DERS TANITIM ve UYGULAMA BİLGİLERİ

Dersin Adı	**Kodu**	**Yarıyıl**	**T+U+L (saat/hafta)**	**Türü (Z / S)**	**Yerel Kredi**	**AKTS**
Kuantum Hesaplamaya Giriş	CSE 515	Bahar	03+00+00	Seçmeli	3	7.5

Akademik Birim:	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Öğrenim Türü:	Örgün Eğitim
Ön Koşullar	Yok
Öğrenim Dili:	İngilizce
Dersin Düzeyi:	Yüksek Lisans
Dersin Koordinatörü:	ONUR PUSULUK
Dersin Amacı:	Bu ders, temel bilim ve mühendislik alanlarından gelen yüksek lisans düzeyindeki öğrencilere kuantum hesaplamaya kapsamlı bir giriş sunmayı amaçlamaktadır. Ders, klasik öğreni (enformasyon) kuramının temel konularıyla başlamakta ve ardından kuantum mekaniği ile kuantum öğreni biliminin sağlam bir altyapısını inşa etmektedir. Öğrencilerin, kuantum devrelerini anlayıp tasarlayabilecek, temel kuantum algoritmalarını analiz edebilecek ve modern kuantum protokollerini değerlendirebilecek bir yetkinlik kazanmaları hedeflenmektedir. Ders aynı zamanda, öğrencilerin kuantum hesaplamanın güncel gelişmeleri ve kriptografi, kimya, optimizasyon ve makine öğrenmesi gibi çeşitli alanlardaki uygulamalarıyla tanışarak eleştirel düşünme ve disiplinler arası araştırma becerilerini geliştirmelerini amaçlar. Dönem sonunda öğrencilerin, güncel bilimsel literatürle etkin bir şekilde etkileşim kurabilmeleri ve kuantum hesaplama alanındaki ileri düzey konuları başarıyla sunabilmeleri beklenmektedir.
Dersin İçeriği:	Ders, entropi, karşılıklı öğreni ve veri sıkıştırma ile hata düzeltme gibi klasik iletişim protokollerini kapsayan klasik öğreni kuramının temel konularıyla başlamaktadır. Ardından kuantum dünyasına geçilerek kuantum durumları, süperpozisyon, dolaşıklık ve çeşitli kuantum öğreni ölçütleri ele alınmaktadır. Öğrenciler, temel kuantum kapıları ve bunların işleyişlerini kapsayan kuantum devrelerinin inşası ve analizi üzerine çalışacaklardır. Kuantum iletişim protokollerinden kuantum ışınlama, süper yoğun kodlama ve dolaşıklık takası gibi konular işlenecek; ardından Deutsch, Gedik, Grover ve Shor gibi temel kuantum algoritmalarına derinlemesine bir bakış sunulacaktır. Dersin bir diğer bölümünde, Gürültülü Orta Ölçekli Kuantum (NISQ) dönemine özgü zorluklar ve çözüm teknikleri ele alınacak; kuantum hata düzeltme ve hata toleranslı hesaplama konuları işlenecektir. Dersin ilerleyen haftalarında, kuantum hesaplamanın siber güvenlik, kuantum kimya, optimizasyon problemleri ve makine öğrenmesi gibi disiplinler arası alanlardaki yeni araştırma başlıklarına odaklanılacaktır. Dönemin son haftaları, öğrencilerin derste ele alınan temalarla uyumlu araştırma makalelerini seçip sunacakları oturumlara ayrılmıştır.
Dersin Öğrenme Çıktıları (ÖÇ):	• **1-** Klasik ve kuantum öğreni kuramının temel kavramlarını açıklayabilecek, • **2-** Kuantum hesaplamaya temel oluşturan kuantum mekaniksel ilkeleri yorumlayıp analiz edebilecek, • **3-** Standart kuantum kapıları kullanarak kuantum devreleri tasarlayabilecek ve işlevlerini açıklayabilecek, • **4-** Temel kuantum algoritmalarının çalışma prensiplerini ve hesaplama avantajlarını açıklayabilecek, • **5-** Güncel kuantum teknolojilerinin özellikle Gürültülü Orta Ölçekli Kuantum (NISQ) dönemindeki olanaklarını ve kısıtlarını değerlendirebilecek, • **6-** Kriptografi, kimya, optimizasyon ve makine öğrenmesi gibi alanlarda kuantum hesaplama tekniklerini uygulayabilecek, • **7-** Kuantum hesaplama ile ilgili güncel bilimsel literatürü analiz ederek sunum yapabilecek, • **8-** Sınıf içi tartışmalara etkin biçimde katılarak eleştirel düşünme ve akademik katkı sağlama becerisi gösterebilecektir.
Dersin Öğrenme Yöntem ve Teknikleri	Ders Anlatımı: Kavramsal açıklamalar, görsel canlandırmalar ve algoritma incelemeleri içeren etkileşimli dersler. Tartışma Tabanlı Öğrenme: Her hafta düzenlenen sınıf içi tartışmalarla konuların derinlemesine ele alınması ve açık problemler üzerine düşünülmesi. Ödevler: Teorik bilgileri pekiştiren ve küçük ölçekli kuantum programlama veya benzetim (simülasyon) gerektiren problem setleri. Ara Sınav: Öğrencilerin temel bilgi birikimlerini ve analitik yetkinliklerini ölçen yazılı sınav. Araştırma Makalesi Sunumu: Öğrencilerin seçtikleri güncel bir makaleyi detaylı şekilde sunmaları ve eleştirel bir bakış açısıyla tartışmaları. Uyarlanabilir İçerik: Dersin ikinci bölümünde, öğrencilerin ilgi alanlarına ve araştırma konularına göre içerikte esnek düzenlemeler yapılması.

HAFTALIK PROGRAM

Hafta	Konular	Ön Hazırlık
1	Klasik Öğreni Kuramına Genel Bakış • Öğreni Nedir? (belirsizlik, öngörülemezlik, düzensizlik ve rastlantısallık kavramları; bağlamsallık ve olasılıklar; ortak ve marjinal olasılıklar; ilintiler) • Öğreni Ölçütleri (Shannon entropisi, ortak entropi, koşullu entropi, karşılıklı öğreni, Kullback–Leibler ayrıklığı) • Klasik İletişim (veri sıkıştırma, gürültülü kanallar, hata düzeltme kodları)	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
2	Bitlerden Kübitlere • Klasik Olasılıkların Ötesi (çift yarık deneyi, Stern-Gerlach deneyi, ertelenmiş seçim deneyi, ertelenmiş seçim kuantum silici deneyi) • Kuantum Durumları (Dirac gösterimi, süperpozisyon kavramı, ölçüm problemi) • Kuantum Bilgi Ölçütleri (von Neumann entropisi, dolaşıklık entropisi, oluşum dolaşıklığı, eşevreliliğin l_1 normu, eşevreliliğin bağıl entropisi, kuantum karşılıklı bilgisi)	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
3	Kuantum Devrelerinin İnşası • Tek Kübitli Kapılar (Pauli X, Y, Z kapıları, Hadamard kapısı, faz kapısı, π/8 kapısı) • Kuantum Devre Gösterimi (bit, kübit, n kübitli sistemler, ölçüm, dolanıklık) • Çok Kübitli Kapılar (kontrollü-NOT, kontrollü-Z, kontrollü-faz, swap, Toffoli, Fredkin kapıları)	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
4	İleri Düzey Kuantum Protokolleri • Kuantum Işıınlama (kuantum durumlarının uzak kübitler arasında aktarımı) • Dolaşıklık Takası (uzak parçacıklar arasında dolaşıklığın transferi) • Süper Yoğun Kodlama (verimli kuantum iletişim protokolleri)	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
5	Temel Kuantum Algoritmaları I • Deutsch Algoritması (kuantum hız kazanımını gösteren ilk algoritma) • Kuantum Fourier Dönüşümü (klasik Fourier dönüşümünün kuantum karşılığı) • Kütritler ve Gedik Algoritması (bilinen en küçük kuantum algoritması)	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
6	Temel Kuantum Algoritmaları II • Shor Algoritması (tamsayı çarpanlara ayırma için) • Grover Algoritması (yapılandırılmamış arama için) • Kuantum Faz Tahmin Algoritması (kuantum durum tahmini için)	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
7	ARA SINAV	
8	Gürültülü Orta Ölçekli Kuantum (NISQ) Çağı • Kuantum Hata Modelleri • Kuantum Hata Düzeltme Kodları • Hata Toleranslı Kuantum Hesaplama	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
9	Kuantum Hesaplamada Yeni Ufuklar • Kuantum Zaman Yolculuğu ve Kapalı Zaman Benzeri Eğriler • Kuantum SWITCH: İşlemlerin Süperpozisyonu	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
10	Kuantum Hesaplama ve Güvenlik • Kuantum Saldırıları (klasik kripto sistemler üzerindeki etkiler) • Kuantum Anahtar Dağıtımı • Kuantum Sonrası Kriptografi	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunmasıDers kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
11	Kuantum Hesaplama ve Kimya •	Ders kitabı x ve derleme makale y'den

	Fermiyonların Kübitlere Haritalanması • Varyasyonel Kuantum Özdeğer Çözümleyici (VQE) Algoritması • Kimyasal Tepkimelerin Kuantum Simülasyonu	ilgili bölümlerin okunması
12	Kuantum Hesaplama ve Optimizasyon • Kuantum Tavlama ve Adyabatik Kuantum Hesaplama • Kuantum Yaklaşık Optimizasyon Algoritması (QAOA) • Portföy Yönetiminde Kuantum Optimizasyon	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
13	Kuantum Hesaplama ve Makine Öğrenmesi • Kuantum Durumlarının Sinir Ağlarıyla Temsili • Tensor Ağları • Kuantum Makine Öğrenmesi Algoritmaları	Ders kitabı x ve derleme makale y'den ilgili bölümlerin okunması
14	MAKALE SUNUMLARI	Araştırma Makaleleri

Kadir Has Üniversitesi'nde bir dönem 14 haftadır, 15. ve 16. hafta sınav haftalarıdır.

ZORUNLU ve ÖNERİLEN OKUMALAR

Dersin temel başvuru kaynağını, ders içeriğine özel olarak hazırlanmış ders notları oluşturacak; bu notlar, kuantum hesaplamanın temel fiziğini öğrenme sürecinde öğrencilere kapsamlı, açık ve erişilebilir bir kaynak sağlayacaktır.

DİĞER KAYNAKLAR

1. Wong, T.G. (2022). Introduction to Classical and Quantum Computing. Omaha, Nebraska: Rooted Grove.
2. McMahon, D. (2007). Quantum Computing Explained. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
3. Barnett, S. (2009). Quantum Information. Oxford Master Series in Atomic, Optical, and Laser Physics. Oxford: Oxford University Press.
4. Vedral, V. (2007). Introduction to Quantum Information Science. Oxford: Oxford University Press.
5. Nielsen, M., & Chuang, I. (2010). Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition. Cambridge: Cambridge University Press.
6. Preskill, J. Notes on Quantum Computation.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Yarıyıl İçi Çalışmaları	**Sayı**	**Katkı Payı (%)**
Katılım	14	-
Ödev	3	30
Sunum/Jüri	1	30
Diğer Uygulamalar (seminer, stüdyo kritiği, workshop vb.)	1	10
Ara Sınavlar/Sözlü Sınavlar/Kısa Sınavlar	1	30
Total:	**20**	**100**

İŞ YÜKÜ HESAPLAMASI

Etkinlikler	**Sayısı**	**Süresi (saat)**	**Toplam İş Yükü (saat)**

Ders Saati	14	3	42
Ödev	3	10	30
Sunum/Jüriye Hazırlık	1	44	44
Diğer Uygulamalara Hazırlık	1	42	42
Ara Sınavlar/Sözlü Sınavlar/Kısa Sınavlar	1	42	42
Toplam İş Yükü (saat):			**200**

1 AKTS = 25 saatlik iş yükü

PROGRAM YETERLİLİKLERİ (PY) ve ÖĞRENME ÇIKTILARI (ÖÇ) İLİŞKİSİ

#	PY1	PY2	PY3	PY4	PY5	PY6	PY7	PY8	PY9	PY10
OC1										
OC2										
OC3										
OC4										
OC5										
OC6										
OC7										
OC8										

Katkı Düzeyi: 1 Düşük, 2 Orta, 3 Yüksek