyo: elle yineleme ve kutup-sıfır analizi.
4	FIR/IIR structures, direct forms, cascade/SOS, linear phase, group delay, coefficient sensitivity and biomedical specifications. Studio: filter specification card. FIR/IIR yapıları, doğrudan biçimler, kaskat/SOS, doğrusal faz, grup gecikmesi, katsayı duyarlılığı ve biyomedikal şartnameler. Stüdyo: filtre şartname kartı.
5	IIR design from first principles: notch, Butterworth/Chebyshev concepts, pre-warping, bilinear transform and stability. Studio: ECG notch and band-pass design. İlk ilkelerden IIR tasarımı: çentik, Butterworth/Chebyshev, ön-bükme, bilineer dönüşüm ve kararlılık. Stüdyo: EKG çentik ve bant-geçiren tasarımı.
6	FIR windowed-sinc design, zero-phase processing and multirate safeguards. Studio: FIR-IIR comparison using SNR, distortion, delay and computational cost. Pencereli-sinc FIR tasarımı, sıfır-fazlı işleme ve çok oranlı işleme önlemleri. Stüdyo: SNR, bozulma, gecikme ve hesaplama maliyetiyle FIR-IIR karşılaştırması.
7	DFT/FFT, leakage, windows, periodogram, Welch, AR/Yule-Walker, model order, bootstrap confidence intervals and FDR. Studio: Welch-AR analysis. DFT/FFT, sızıntı, pencereler, periodogram, Welch, AR/Yule-Walker, model derecesi, bootstrap güven aralıkları ve FDR. Stüdyo: Welch-AR analizi.
8	Midterm; autocorrelation, Wiener-Khinchin theorem, coherent averaging, Wiener and matched filtering. Design checkpoint: problem, data, requirements, risks and validation plan. Ara sınav; otokorelasyon, Wiener-Khinchin teoremi, uyumlu ortalama, Wiener ve eşleşmiş filtreler. Tasarım kontrolü: problem, veri, gereksinim, risk ve doğrulama planı.
9	Hilbert transform, analytic signal, envelope, phase, instantaneous frequency, STFT and Heisenberg-Gabor trade-off. Studio: transient localisation with multiple windows. Hilbert dönüşümü, analitik sinyal, zarf, faz, anlık frekans, STFT ve Heisenberg-Gabor ödünleşimi. Stüdyo: farklı pencerelerle geçici olay yerelleştirme.
10	CWT scale-frequency mapping, DWT/MRA, wavelet denoising, Wigner-Ville cross-terms and Cohen-class smoothing. Studio: STFT-CWT/DWT comparison. CWT ölçek-frekans eşlemesi, DWT/MRA, dalgacıkla gürültü giderme, Wigner-Ville çapraz terimleri ve Cohen sınıfı yumuşatma. Stüdyo: STFT-CWT/DWT karşılaştırması.
11	Phase-space reconstruction, sample entropy, DFA, recurrence analysis, surrogate testing and stationarity/data-length limitations. Studio: parameter sensitivity analysis. Faz uzayı yeniden yapılandırma, örnek entropisi, DFA, yineleme analizi, surrogate testleri ve durağanlık/veri uzunluğu sınırlılıkları. Stüdyo: parametre duyarlılığı.

Week (Hafta)	Topics and Engineering Design Studio (Konular ve Mühendislik Tasarım Stüdyosu)
12	Cross-correlation, cross-spectra, coherence, PCA/SVD/ICA, source separation and volume-conduction limitations. Studio: EEG artifact removal or coherence validation. Çapraz korelasyon, çapraz spektrum, koherens, PCA/SVD/ICA, kaynak ayırma ve hacim iletimi sınırlılıkları. Stüdyo: EEG artefakt giderme veya koherens doğrulaması.
13	Feature engineering, LDA/SVM/KNN baselines, data splitting, class imbalance, calibration, explainability, privacy, bias and responsible AI. Design checkpoint: reproducible pipeline and test protocol. Öznitelik mühendisliği, LDA/SVM/KNN temel modelleri, veri bölme, sınıf dengesizliği, kalibrasyon, açıklanabilirlik, mahremiyet, yanlılık ve sorumlu YZ. Tasarım kontrolü: yeniden üretilebilir iş akışı ve test protokolü.
14	Engineering design review: trade-offs, failure modes, clinical interpretation, limitations, reproducibility, project presentation and individual oral defence. Mühendislik tasarım incelemesi: ödünleşimler, hata biçimleri, klinik yorum, sınırlılıklar, yeniden üretilebilirlik, proje sunumu ve bireysel sözlü savunma.

DERSİN DEĞERLENDİRME SİSTEMİ
(COURSE ASSESSMENT)

Etkinlikler (Activities)	Adet (Quantity)	Katkı Oranı (Contribution) (%)
Kısa Sınavlar (Quizzes)	2	10
Mühendislik Tasarım Stüdyosu Portföyü (Engineering Design Studio Portfolio)	7	15
Arasınav (Midterm Examination)	1	20
Bireysel Tasarım Projesi: rapor ve yeniden üretilebilir kod (Individual Design Project)	1	20
Bireysel Sözlü Savunma (Individual Oral Defence)	1	10
Yarıyıl Sonu Sınavı (Final Examination)	1	25
Toplam (Total)		**100**

AKTS İŞ YÜKÜ TABLOSU
(ECTS WORKLOAD TABLE)

DERS ETKİNLİKLERİ (COURSE ACTIVITIES)	Sayı (Quantity)	Süre (Saat) (Time (h))	İş Yükü (saat) (Workload (h))
Ders Süresi (Lectures)	14	3	42
Mühendislik Tasarım Stüdyosu (Engineering Design Studio)	14	1	14
Haftalık Okuma ve Problem Hazırlığı (Weekly Reading and Problem Preparation)	14	2	28
Stüdyo Portföyü Sınıf Dışı Çalışma (Studio Portfolio Outside Class)	7	2	14
Kısa Sınavlar - hazırlık dâhil (Quizzes - preparation included)	2	3	6
Arasınav - hazırlık dâhil (Midterm - preparation included)	1	12	12
Bireysel Tasarım Projesi (Individual Design Project)	1	20	20

DERS ETKİNLİKLERİ (COURSE ACTIVITIES)	Sayı (Quantity)	Süre (Saat) (Time (h))	İş Yükü (saat) (Workload (h))
Sözlü Savunma Hazırlığı (Oral Defence Preparation)	1	4	4
Yarıyıl Sonu Sınavı - hazırlık dâhil (Final Exam - preparation included)	1	10	10
Toplam İş Yükü (Total Workload)			**150**
Dersin AKTS Kredisi (Toplam İş Yükü / 25) ECTS Credits (Total Workload / 25)			**6**

Revizyon / Tarih (Revision / Date)	Koordinatör / Hazırlayan (Coordinator / Prepared by)	Onaylayan (Approved by)
19/07/2026	Dr. R. Murat Demirer	Prof. Dr. Ahmet Aksen