

**İTÜ**  
**LİSANSÜSTÜ DERS KATALOG FORMU**  
**(GRADUATE COURSE CATALOGUE FORM)**

Dersin Adı				Course Name	
Eniyileme Kuramının Temelleri ve Bazı Uygulamalar				Fundamentals of Optimization Theory and Certain Applications	
Kodu (Code)	Yarıyıl (Semester)	Kredisi (Local Credits)	AKTS Kredisi (ECTS Credits)	Ders Seviyesi (Course Level)	
HBM620B	Bahar (Spring)	3	7.5	Doktora (PhD.)	
<b>Lisansüstü Program (Graduate Program)</b>		Hesaplamalı Bilim ve Mühendislik Yüksek Lisans Programı (Computational Science and Engineering Masters Programme)			
<b>Dersin Türü (Course Type)</b>	Seçmeli (Elective)		<b>Dersin Dili (Course Language)</b>	Türkçe/İngilizce/ (Turkish/English)	
<b>Dersin İçeriği (Course Description)</b>  <i>30-60 kelime arası</i>	Eniyileme probleminin genel ifadesi ve temel kavramlar. Kısıtsız eniyilemenin temelleri ve seçilmiş uygulamaları. En küçük kareler. Türevsiz eniyileme. Kısıtlı eniyilemenin temelleri ve seçilmiş uygulamaları. Doğrusal ve dışbükey programlama. Eniyileme çözümleriyle ilgili temel bilgiler. Eniyileme problemlerinin karmaşıklığı. Tam sayılı programlama ve kombinasyonel eniyilemeye giriş.  General statement of the optimization problem and basic concepts. Fundamentals of unconstrained optimization and selected applications. Least squares. Derivative-free optimization. Fundamentals of constrained optimization and selected applications. Linear and quadratic programming. Basic information about optimization solvers. Complexity of optimization problems. Introduction to integer programming and combinatorial optimization.				
<b>Dersin Amacı (Course Objectives)</b>  <i>Maddeler halinde 2-5 adet</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Çeşitli uygulamalarda karşılaşılan eniyileme problemlerinin tanınması, formülasyonu ve çözülmesine ilişkin beceriler geliştirmek</li><li>2. Eniyilemenin genel teorisini öğretmek; pratik becerilerin edinilmesini kolaylaştıracak önemli teorik bilgileri, farklı problem tipleri özelinde ve bunların birbiriyle ilgisini kurarak sunmak</li></ol> <ol style="list-style-type: none"><li>1. To develop skills for the identification, formulation, and solution of optimization problems arising in various applications</li><li>2. To teach the general theory of optimization; the important theoretical facts on different types of optimization problems by establishing their relationships, which will help acquiring practical skills</li></ol>				
<b>Dersin Öğrenme Çıktıları (Course Learning Outcomes)</b>  <i>Maddeler halinde 4-9 adet</i>	Bu dersi başarıyla tamamlayan doktora öğrencileri aşağıdaki konularda bilgi, beceri ve yetkinlik kazanırlar: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Eniyilemenin temel kavramlarını ve genel teorisini bilecekler,</li><li>2. Eniyileme konusunda daha gelişmiş bir konuyu öğrenmek istediklerinde ihtiyaç duyacakları bilgi altyapısına sahip olacaklar,</li><li>3. Çeşitli uygulamalarda karşılaşılan eniyileme problemlerini formüle edebilecekler,</li><li>4. Bu eniyileme problemlerinin yapısal özelliklerini ayırt edebilecek, zorluk derecesini anlayabilecek, problemlerin çözümü için kritik olan anahtar özellikleri bilecek ve çözüm yöntemlerinin eldeki probleme uygunluğunu değerlendirebilecekler,</li><li>5. Basit çözüm algoritmalarını ve mevcut çözümleri kullanabilecekler,</li><li>6. Bir eniyileme algoritmasının performansını nasıl değerlendireceklerini bilecekler.</li></ol> PhD. students who successfully pass this course gain knowledge, skill and competency in the following subjects: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Know the basic concepts and general theory of optimization,</li><li>2. Have the background they would need in understanding more advanced topics in optimization,</li><li>3. Be able to formulate the optimization problems arising in different applications,</li><li>4. Be able to identify the structure of those optimization problems, see the complexity of those problems, tell the key features that are critical in solving those problems, and assess suitability of the solution methods to the problem at hand,</li><li>5. Write simple algorithm and use existing solvers for optimization,</li><li>6. Know how to evaluate the performance of an optimization algorithm.</li></ol>				

<p><b>Kaynaklar</b> (References) <i>En önemli 5 adedini belirtiniz</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) J. Nocedal and S. Wright, Numerical Optimization, Springer, 2006</li> <li>2) M. S. Bazaraa, J. J. Jarvis, Linear Programming and Network Flows, John Wiley&amp;Sons, New York 1990</li> <li>3) S.Boyd and L.Vandenberghe, Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004</li> <li>4) D. G. Luenberger, Introduction to Linear and Nonlinear Programming, Addison Wesley, 1973</li> <li>5) C. H. Papadimitriou, K. Steiglitz, Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, Dover, 1998</li> </ol>		
<p><b>Ödevler ve Projeler</b> (Homework &amp; Projects)</p>	<p><b>2 Ödev, 1 Proje</b></p>		
<p><b>Laboratuar Uygulamaları</b> (Laboratory Work)</p>	<p><b>2 Homeworks, 1 Project</b></p>		
<p><b>Bilgisayar Kullanımı</b> (Computer Use) <i>Dersinizde kullandığınız yazılım ve simülasyon programları yazılabilir</i></p>	<p><b>Octave, Ampl, Gurobi, Mosek</b></p>		
<p><b>Diğer Uygulamalar</b> (Other Activities)</p>	<p><b>Octave, Ampl, Gurobi. Mosek</b></p>		
<p><b>Başarı Değerlendirme Sistemi</b> (Assessment Criteria)</p>	<p><b>Faaliyetler</b> (Activities)</p>	<p><b>Adedi*</b> (Quantity)</p>	<p><b>Değerlendirmedeki Katkısı, %</b> (Effects on Grading, %)</p>
	<p><b>Yıl İçi Sınavları</b> (Midterm Exams)</p>	<p><b>1</b></p>	<p><b>20%</b></p>
	<p><b>Kısa Sınavlar</b> (Quizzes)</p>		
	<p><b>Ödevler</b> (Homework)</p>	<p><b>2</b></p>	<p><b>20%</b></p>
	<p><b>Projeler</b> (Projects)</p>		
	<p><b>Dönem Ödevi/Projesi</b> (Term Paper/Project)</p>	<p><b>1</b></p>	<p><b>20%</b></p>
	<p><b>Laboratuar Uygulaması</b> (Laboratory Work)</p>		
	<p><b>Diğer Uygulamalar</b> (Other Activities)</p>		
	<p><b>Final Sınavı</b> (Final Exam)</p>	<p><b>1</b></p>	<p><b>40%</b></p>

\*Yukarıda Belirtilen Sayılar Minimum Olup Yerine Getirilmesi Zorunludur.

## DERS PLANI

Hafta	Konular	Dersin Çıktıları
1	Eniyileme probleminin genel ifadesi, Eniyileme problemlerine örnekler, Eniyilemenin temel kavramları: olurluluk, sınırlılık, (yerel ve küresel) optimallik	1,2
2	En Küçük Kareler-I, Uygulama: doğrusal ters problemler Dışbukeylik ve dışbukey eniyileme problemlerinin özellikleri, Çok değişkenli sürekli problemler için optimallik şartları, Tekillik sorunu, Pozitif tanımlı simetrik doğrusal denklem sistemlerinin çözümü için bazı doğrudan ve iteratif teknikler	1,2,3,4
3	En Küçük Kareler-II, Uygulama: regresyon Newton-Raphson yöntemi, Ölçeklenmiş gradyant adımı, Küresel yakınsama, Yerel yakınsama hızı, Problem yapısını kullanmak: Gauss-Newton ve Levenberg-Marquardt yöntemleri	2,3,4
4	Türevsiz Eniyileme, Uygulama: tasarım problemleri Sonlu farklar yönteminin güvenilirliği, Enterpolasyon ile fonksiyon modeli oluşturma, Koordinat-arama ve Nelder-Mead yöntemleri	2,3,4
5	Eniyileme İş Başında-I. Kısıtsız eniyileme problemleri için popüler çözücüler, Kısıtsız eniyileme için algoritma kodlamak, Durma koşulları, Performans değerlendirme	5,6
6	Doğrusal ve Dışbukey Programlama-I, Uygulama: planlama problemleri Kısıtlı problemler için optimallik şartları, Kısıt kalifikasyon şartları, Lagrange çarpanları, Optimal çözüm noktasına geometrik bakış, Farkas lemma, Dualite	1,2,3,4
7	Doğrusal ve Dışbukey Programlama-II, Uygulama: konveks küme üzerine projeksiyon Aktif küme yaklaşımı, İndirgenmiş altuzayda adım hesaplama, Pivot seçimi sorunu	2,3,4
8	Doğrusal ve Dışbukey Programlama-III, Uygulama: kümeleme problemleri İç nokta yaklaşımı, Olurlu bir başlangıç noktası hesaplama. Küresel yakınsama hızı ve polinom zamanda eniyileme	2,3,4
9	Eniyileme İş Başında-II. Doğrusal ve dışbukey programlar için popüler çözücüler, Eniyileme problemini çözücüye girdi olarak vermek, Çıktıların yorumlanması	5,6
10	Tam Sayılı Programlama, Uygulama: çizelgeleme problemleri Tam sayılı program çözümüne üst sınırlar, Kesen-düzlem algoritmaları, Dal-sınır stratejisi	2,3,4
11	Kombinasyonel Eniyileme-I, Uygulama: sağlanabilirlik problemi Kombinasyonel eniyileme problemlerine genel bakış: doğrusal programlardan NP-tam problemlere, Cook teoremi	1,2,3,4
12	Kombinasyonel Eniyileme-II, Uygulama: maksimum akış problemi Maksimum akış-minimum kesim teoremi	2,3,4
13	Kombinasyonel Eniyileme-III, Uygulama: Ford-Fulkerson algoritması, Ağ arama	2,3,4
14	Uygulamalar	2,3,4

## COURSE PLAN

Weeks	Topics	Course Outcomes
1	General statement of an optimization problem, Examples of optimization problems, Basic concepts of optimization: feasibility, boundedness, (local and global) optimality	1,2
2	Least squares-I, Application: linear inverse problems Convexity and properties of convex optimization problems, Optimality conditions for multivariate continuous problems, Singularity issue, Some direct and iterative techniques for solving positive definite symmetric linear systems	1,2,3,4
3	Least squares-II, Application: regression Newton-Raphson method, Scaled gradient step, Global convergence, Local convergence rate, Using problem structure: Gauss-Newton and Levenberg-Marquardt methods	2,3,4
4	Derivative-free Optimization, Application: design problems The robustness of finite differences, Building function model via interpolation, Coordinate-search and Nelder-Mead methods	2,3,4
5	Optimization In Action-I. Popular solvers for unconstrained problems, Coding algorithms for unconstrained optimization, Termination conditions, Performance evaluation	5,6
6	Linear and Quadratic Programming-I, Application: planning Optimality conditions for constrained problems, Constraint qualifications, Lagrange multipliers, Geometric view of the optimal solution, Farkas' lemma, Duality	1,2,3,4
7	Linear and Quadratic Programming-II, Application: projection onto a convex set Active set approach, Step computation in reduced subspace, Pivoting issue	2,3,4
8	Linear and Quadratic Programming-III, Application: clustering problems Interior point approach, Computing a feasible initial point, Global convergence rate and optimization in polynomial time	2,3,4
9	Optimization In Action-II. Popular solvers for linear and quadratic programs, Inputting an optimization problem to a solver, Interpretation of the output	5,6
10	Integer programming, Application: scheduling problems Upper bounds for solutions of integer programs, Cutting-plane methods, Branch and bound strategy	2,3,4
11	Combinatorial Optimization-I, Application: satisfiability problem General view to combinatorial optimization problems: from linear programs to NP-complete problems, Cook's theorem	1,2,3,4
12	Combinatorial Optimization-II, Application: maximum flow problem Max flow-min cut theorem	2,3,4
13	Combinatorial Optimization-III, Application: Ford and Fulkerson algorithm, Graph search	2,3,4
14	Applications	2,3,4

**NOT-1: Ders planı, sadece hafta bazında işlenen ders konularını içermeli, ara ve kısa sınavlar ders planlarına yazılmamalıdır.**

## Dersin Hesaplamalı Bilim ve Mühendislik Programıyla İlişkisi

	Programın mezuna kazandıracığı bilgi, beceri ve yetkinlikler (programa ait çıktılar)	Katkı Seviyesi		
		1	2	3
i.	Yüksek lisans düzeyi yeterliliklerine dayalı olarak, Hesaplamalı Bilim ve Mühendislik Programındaki bilgilerini uzmanlık düzeyinde geliştirebilme ve derinleştirebilme (yeterli bilgi birikimi) ( <i>bilgi</i> ).			x
ii.	Alanının ilişkili olduğu disiplinler arası etkileşimi kavrayabilme ( <i>bilgi</i> ).		x	
iii.	Alanında edindiği uzmanlık düzeyindeki kuramsal ve uygulamalı bilgileri kullanabilme( <i>beceri</i> ).			x
iv.	Alanında edindiği bilgileri farklı disiplin alanlarından gelen bilgilerle bütünleştirerek yorumlayabilme ve yeni bilgiler oluşturabilme ( <i>beceri</i> ).		x	
v.	Alanını ile ilgili karşılaşılan sorunları araştırma yöntemlerini kullanarak çözümlenebilir ( <i>beceri</i> ).		x	
vi.	Alanını ile ilgili uzmanlık gerektiren bir çalışmayı bağımsız olarak yürütebilme ( <i>Bağımsız Çalışabilme ve Sorumluluk Alabilme Yetkinliği</i> )			
vii.	Alanı ile ilgili uygulamalarda karşılaşılan ve öngörülemez karmaşık sorunların çözümü için yeni stratejik yaklaşımlar geliştirebilme ve sorumluluk alarak çözüm üretebilme ( <i>Bağımsız Çalışabilme ve Sorumluluk Alabilme Yetkinliği</i> ).			
viii.	Alanındaki güncel gelişmeleri ve kendi çalışmalarını, nicel ve nitel veriler ile destekleyerek, alanındaki ve alan dışındaki gruplara, yazılı, sözlü ve görsel olarak sistemli biçimde aktarabilme ( <i>İletişim ve Sosyal Yetkinlik</i> ).			
ix.	Bir yabancı dili en az Avrupa Dil Portföyü B2 genel düzeyinde kullanarak sözlü ve yazılı iletişim kurabilmek ( <i>İletişim ve Sosyal Yetkinlik</i> ).			
x.	Alanının gerektirdiği düzeyde bilgisayar yazılımı ile birlikte bilişim ve iletişim teknolojilerini ileri düzeyde kullanabilme ( <i>İletişim ve Sosyal Yetkinlik</i> )		x	
xi.	Alanı ile ilgili verilerin toplanması, yorumlanması, uygulanması ve duyurulması aşamalarında toplumsal, bilimsel, kültürel ve etik değerleri gözeterek denetleyebilme ve bu değerleri öğretebilme ( <i>Alana Özgü Yetkinlik</i> ).			
xii.	Alanı ile ilgili konularda strateji, politika ve uygulama planları geliştirebilme ve elde edilen sonuçları, kalite süreçleri çerçevesinde değerlendirebilme ( <i>Alana Özgü Yetkinlik</i> ).			
xiii.	Alanında özümledikleri bilgiyi, problem çözme ve/veya uygulama becerilerini, disiplinlerarası çalışmalarda kullanabilme ( <i>Alana Özgü Yetkinlik</i> ).	x		
xiv.	Hesaplamalı Bilim ve Mühendislik Programında, kendi çalışmalarını, alanındaki uluslararası platformlarda, yazılı, sözlü ve/veya görsel olarak aktarabilme ( <i>Alana özgü yetkinlik</i> ).			

1: Az, 2. Kısmi, 3. Tam

## Relationship between the Course and Computational Science and Engineering Program

	Program Outcomes	Level of Contribution		
		1	2	3
i.	Developing and intensifying knowledge in the Computational Science and Engineering program's area, based upon the competency in the M.S. level (sufficient knowledge) ( <i>knowledge</i> ).			x
ii.	Grasping the inter-disciplinary interaction related to one's area ( <i>knowledge</i> ).		x	
iii.	The ability to use the expert-level theoretical and practical knowledge acquired in the area ( <i>skill</i> ).			x
iv.	Interpreting and forming new types of knowledge by combining the knowledge from the area and the knowledge from various other disciplines ( <i>skill</i> ).		x	
v.	Solving the problems faced in the area by making use of the research methods ( <i>skill</i> ).		x	
vi.	The ability to carry out a specialistic study related to one's area independently. ( <i>Competence to work independently and take responsibility</i> ).			
vii.	Developing new strategic approaches to solve the unforeseen and complex problems arising in the practical processes of one's area and coming up with solutions while taking responsibility ( <i>Competence to work independently and take responsibility</i> ).			
viii.	Systematically transferring the current developments in the area and one's own work to other groups in and out of the area; in written, oral and visual forms ( <i>Communication and Social Competency</i> ).			
ix.	Proficiency in a foreign language –at least European Language Portfolio B2 Level- and establishing written and oral communication with that language ( <i>Communication and Social Competency</i> ).			
x.	Using the computer software together with the information and communication technologies efficiently and according to the needs of the area ( <i>Communication and Social Competency</i> ).		x	
xi.	Paying regard to social, scientific, cultural and ethical values during the collecting, interpreting, practicing and announcing processes of the area related data and the ability to teach these values to others ( <i>Area Specific Competency</i> ).			
xii.	Developing strategy, policy and application plans concerning the subjects related to the area and the ability to evaluate the end results of these plans within the frame of quality processes ( <i>Area Specific Competency</i> ).			
xiii.	Using the knowledge and the skills for problem solving and/or application (which are processed within the area) in inter-disciplinary studies ( <i>Area Specific Competency</i> ).	x		
xiv.	In the Computational Science and Engineering program, the ability to present one's own work within the international environments orally, visually and in written forms ( <i>Area Specific Competency</i> ).			

1: Little, 2. Partial, 3. Full

**NOT-2: Ders ile ilgisi olmayan çıktıların boş bırakılması gerekmektedir.**

<u>Düzenleyen (Prepared by)</u>	<u>Tarih (Date)</u>	<u>İmza (Signature)</u>
---------------------------------	---------------------	-------------------------