

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

Dersin Adı				Course Name	
Koşut Sayısal Algoritmalar ve Araçlar				Parallel Numerical Algorithms and Tools	
Kodu (Code)	Yarıyıl (Semester)	Kredisi (Local Credits)	AKTS Kredisi (ECTS Credits)	Ders Seviyesi (Course Level)	
HBM514E	Bahar (Spring)	3	7,5	YL (M.Sc.)	
<b>Lisansüstü Program (Graduate Program)</b>	Hesaplamalı Bilim ve Mühendislik (Computational Science and Engineering)				
<b>Dersin Türü (Course Type)</b>	Zorunlu (Compulsory)		<b>Dersin Dili (Course Language)</b>	İngilizce (English)	
<b>Dersin İçeriği (Course Description)</b>  <i>30-60 kelime arası</i>	<p>Mesaj aktarımlı hesaplama: İletişimciler ve gruplar, türetilmiş veri tipleri, sanal topolojiler, koşut G/Ç, uzaktan bellek erişimi ve dinamik bellek yönetimi. Çizge kuramı. Alan ayrıştırma ve grafik bölütleme algoritmaları. Sayısal Algoritmalar: Canon, Fox, Snyder, SUMMA, DNS Algoritmaları. Doğrudan Yöntemler: Gauss Eliminasyonu, LU Ayrıştırması, QR çarpanlara ayırma. Yinelemeli yöntemler: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR. Kırmızı-Siyah sıralaması. Thomas algoritması. STD ve KTD'ler için koşut algoritmalar: Çoklu-boyama algoritmaları. Melez programlama: OpenMP + MPI ve OpenMPI. Durağan olmayan yinelemeli yöntemler: CG ve GMRES. Performans sorunları ve koşut ayırlama, Koşut FFT.</p> <p>Message passing computing: Communicators and groups, Derived data types, Virtual topologies, Parallel I/O, Remote memory access and Dynamic memory management, Graph theory, Domain decomposition and graph partitioning algorithms, Numerical algorithms: Canon, Fox, Snyder, SUMMA, DNS Algorithms. Direct Methods: Gauss Elimination, LU Decomposition, QR Factorization. Iterative Methods: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR. Red-Black ordering. Thomas algorithm. Parallel algorithms for ODE's and PDE's: Multi-coloring algorithms, Hybrid programming: OpenMP+MPI and OpenMPI. Non-Stationary iterative methods: CG and GMRES. Performance issues and parallel profiling. Parallel FFT.</p>				
<b>Dersin Amacı (Course Objectives)</b>  <i>Maddeler halinde 2-5 adet</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>Orta ve büyük ölçekli bilimsel ve mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan klasik ve modern sayısal yöntemlerin koşutlamasının tasarım ve analizinin öğretilmesi.</li><li>Koşut algoritma geliştirmek için gerekli araçların tanıtılması ve uygulamaları.</li><li>Farklı sunucu sistemleri için gerekli araçların uygulamalarının tanıtılması.</li><li>Koşut hesaplama alanında orta ve ileri düzey bilgi ve becerilerin kazandırılması.</li><li>Verilen bir koşut algoritma üzerinde değişiklik yapabilme ve kazanımları yorumlayabilme yeteneğinin geliştirilmesi.</li></ol> <ol style="list-style-type: none"><li>To teach the design and analysis of parallelizing the classical and modern numerical methods used in the solution of medium and large-scale scientific and engineering problems.</li><li>To introduce the tools required for developing the parallel algorithms and their implementation.</li><li>To introduce the implementation of necessary tools for different server systems.</li><li>To gain intermediate and advanced level knowledge and skills in the field of parallel computing.</li><li>To develop the ability of interpretation for possible gains and modification on a given parallel algorithm.</li></ol>				
<b>Dersin Öğrenme Çıktıları (Course Learning Outcomes)</b>  <i>Maddeler halinde 4-9 adet</i>	<p>Bu dersi başarıyla tamamlayan yüksek lisans/doktora öğrencileri aşağıdaki konularda bilgi, beceri ve yetkinlik kazanırlar;</p> <ol style="list-style-type: none"><li>Koşut algoritma terminolojisini anlaması ve kullanabilmesi.</li><li>Verilen bir problemin koşut bir sunucu sistemine taşınması durumunda potansiyel kazanım boyutunu genel terimleriyle anlaması ve yorumlayabilmesi.</li><li>Verilen bir problem için uygun bir koşut algoritma modeli seçebilmesi ve yazabilmesi.</li><li>İleri düzey koşut hesaplama yöntemlerini kullanarak sayısal algoritmaları tasarlayabilme.</li><li>Sayısal algoritmaları dağıtık sunucu sistemleri üzerinde ölçekleme ve sonuçlarını yorumlayabilme.</li><li>Paylaşım bellekli koşut hesaplama sistemlerinde kullanılan yöntemlere dayalı sayısal algoritmaları tasarlayabilme.</li><li>Koşut algoritmaları gelişmiş analiz, ayırlama ve görselleştirme araçları ile inceleyebilme, hata ayıklama ve ince ayar süreçlerini uygulayabilme.</li><li>Melez koşut programlamada bilgi ve becerilerini geliştirme.</li><li>Büyük ölçekli sunucu sistemleri üzerinde ölçeklenebilecek bilimsel ve mühendislik problemlerin uygulamalarını koşutabilme.</li></ol>				

M.Sc./Ph.D. students who successfully pass this course gain knowledge, skill and competency in the following subjects;

1. Understand and use the terminology of parallel algorithms
2. Understand and interpret in general terms, the size of the potential gains for a given problem when ported to a parallel server system.
3. Write and choose a suitable parallel algorithm model for a given problem.
4. Design the numerical algorithms using advanced parallel computing methods.
5. Scale the numerical algorithms on distributed server systems and interpret their results.
6. Design the numerical algorithms based on methods used for shared memory parallel computing systems.
7. Be able to apply the fine tuning and debugging processes, and study of parallel algorithms with advanced analysis, profiling and visualization tools.
8. Develop the knowledge and skill for Hybrid parallel programming.
9. Be able to run the applications of scientific and engineering problems which will be scalable on the large scale server systems

<p><b>Kaynaklar</b></p> <p>(References)</p> <p><i>En önemli 5 adedini belirtiniz</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Casanova, H., Legrand A. And Robert Y. (2009). Parallel Algorithms. Chapman &amp; Hall/CRC Press.</li> <li>2. Quinn, M., (2003). Parallel Computing in C with MPI and OpenMP, Mc Graw-Hill.</li> <li>3. Chapman, B., Jost, G. and Van der Pas, R. (2008). Using OpenMP, MIT Press.</li> <li>4. Arbenz, P. and Petersen, W. (2004). Introduction to Parallel Computing, Oxford University Press.</li> <li>5. Gallivan K.A. et Al. (1990). Parallel Algorithms for Matrix Computations, SIAM.</li> </ol>		
<p><b>Ödevler ve Projeler</b></p> <p>(Homework &amp; Projects)</p>	<p>2 ÖDEV, 1 DÖNEM PROJESİ</p>		
<p><b>Laboratuvar Uygulamaları</b></p> <p>(Laboratory Work)</p>	<p>13 LABORATUAR UYGULAMASI</p>		
<p><b>Bilgisayar Kullanımı</b></p> <p>(Computer Use) <i>Dersinizde kullnadiğiniz yazılım ve simulasyon programları yazılabilir</i></p>	<p>MPI, OPENMP, C, C++ VE F90 DERLEYİCİLERİ, INTEL C VE C++ COMPILER, INTEL MPI COMPILER, TAU, INTEL TRACE ANALİZCİSİ, ECLIPSE IDE EDITÖR, BATCH BETİĞİ, LSF BETİĞİ, JUMPSHOT, VAMPIR.</p> <p>MPI, OPENMP, C, C++ AND F90 COMPILERS, INTEL C AND C++ COMPILER, INTEL MPI COMPILER, TAU, INTEL TRACE ANALYZER, ECLIPSE IDE EDITOR, BATCH SCRIPTING, LSF SCRIPTING, JUMPSHOT, VAMPIR.</p>		
<p><b>Diğer Uygulamalar</b></p> <p>(Other Activities)</p>			
<p><b>Başarı Değerlendirme Sistemi</b></p> <p>(Assessment Criteria)</p>	<p><b>Faaliyetler (Activities)</b></p>	<p><b>Adedi* (Quantity)</b></p>	<p><b>Değerlendirmedeki Katkısı, % (Effects on Grading, %)</b></p>
	<p><b>Yıl İçi Sınavları (Midterm Exams)</b></p>	<p>1</p>	<p>15%</p>
	<p><b>Kısa Sınavlar (Quizzes)</b></p>	<p>2</p>	<p>10%</p>
	<p><b>Ödevler (Homework)</b></p>	<p>2</p>	<p>20%</p>
	<p><b>Projeler (Projects)</b></p>		
	<p><b>Dönem Ödevi/Projesi (Term Paper/Project)</b></p>	<p>1</p>	<p>15%</p>
	<p><b>Laboratuvar Uygulaması (Laboratory Work)</b></p>		
	<p><b>Diğer Uygulamalar (Other Activities)</b></p>		
	<p><b>Final Sınavı (Final Exam)</b></p>	<p>1</p>	<p>40%</p>

\*Yukarıda Belirtilen Sayılar Minimum Olup Yerine Getirilmesi Zorunludur.

## DERS PLANI

Hafta	Konular	Dersin Çıktıları
1	Giriş ve mesaj aktarımlı hesaplama: İletişimciler ve gruplar, türetilmiş veri tipleri	1,2,3
2	Mesaj aktarımlı hesaplama: sanal topolojiler	1,3,4,5
3	Mesaj aktarımlı hesaplama: koşut G/Ç, uzaktan bellek erişimi ve dinamik bellek yönetimi	1,3,4,5
4	Çizge kuramı	3,4,5,6
5	Alan ayrıştırma ve çizge bölütleme algoritmaları	3,4,5,6
6	Sayısal algoritmalar: matris çarpımı, Canon, Fox, Snyder, SUMMA DNS algoritmaları	2,3,4,5,6,9
7	Doğrudan yöntemler: Gauss eliminasyon, LU ayrıştırması, QR çarpanlara ayırma	2,3,4,5,6,9
8	Yinelemeli yöntemler: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR	2,3,4,5,6,9
9	Yinelemeli yöntemler: SOR, Kırmızı-Siyah sıralaması, Thomas algoritması	2,3,4,5,6,9
10	STD ve KTD'ler için koşut algoritmalar: Çoklu-boyama algoritmaları	2,3,4,5,6,9
11	Melez programlama: OpenMP + MPI ve OpenMPI	6,7,8,9
12	Durağan olmayan yinelemeli yöntemler: CG ve GMRES	3,4,5,6,9
13	Performans sorunları ve koşut ayırılma	6,7,8,9
14	Koşut FFT	3,4,5,9

## COURSE PLAN

Weeks	Topics	Course Outcomes
1	Introduction and message passing computing: communicators and groups, derived data types	1,2,3
2	Message passing computing: virtual topologies	1,3,4,5
3	Message passing computing: parallel I/O, remote memory access and dynamic memory management	1,3,4,5
4	Graph theory	3,4,5,6
5	Domain decomposition and graph partitioning algorithms	3,4,5,6
6	Numerical algorithms: matrix multiplication, Canon, Fox, Snyder, SUMMA DNS algorithms	2,3,4,5,6,9
7	Direct Methods: Gauss elimination, LU decomposition, QR factorization	2,3,4,5,6,9
8	Iterative methods: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR	2,3,4,5,6,9
9	Iterative Methods: SOR, Red-Black ordering, Thomas algorithm	2,3,4,5,6,9
10	Parallel Algorithms for ODE's and PDE's based on Finite Dif: Multi-coloring Algorithms	2,3,4,5,6,9
11	Multi-level Programming : OpenMP+MPI and OpenMPI	6,7,8,9
12	Non-Stationary Matrix Methods : CG and GMRES	3,4,5,6,9
13	Performance Issues and Parallel Profiling	6,7,8,9
14	Parallel FFT	3,4,5,9

**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.	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> ).		X	
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> ).			X
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> ).		X	
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 gözeten 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 özümstedikleri 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 undergraduate 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 an <b>expertise</b> study related to one's area independently. ( <i>Competence to work independently and take responsibility</i> ).		X	
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> ).			X
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> ).		X	
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><i>Düzenleyen (Prepared by)</i></u> Prof.Dr. M. Serdar ÇELEBİ	<u><i>Tarih (Date)</i></u>	<u><i>İmza (Signature)</i></u>
---	----------------------------	--------------------------------