

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIY TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI  
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

Ro‘yxatga olindi:  
№ 48  
2025-yil 29 04



**“TASDIQLAYMAN”**

O‘quv ishlari  
bo‘yicha prorektor  
Dj.Sultanov  
2025-yil 29 04

**PARALLEL KOMPYUTER ARXITEKTURASI  
VA DASTURLASH FANINING**

**O‘QUV DASTURI**

- Bilim sohasi:** 600 000 – Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari
- Ta‘lim sohasi:** 610 000 – Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari
- Ta‘lim yo‘nalishi:** 60610500 – Kompyuter injiniringi (“Kompyuter injiniringi”)

**Toshkent – 2025**

Fan/modul kodi PCAP18MBK	O'quv yili 2025-2026	Semestr 5	ECTS-Kreditlar 8	
Fan/modul turi Majburiy	Ta'lim tili O'zbek/Rus/Ingliz		Haftadagi dars soatlari 7	
	Fanning nomi	Auditoriya mashg'ulotlari (soat)	Mustaqil ta'lim (soat)	Jami yuklama (soat)
1.	Parallel kompyuter arxitekturasi va dasturlash	96	144	240
2.	<p><b>I. Fanning mazmuni</b></p> <p>Fanni o'qitishdan maqsad – talabalarga parallel kompyuter arxitekturasi bo'yicha bilimlarning nazariy asoslarini, mavjud hisoblash mashinalardan samarali foydalanish uchun zarur bo'lgan parallel dasturlash usullarini o'rgatish, hamda parallel hisoblash tizimlarini loyihalash ko'nikmalarini shakllantirishdan iborat.</p> <p>Fanning vazifasi – zamonaviy protsessorlar arxitekturalari, o'zaro ulanish tarmoqlari va xotira tizimi, parallel va geterojen hisoblash texnologiyalari, parallel hisoblash unumdorligini baholash, parallel chuqur o'rganish haqidagi bilimlarni berish hamda parallel dasturlash bo'yicha amaliy ko'nikmalarni hosil qilish hisoblanadi.</p> <p><b>II. Asosiy nazariy qism (ma'ruza mashg'ulotlari)</b></p> <p><b>III. Fan tarkibiga quyidagi mavzular kiradi:</b></p> <p><b>I BOB. PARALLEL HISOBLASHGA KIRISH</b></p> <p><b>1-mavzu. Parallellashtirish nimaga kerak?</b> Parallel kompyuter arxitekturasi. Parallel ishlov berish tushunchasi. Hisoblash mashinalarining rivojlanish bosqichlari.</p> <p><b>2-mavzu. Parallel ishlovchi protsessorlar va konveyr ishlov berish</b> Parallel ishlovchi protsessorlar tuzulishi. Konveyr ishlov berish asoslari. Buyruq darajasidagi parallellik. Ma'lumotlar darajasidagi parallellik. Intel x86 arxitekturasi.</p> <p><b>3-mavzu. Zamonaviy ko'pyadroli protsessorlar</b> Ko'p yadroli (Multicore) protsessorlar. Oqim va jarayon tushunchasi. Simmetrik (SMP) va asimmetrik (AMP) ko'p ishlov berish. Dasturiy va qurilmali ko'poqimlilik (Multithreading). ARM va Intel ko'pyadroli protsessorlari.</p> <p><b>4-mavzu. Parallel dasturlash modellari</b> Umumiy xotira va taqsimlangan xotira modellar. Gibrid model. Vazifalar parallelligi (Task Parallelism). SIMD (Single Instruction, Multiple Data) va SPMD (Single Program, Multiple Data) hisoblash modeli. Fork-</p>			

Join modeli. CUDA dasturlash modeli.

## **II BOB. GRAFIK MA'LUMOTLARGA PARALLEL ISHLOV BERISH**

### **5-mavzu. Grafik protsessorlar arxitekturasi va CUDA dasturlash**

Grafik protsessorlar arxitekturasi. Massivli parallel arxitektura. Streaming Multiprocessor (SM) tuzulishi. Warp birligi. Grafik protsessorlarning xotira iyerarxiyasi: global xotira, local xotira, umumiy xotira.

### **6-mavzu. Parallel dasturlash asoslari**

Tezkorlikni oshirishning dasturiy yondoshuvi. Jarayon tushunchasi. Hisoblash oqimlari. Nisbiy (Concurrency) va haqiqiy parallellik. Parallel dasturlashda muhim muammolar: race condition, deadlock, synchronization, load balancing. Dasturiy vositalar: OpenMP, MPI, CUDA, Pthreads, Java Thread.

### **7- mavzu. Unumdorlikni oshirish yo'llari**

Hisoblash samaradorligini oshirish yo'llari. Xotiradan foydalanishga kamaytirish. Energiya tejamkorlik tushunchasi. Algoritm asosida samaradorlikni oshirish. Yadrolarning bandlik darajasini (Occupancy) oshirish yo'llari.

## **III BOB. PARALLE HISOBLASHDA XOTIRANING O'RNINI**

### **8-mavzu. Kuzatuv asosidagi (Snooping-Based) kesh muvofiqligi (Cache Coherence)**

Protsessorlarda kesh xotiraning ahamiyati. Keshning muvofiqligi tushunchasi. Kuzatuvga asoslangan kesh muvofiqligi. Kesh xotiraning o'qish/yozish jarayonlari. MESI(Modified, Exclusive, Shared, Invalid) protokoli. Kuzatuv (Snooping) texnikasining turlari: Write-invalidate va Write-update.

### **9-mavzu. Katalog asosidagi (Directory-Based) kesh muvofiqligi (Cache Coherence)**

Ko'p protsessorli tizimlar. Klasterli tizimlar. NUMA arxitekturalari. Xotira bloki tushunchasi.

### **10-mavzu. Kuzatuv asosidagi (Snooping-Based) ko'p-protsessorli tizimlar**

Ko'p-protsessorli tizimlar tuzulishi. Umumiy xotirali tizimlar arxitekturasi. Umumiy shina tushunchasi. Kuzatuv asosidagi (Snooping-Based) tizimlarning afzalliklari va kamchiliklari.

### **11-mavzu. Virtual xotira**

Parallel hisoblash xotira turlarining ahamiyati. MMU (Memory Management Unit) tushunchasi. Sahifa xatosi (Page Fault) va Swap (paging) jarayoni. Sahifalar jadvali.

**12-mavzu. O'zaro bog'lanish tarmoqlari**

Tugunlar (nodes) va tarmoqlar tushunchasi. Taqsimlangan tizimlar. MPI(Message Passing Interface) texnologiyasi.

**13-mavzu. Xotira barqarorligi (Memory Consistency)**

Parallel hisoblashda xotira barqarorligi. Xotira barqarorligi modellari.

#### **IV BOB. SINXRONLASH JARAYONLARI**

**14-mavzu. Sinxronlashni amalga oshirish**

Parallel ishlov berishda sinxronlashtirish jarayonlari. Lock/Mutex (Mutual Exclusion), semafora (Semaphore), to'siq (Barrier), spinlock tushunchalari.

**15-mavzu. Maydalab (Fine-Grained) sinxronlash. Lock-Free dasturlash**

Maydalab (Fine-Grained) sinxronlash tushunchasi. CAS (Compare-And-Swap) va Atomic operatsiyalari.

#### **V BOB. GETEROGEN PARALLELLIK**

**16-mavzu. Geterogen parallellik. Maxsuslashtirilgan apparat arxitekturasi**

Geterogen arxitektura. Bir nechta turdagi hisoblash qurilmalariga (CPU, GPU, FPGA, ASIC, TPU) ega tizimlar. Ma'lum bir vazifani (yoki algoritmi) bajarish uchun maxsus mo'ljallangan apparat arxitekturasi.

#### **VI BOB. SOHAGA YO'NALTIRILGAN PARALLEL DASTURLASH**

**17-mavzu. Sohaga yo'naltirilgan parallel dasturlash**

Grafik ishlov berish, ilmiy hisoblashga, sun'iy intellektga, katta ma'lumotlarni (Big Data) qayta ishlashga va signallarga raqamli ishlov berishga yo'naltirilgan parallel dasturlash.

**18-mavzu. Graflar bo'yicha sohaga yo'naltirilgan dasturlash**

Graflar bo'yicha dasturlash asoslari. Graflar bilan ishlashda foydalaniladigan vositalar (NetworkX, GraphX, CUDA Graphs). Graflar bilan dasturlashda parallellik.

#### **VII BOB. PARALLEL CHUQUR O'RGANISH**

**19-mavzu. Parallel chuqur o'rganish (deep learning) asoslari**

Chuqur o'rganish. Parallel chuqur o'rganish asoslari. Parallel chuqur

o'rganish texnologiyalari. Parallelga asoslangan o'rganish usul va kutubxonalar (Horovod, TensorFlow, PyTorch).

**20-mavzu. Ma'lumotlar parallelligiga asoslangan chuqur o'rganish**  
Neyron tarmoqlarining tuzilishi. Gradient descent va backpropagation tushunchasi. Ma'lumotlar parallelligining o'rni.

**21-mavzu. Parallel chuqur o'rganish. Model va konveyr asosida parallellashtirish.**

Neyron tarmoqlarining tuzilishi. Gradient descent va backpropagation tushunchasi. Ma'lumotlar parallelligining o'rni. Model asosida parallellashtirish. Konveyr asosida parallellashtirish.

### **III. Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar**

*Amaliyot mashg'ulotlari uchun quyidagi mavzular tavsiya etiladi:*

1. Ma'lumotlarga raqamli ishlov berishda parallellashtirishning ahamiyati.
2. Ma'lumotlarga konveyr ishlov berish.
3. Zamonaviy ko'pyadroli protsessorlarida PPL kutubxonasi yordamida parallellashtirish.
4. Signallarga PPL kutubxonasi yordamida prallel ishlov berishda
5. CUDA asosida parallel dasturlash modeli
6. Video ma'lumotlariga CUDA yordamida parallel ishlov berish
7. OpenMP asosida parallel dasturlash modeli.
8. Intel Threading Building Blocks yordamida parallel dasturlash.
9. Geterogen hisoblash tizimlarida parallellashtirish.
10. Parallellashtirish kutubxonalar samaradorligini baholash
11. Nutq signallariga parallel ishlov berish.
12. Mashinali o'rganish jarayonlarini parallellashtirish
13. Chuqur o'qitish jarayonlarini parallellashtirish.

### **IV. Mustaqil ta'lim va mustaqil ishlar**

*Mustaqil ta'lim uchun tavsiya etiladigan mavzular:*

- Parallel dasturlashda xotira bilan bog'liq muammolar va ularning yechimlari;
- Parallel hisoblashda unumdorlikni ta'minlash bo'yicha choralar.

### **3. V. Fan o'qitilishining natijalari (shakllanadigan kompetensiyalar)**

Fanni o'zlashtirish natijasida talaba:

- parallel kompyuterlar arxitekturasi, parallel hisoblash tizimlarining apparat ta'minoti va xotirani iyerarxiyasining tuzulishi, kesh muvofiqligi, xotira barqarorligi, o'zaro bog'lanish tarmoqlari hamda chuqur o'rganishning tarkibiy qismlari to'g'risida *tasavvurga ega bo'lishi*;
- parallellashtirish texnologiyalari, maxsus parallellashtirish kutubxonalari, hamda parallellashtirishning apparat-dasturiy ta'minotini *bilishi va ulardan*

	<p><b>foydalana olishi;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• parallel dasturlash, grafik ma'lumotlarga parallel ishlov berish, parallel ishlovchi algoritmlar va dasturlarni loyihalash hamda parallel hisoblash unumdorligini baholash <i>ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak.</i></li> </ul>
4.	<p><b>VI. Ta'lim texnologiyalari va metodlari:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ma'ruzalar;</li> <li>• Interfaol keys-stadilar;</li> <li>• Blits-so'rov;</li> <li>• Guruhlarda ishlash;</li> <li>• Taqdimotlarni qilish;</li> <li>• Jamoa bo'lib ishlash va himoya qilish uchun loyihalar.</li> <li>• Amaliy ishlarni bajarish va xulosalash;</li> </ul>
5.	<p><b>VII. Kreditlarni olish uchun talaba:</b></p> <p>Fan bo'yicha talabalarning bilim, ko'nikma va malakalariga qo'yiladigan talablarni to'liq o'zlashtirganligini aks ettiruvchi oraliq nazorat va mustaqil ish shaklida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarishi, yakuniy nazorat bo'yicha yozma ishni (testni) muvaffaqiyatli topshirishi kerak bo'ladi.</p>
6.	<p><b>Asosiy adabiyotlar:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. John L. Hennessy and David A. Patterson. Computer Architecture, Sixth Edition: A Quantitative Approach. Morgan Kaufmann, 2017. -936 p.</li> <li>2. Peter Pacheco, Matthew Malensek. An Introduction to Parallel Programming 2nd Edition. 2017. -496 p.</li> </ol> <p><b>Qo'shimcha adabiyotlar:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface, 3rd Ed - William Gropp, Ewing Lusk, Anthony Skjellum, 2014.</li> <li>2. Sanders, Jason, and Edward Kandrot. CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming. Addison-Wesley, 2010.</li> <li>3. Deakin, Tom, and Tim Mattson. Programming Your GPU with OpenMP. OpenMP Architecture Review Board, 2023.</li> <li>4. Musaev M.M. "Процессоры современных компьютеров". Toshkent.: "Aloqachi" nashriyoti, 2020. 512 b.</li> </ol> <p><b>Axborot manbalari:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <a href="http://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-parallel-computing">www.geeksforgeeks.org/introduction-to-parallel-computing</a></li> <li>2. <a href="http://www.openmp.org/specifications/">http://www.openmp.org/specifications/</a></li> <li>3. <a href="http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpi/">http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpi/</a></li> <li>4. <a href="https://developer.nvidia.com/cuda-toolkit">https://developer.nvidia.com/cuda-toolkit</a></li> </ol>

7.	Mazkur o'quv dasturi universitet Kengashining 2025-yil <u>29.04.</u> dagi <u>819/750/781</u> -sonli bayonnomasi bilan tasdiqlangan.
8.	<b>Fan/modul uchun mas'ullar:</b> M.F.Raximov - Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Kompyuter tizimlari" kafedrasini mudiri. PhD. dotsent. Sh.A.Javliyev - Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Kompyuter tizimlari" kafedrasini assistenti.
9.	<b>Taqrizchilar:</b> M.M.Ochilov – Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU "Komputer tizimlari" kafedrasini dotsenti, PhD. F.F.Maxmudxo'jayev – "Kosmik monitoring va geoaxborot texnologiyalari markazi" unitar korxonasi, "Sun'iy intellekt va dasturlash" departamenti boshlig'i, t.f.d.(D.Sc.), professor.

