

Н. Карелхан<sup>1</sup>, П.С. Гапбарова<sup>1</sup>, О.А. Алшынбаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<sup>2</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан  
(e-mail: <sup>1</sup>knursaule@mail.ru, <sup>1</sup>pgapbarova@mail.ru)

## Сандық әдістер есептерін шешуде параллель есептеулер қолдануды оқу процесіне ендірудің теориялық негіздері

**Аңдатпа.** Қазіргі таңда жоғары өнімді параллель есептеулерді дамыту заманауи талаптардың бірі. Әлемде шешімі табылмаған есептер көп. Ондай есептердің көбі жоғары өнімді есептеулерді қажет етеді. Сондықтан, білім беру саласында сандық әдістер есептерін шешуде параллель есептеулер қолдану қажеттілігі туындайды. Ол үшін параллель есептеулерді қолдана алатын кәсіби мамандар қажет. Бұл мақалада бүкіл әлемдік және Республикамыздың жоғары оқу орындарында сандық әдістер есептерін шешуде параллель есептеулер қолданудың оқыту жағдайларына теориялық талдаулар жасалады. Қазақстан республикасы жоғары оқу орындарында сандық әдістер есептерін шешуде параллель есептеулер қолданудың қажеттілігі негізделеді.

**Түйін сөздер:** параллель есептеулер, сандық әдістер, жоғары өнімді есептеулер, сандық әдістерді параллель есептеу, ақпараттық технологиялар (АТ), ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ), информатика, суперкомпьютер.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6895-2023-143-2-158-168>

### Кіріспе

Әлемдік қоғам эволюциясынан кейін білім беру жүйесіне қойылатын талаптар да өзгереді. Болашақ ақпараттық технологиялар мамандарын сапалы даярлау мақсатында халықаралық және отандық ақпараттық-коммуникациялық технологиялар компанияларымен және жұмыс берушілермен келісетін АКТ бойынша (математика, қолданбалы математикалық модельдеу бойынша) жаңа білім беру бағдарламалары енгізілетін болады. Кадрлар біліктілігі саласында бағдарламада қойылған мақсаттарға қол жеткізу үшін білім беру жүйесі ең үздік әлемдік тәжірибелерге сәйкес толығымен жаңартылатын болады [1].

Алдыңғы қатардағы дамыған елдер АКТ саласындағы жоғары өнімді параллель есептеулерге аса назар аударған.

*Параллель есептеулер* – бірнеше процессорлар бірігіп тапсырманы біруақытта орындайтын немесе түрлендіретін есептеу архитектурасы. Көптеген суперкомпьютерлер параллель есептеу принципін пайдаланады [2].

Параллельді есептеулер үлкен есептеулерді жүргізуге байланысты салаларда қолданылады, мысалы, жобаны қолдау жүйелерінде (CAD), инженерлік қосымшалар, физикалық процестерді математикалық модельдеу (динамикалық есептер), жер ғылымындағы жаһандық процестерді модельдеу (бұл климаттың өзгеруін болжау, табиғи катаклизмдерді болжау міндеттері, жер қойнауындағы құрылымдар мен процестерді талдаумен байланысты әртүрлі геологиялық проблемалар), есептеу химиясы (әртүрлі күйдегі заттардың қасиеттерін зерттеуге бағытталған), бизнес-қосымшалар (қаржы нарықтарын талдауға және валюта бағамын болжауға байланысты міндеттер кіреді).

Параллель есептеулерді сандық әдістер есептерін қателігін қысқарту мақсатында қолдануға болады.

*Сандық әдіс* – нақты, аналитикалық әдістермен шешілмейтін немесе шешу қиын типтік математикалық есептерді шешудің жуықтау тәсілдерін зерттейтін есептеу математикасының бөлімі. Типтік есептердің мысалдары-теңдеулерді сандық шешу, сандық дифференциация және интеграция және т.б. Сандық әдістерден басқа, есептеу математикасына компьютерлер мен бағдарламалауды қолдануға байланысты бірқатар сұрақтар кіреді. Есептеу әдістерінің аналитикалық және сандық болып бөлінуі біршама шартты [3].

Сандық әдістер қазіргі қолданбалы есептерді шешудің негізгі құралы болып табылады. Сондықтан математикалық модельдерді сандық талдау-әдіс, алгоритм, бағдарлама, есептеу эксперименті қазіргі уақытта қолданбалы мәселелерді конструктивті зерттеудің өзекті және тиімді құралы болып табылады. Сондай-ақ, сандық әдістердің компьютерлік бағдарланған сипатын, сайып келгенде, оларды жүзеге асыру компьютерлік технологиялар мен бағдарламалауды қолдану мен байланысты екенін атап өткен жөн. Әрине, есептеу математикасы саласындағы прогресс көбінесе компьютерлік ресурстарды дамытудағы жаңа мүмкіндіктерге байланысты. Алайда, қазіргі компьютерлердің салыстырмалы түрде жоғары өнімділігі де есептеуіш шығындар тұрғысынан тиімді және үнемді, белгілі бір тапсырмалар кластарына мамандандырылған шешім әдістерін әзірлеу мәселесін шешпейді. Есептеу әдістерін оңтайландыру (түрлендіру, жаңғырту) мәселесі өз өзектілігін сақтайды және сандық талдауды одан әрі дамыту перспективасын айқындайды [4].

Өткен ғасырда математика саласында қазірге дейін шешімі табылмаған 3 мың шамасында есептің тізімі бар. 2000 жылы АҚШ-тың Клей атындағы математика зерттеу институты 7 есепті құрайтын шешімі табылмаған математикалық есептердің тізімін жасады. Бұл есептер “Мыңжылдық есептер” деген атпен белгілі. Олар:

- Кук қиындығы;
- Риман гипотезасы;
- Берч және Свиннертон-Дайер гипотезасы;
- Ходж гипотезасы;
- Навье-Стокс теңдеуі;
- Янг-Миллс теңдеуі;
- Д’Аламбер-Эйлер парадоксы [5].

Аталған есептердің шешімін табудың тиімді жолдарының бірі – мультипроцессорлық есептеу жүйелерін пайдалану. Демек, осындай есептерді шешімін табу және оның моделін құрастыру үшін компьютерлік есептеуді ұйымдастыру тәсілі – параллель есептеуді қолдануға болады.

Жоғары өнімді параллель есептеулерді дамыту заманауи талаптардың бірі. Қазіргі таңда шешімі табылмаған көптеген математикалық есептер мен есептеуде көп уақытты талап ететін сандық әдістер есептері бар. Ондай есептерді шешуде жоғары өнімді есептеулер қажет. Қазіргі таңда қолданыстағы компьютерлердің көбі жоғары өнімді параллель есептеуге лайықты көп ядродан тұрады. Көп ядроның мүмкіндігін тиімді пайдалану параллель есептеулер арқылы жүзеге асады. Сондықтан сандық әдістерді есептеуде параллель есептеулерді қолдана алатын мамандар қажет.

Зерттеу мақсаты: оқу процесінде сандық әдістер есептерін шешуде параллель есептеулер қолданудың теориялық негіздерін анықтау.

*Зерттеудің міндеттері:*

- бүкіләлемдік деңгейде сандық әдістер есептеуде параллель есептеуді қолданудың жағдайларын анықтау;
- жоғары оқу орындарында сандық әдістері пәнінде параллель есептеуді қолданудың тәжірибесін талдау.

## Әдістеме бөлімі

Зерттеудің бірінші міндеті бойынша. Жоғары импакт факторы бар Scopus, Web of Science халықаралық библиографиялық платформалар мен ғылыми зерттеу жұмыстарында параллель есептеу мен оның сандық әдістерде қолдану мүмкіндіктері туралы өзекті ғылыми зерттеулер жариялануда:

Aktulga H.M., Fogarty J.C., Pandit S.A., Grama A.Y. ғалымдарының «Параллель реактивті молекулалық динамика: сандық әдістер мен алгоритмдік әдістер» мақаласында параллель тұжырымдар әдістердің ғылыми есептеулерге арналған ең ауқымды қосымшалардың бірі болып табылатындығы және Purdue ұсынған PuReMD реактивті молекулалық динамика кодын жобалау және енгізу туралы мәліметтер келтірілген [6].

Rekurovsky Dmitry «P3DFFT: үш өлшемді Фурье түрлендірулерін параллельді есептеу платформасы» мақаласында үш өлшемде (3D) жылдам Фурье түрлендірулерін (FFT) жоғары тиімді түрде жүзеге асыратындығы туралы баяндалған [7].

Yokota Rio, Barba L.A., Knepley Matthew G. ғалымдары «Petrbf-радиалды негіз функцияларын интерполяциялауға арналған параллель  $O(N)$  алгоритмі» мақаласында,  $O(N)$  күрделілігін көрсететін,  $O(N)$  жадысын қажет ететін және мың процеске дейін тамаша масштабталатын радиалды негіз функциясының(rbf) параллель интерполяция алгоритмі жайлы, сонымен қатар, интерполяция дәлдігі машиналық дәлдікке жетуі мүмкін екендігіне тоқталған [8].

Mehne Hamed Hashemia, Mirjalili Seyedalі авторлары «Китті оңтайландыру алгоритміне негізделген оңтайлы басқару есептерін шешудің параллель сандық әдісі» атты мақаласында, оңтайлы басқару есептерін шешудің сандық алгоритмін әзірлеу туралы баяндаған. Бұл әдіс көп сатылы бастапқы есептің ақырлы өлшемді оңтайландыру тапсырмасымен және жақында ұсынылған Whale оңтайландыру алгоритміне (WOA) комбинация болып табылады [9]. Бұл мақалада итерациялардың санын параллельдеу арқылы азайту әдісі ұсынылған.

Schaich Davida, Degrand Thomas ғалымдары «Young-Mills суперсимметриялық теориясының  $N = 4$  торына арналған параллель бағдарламалық жасақтама» мақаласында,  $su(N)$  калибрлеу тобымен төрт өлшемді  $N=4$  суперсимметриялық Янг-Миллс теориясының торларын зерттеуге арналған жаңа Susy lattice параллель бағдарламалық құралы енгізілген. Сондай-ақ, жаңа параллельді бағдарламалық жасақтамаға шолу жасалған, тор жүйесі қысқаша баяндалады, қазіргі уақытта ұсынылып отырған қосымшалар сипатталған және олардың тор теориясының мамандары үшін негізгі жұмыс процесі түсіндіріледі [10].

Gao X., Owen L.D. Guzik S.M.J. авторлары «Сығылатын сұйықтықтың Навье–Стокс теңдеулері үшін жалпыланған қисық сызықты координаталық түрлендірумен параллель адаптивті сандық әдіс» мақаласында, Навье–Стокстың толық сығылатын теңдеулерін шешу үшін тордың адаптивті нақтылауымен төртінші ретті ақырлы көлем алгоритмі жасалған және де алгоритм параллель өнімділікке ұқсас болады деп күтілуде. Сығылатын тұтқыр ағындарды шешу үшін дисплей торларында параллель адаптивті сандық әдісіміздің масштабталуын бағалау үшін кейінгі зерттеу жүргізілген [11].

Мұндағы зерттеу әдістері индукция әдісі көмегімен талданды. Қазіргі таңда сандық әдістерді шешуде параллель есептеулерді қолдану өзекті болғандықтан, жаңа ғылыми зерттеулер пайда болуда.

### Зерттеу бөлімі

Қазіргі таңда әлемдегі алдыңғы қатардағы елдерде сандық әдістерді есептеуде параллель есептеулерді қолдану оқу процесінде қолданысқа ие бола бастады. Атап айтқанда, Quacquarelli Symonds (QS) рейтингісі бойынша алдыңғы қатарда тұрған жоғары оқу орындарында сандық әдістерді оқыту мазмұны талданды (Кесте 1)

Кесте 1

#### Алдыңғы қатарлы жоғарғы оқу орындарындағы сандық әдістерді параллель есептеулер бойынша арнайы курстардың атауы

№	Жоғары оқу орындарына	Арнайы курстардың атауы
1	University of Oxford	OpenMP 4.5 spec; ( <a href="#">OpenMP Programming for Parallel/Vector Computing</a> )
2	Stanford University	C++ (Parallel Methods in numerical analysis)
3	Harvard University	OpenMP (Advanced scientific computing: Numerical methods I&II)
4	Columbia University	MATLAB (Parallel computing for dummies)

1-ші кестеден қазіргі таңдағы QS рейтингісі бойынша алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындары сандық әдістерді оқытуда параллель есептеулерді қолдана бастағандығы айқындалды. Соның негізінде әлемдегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарында сандық әдістеріне параллель есептеулерді қолдану бойынша қандай арнайы пәндер қолданылатындығы синтезделді.

Сонымен қатар, сандық әдістер есептеуде параллель есептеуді қолдануға қатысты мынандай өзекті ғылыми зерттеулер бар:

Массачусетс технологиялық институтының ғалымдары Dimitri Bertsekas, John N. Tsitsiklis «Параллель және үлестірілген есептеу: Сандық әдістер» және «Ішінара шешімдер бойынша нұсқаулық. Параллель және үлестірілген есептеу: Сандық әдістер» еңбектерінде параллель және үлестірілген сандық әдістерді жан-жақты және теориялық тұрғыдан қарастырған. Параллель және үлестірілген алгоритмдерге назар аударудан басқа, есептеу мен оңтайландыруға қатысты тақырыптар бойынша көптеген материалдарды қамтитын еңбектер [12], [13].

Iosif Meyerov, Sergey Bastrakov, Konstantin Barkalov, Alexander Sysoyev ғалымдардың «Болашақ ғалымдар мен инженерлерге арналған параллель сандық әдістер курсы» мақаласында жаңа параллель сандық әдістер магистрлік курсы ұсынған [14].

Томск мемлекеттік университетінің профессорлары А. В. Старченко және В. Н. Берцун «Параллельді есептеу әдістері» еңбегінде сандық әдістерді параллель есептеу тақырыптары қарастырылған:

- сызықтық алгебраның негізгі операцияларын параллель есептеу;
- параллель сплайн алгоритмдері;
- белгілі және еселік интегралдарды параллель есептеу;
- Фурье түрлендіруі. Жылдам Фурье түрлендіруін параллель есептеу;
- ОДУ жүйелері үшін Коши мәселесін шешудің параллель алгоритмдері;
- шекті айырмашылықтар әдісімен жартылай дифференциалдық теңдеулер үшін шекті есептерді параллель шешу [15].

Бұл талдаулардан дамыған жоғары оқу орындарында сандық әдістерді шешуде параллель есептеулерді қолдану жүзеге аса бастағандығы байқалады.

Зерттеудің екінші міндеті бойынша. Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында сандық әдістер курстары мен параллель есептеулерге қатысты курстары жеке оқытылуда.

Сандық әдістер Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында математика, ақпараттық технологиялар саласына қатысты білім беру бағдарламаларында қарқынды оқытылуда. Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Әл-Фараби атындағы

Қазақ ұлттық университеті, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің білім беру бағдарламаларының мазмұны талданды.

Қазақстан Республикасындағы QS рейтингісі бойынша алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарында «Сандық әдістер» пәнінің оқытылу жағдайы(2-кесте).

## Кесте 2

### «Сандық әдістер» бойынша арнайы курстар туралы ақпарат

Жоғары оқу орнының атауы	Инновациялық білім беру бағдарламалары	Білім беру бағдарламасы	Кредит саны	Бағдарлама
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті	5B070500 – математикалық және компьютерлік модельдеу	5B070500- математикалық және компьютерлік модельдеу	5	Талдаудың сандық әдістері және алгебра
	B060500- Ядролық физика	Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар	5	Сандық әдіс және математикалық модельдеу
Әл-фараби атындағы қазақ ұлттық университеті	Механика және математика	6B05402 Математика	9	Программалау және сандық әдістер
Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті	5B070500 – «Математикалық және компьютерлік модельдеу	6B06113 инженерлік математика	5	Сандық әдістер
Сәтпаев университеті (Satbayev University)	Қолданбалы механика және инженерлік графика	Ido2552 Инженерлік мәселелерді шешудің сандық әдістері	6	Инженерлік есептерді шешудің сандық әдістері

2-кестедегі көрсетілген білім беру бағдарламаларындағы «Сандық әдістер» курсын оқытылуда программалау тілдерін қолданатындығы курс мазмұны мен силлабустардан байқалады, бірақ курс оқытуда жоғары өнімді параллель есептеулер қолданатындығы немесе суперкомпьютерде есептеулер жүргізгені туралы ақпарат кездеспеді.

Сонымен қатар сандық әдістерге қатысты келесі авторлардың еңбектері жарық көрген: С.Атанбаевтың жоғары оқу орындары студенттері мен оқытушыларына арналған «Сандық әдістердің алгоритмдері» [16]; М.А. Султанов, Б.А. Тиышбаев «Сандық әдістер пәнін оқытуда электрондық оқыту құралдарын пайдалану ерекшеліктері» [17]; Нұрымбетов Ә. Ү., Құсмұхамбетов Е. М. «Сандық әдістер және программалау» [18]. Осы талдаулардан кейін жоғарғы оқу орындарында сандық әдістерді шешуде параллель есептеуді қолдану қарастырылмағаны байқалды. Параллель есептеулер курстардың мазмұнын қарастырайық (кесте 3).



**ҚР жоғары оқу орындарындағы параллель есептеулерге қатысты арнайы курстар туралы ақпарат**

Жоғары оқу орнының атауы	Білім беру бағдарламалары	Пән атауы	Кредит саны	Бағдарлама
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті	6B06102 Ақпараттық жүйелер	Параллельді программалау	5	MPI OpenMP (параллельді программалау) CUDA MapReduce
	6B06103 Компьютерлік инженерия	Енгізілген микроконтроллерлер	5	
		Параллельді программалау	5	
	6B06105 Математикалық және компьютерлік модельдеу	MPI және Open MP негізінде параллельді программалау	5	
		Жоғарғы өнімді есептеулер	5	
	6B06104 Компьютерлік ғылымдар	Параллельді есептеулер жүйелерінің архитектурасы	5	
		Параллельді программалау	5	
		Деректер параллелизмін программалау	5	
		Параллельді және үлестірілген есептеулер	5	
	7M01502 Информатика	Жоғарғы деңгейлі программалау тілдерінде программалау	5	
	7M06104 Компьютер ғылымдары	Жоғары сапалы компьютерлік архитектура және параллельді есептеу	5	MPI OpenMP (параллельді программалау) CUDA MapReduce
	7M06103 Компьютерлік инженерия	Жоғары өнімді есептегіш жүйелер	5	
	7M06106 Математикалық және компьютерлік модельдеу	Параллельді программалаудың заманауи технологиялары	5	
		Жоғары өнімді есептеу технологиялары	5	
	8D06103 Компьютер ғылымдары	Жоғары өнімді есептеулер модельдері	5	
		Жоғары өнімді жүйелердегі гидродинамиканың инженерлік есептеуіш алгоритмдері	5	
		Көпядролы және графикалық процессорлармен жоғарыөнімді бағдарламалау	5	
	8D06102 Компьютерлік инженерия	Есептеуіш жүйенің үлестірілген құрылымы (ФЗИ)	5	
		Озық параллельді бағдарламалау	5	
	8D06105 Инженерлік жүйе	Үлкен ауқымды жоғары өнімді есептеу жүйелері	5	

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті	7M01511 Информатика	Параллель есептеулер кластері	5	MPI OpenMP (параллельді программалау) CUDA MatLAB
	7M06102 Информатика	Параллель есептеулер	5	
	7M06105 Математикалық және компьютерлік модельдеу	Параллель есептеулер технологиясы	5	
	6B06104 Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету	Параллель есептеулер	5	
	6B06105 Математикалық және компьютерлік модельдеу	Параллель бағдарламалау	5	
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті	7M06101 Информатика	Параллельді есептеу жүйелерін жобалау	4	MPI OpenMP PVM HPF/C++/ ForFortran 90
	7M06102 Ақпараттық жүйелер			
Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті	6B06101- Информатика	Параллельді есептеулер жүйесінің архитектурасы	5	MPI, OpenMP, PVM C++/ Java
Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті (ХАТУ)	6B06101- Ақпараттық жүйелер	Параллельді программалау	5	MPI, OpenMP, PVM Java
Дәулет Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университет, (ШҚТУ)	6B06103 Математикалық және компьютерлік модельдеу	Параллельді бағдарламалау	5	Параллельді бағдарламалау әдістері мен алгоритмдері
		Параллельді бағдарламалау әдістері мен алгоритмдері	6	
		Жоғары жылдамдықты есептеулер технологиялары	6	
	7M06102 Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету	Жоғары өнімді есептеу жүйелері	5	

3-ші кестеден көріп отырғандарыңыздай, параллельді есептеулер Қазақстан Республикасының(ҚР) жоғары оқу орындарында оқытылады және даму үстінде. Параллельді есептеулерге қатысты келесі авторлардың еңбектері жариялануда: Акжалова А.Ж. «Параллель есептеулер» [19], Е. Дүйсенбиев «Параллель есептеулер» [20], Серік

М., Бакиев М.Н., Зулпыхар Ж.Е., Шындалиев Н.Т. «Matlab-та параллельді есептеу» [21], Карелхан Н. «Параллель есептеулер кластері» және т.б.

Қазіргі ғылым мен техниканың дамуына қарай сандық әдістерді есептеудегі қателіктің аздығы емес тіпті қателіктің болмау мүмкіндігі бар екендігіне көз жеткізгендіктен және ондай есептеулер көп уақытты талап ететіндіктен жоғары өнімді техниканы қолдану қажеттілігі мен әдістерді қарастыру қажет. Ондай мүмкіндікті суперкомпьютерде немесе көп ядролы компьютерде параллель есептеулер арқылы қол жеткізуге болады.

ҚР көптеген жоғары оқу орындары жоғары өнімді суперкомпьютерлермен жабдықталған. Атап айтқанда: Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Сәтпаев университеті, ҚБТУ және т.б. Сонымен қатар қашықтан есептеуге мүмкіндік беретін IBM Quantum сияқты кванттық компьютерлер де интернетте қолжетімді. ҚР барлық жоғары оқу орындарында параллель есептеуге мүмкіндігі бар көпядролы компьютерлер де жеткілікті. Мысалы, ЕҰУ-нің ақпараттық технологиялар факультетінде 12 ядролы компьютерлерден тұратын компьютерлік сынып та бар. Мұндай техникалық базаның мүмкіндігін «Сандық әдістер» курсын оқытуда пайдалану- заманның талабы.

### Қорытынды

Әлемде сандық әдістерді есептеуде параллель есептеуді қолданудың жағдайлары Scopus, Web of Science деректер қорындағы журналдарда қарқынды жариялануда. Сандық әдістерді есептеуде суперкомпьютер қолданып есептеу әдістерін жүргізу тәжірибесі бар зерттеулерге қазіргі таңда дәйектеме көптігі(6-11 сілтемелер) бұл тақырыптың өзекті екендігін растайды.

Қазіргі таңдағы әлемдік QS рейтингісі бойынша алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарында сандық әдістерді оқытуда параллель есептеулерді қолданылатындығы 1-кестеде айқындалған.

ҚР жоғары оқу орындарында сандық әдістер есептерін есептеуде параллель есептеулерді қолданылуы тәжірибесі қарастырылмағандығы 2 және 3-кестедегі деректерді талдауларынан анықталды, сонымен қатар параллель есептеулерді қолдануға болатын техникалық базаның жеткілікті екендігі нақтыланды.

Қазақстан Республикасында сандық әдістер және параллель есептеу курстары жеке курс ретінде қарқынды дамыған, алайда сандық әдістерді оқытуда параллель есептеулерді қолдануды оқу процесінде жүзеге асыру үшін арнайы дидактикалық материалдар, оқу әдістемелік құралдарды даярлау қажет.

Елімізде жоғары оқу орындарында математика және ақпараттық технологиялар мамандарын даярлауда сандық әдістерді есептеуде параллель есептеулерді қолдану педагогика саласында зерттеулер қажеттігі бар екендігі анықталып, зерттеу тақырыбына жоғары оқу орындарында сандық әдістер есептерін шешуде параллель есептеулер қолданудың әдістерін зерттеу мен оқу процесіне ендірудің ғылыми-практикалық тұрғыда қарастыру таңдалды.

### Әдебиеттер тізімі

1. Қазақстан Республикасы нормативтік құқықтық актілерінің ақпараттық-құқықтық жүйесі, [Электрон. ресурс]. – 2023. – URL: <https://adilet.zan.kz/> (қарастырылған күні: 01.12.2022).
2. Карелхан Н. Параллель есептеулер кластері. Оқу құралы / Нұр-Сұлтан, 2022. – 134 б.
3. Зенков. - М. Численные методы : учеб. пособие для СПО. – Издательство Юрайт, 2017. – 122 с.
4. А.С. Шевченко. Численные методы : учебное пособие. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2016. – 388 с.
5. Mathematics Institute Dedicated to increasing and disseminating mathematical knowledge, [Электрон. ресурс]. – 2023. – URL: <http://www.claymath.org/> (қарастырылған күні: 01.12.2022).
6. Aktulga H.M., Fogarty J.C., Pandit S.A., Grama A.Y. Parallel reactive molecular dynamics: Numerical methods and algorithmic techniques. Parallel Computing. – 2012. – No.38 (4-5). – P. 245-259.
7. Pekurovsky, D. P3DFFT: A framework for parallel computations of fourier transforms in three dimensions. SIAM Journal on Scientific Computing. – 2012. – No.34 (4). – P.192-209.
8. Yokota R., Barba L.A., Knepley M.G. PetRBF - A parallel O(N) algorithm for radial basis function



interpolation with Gaussians. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – 2010. – No.199 (25-28). – P. 1793-1804.

9. Mehne H.H., Mirjalili S. A parallel numerical method for solving optimal control problems based on whale optimization algorithm. Knowledge-Based Systems. – 2018.– P. 114-123.

10. Schaich, D., Degrand, T. Parallel software for lattice N = 4 supersymmetric Yang-Mills theory. Computer Physics Communications. – 2015. – P. 200-212.

11. Gao, X., Owen, L.D., Guzik, S.M.J. A parallel adaptive numerical method with generalized curvilinear coordinate transformation for compressible Navier–Stokes equations. International Journal for Numerical Methods in Fluids. – 2016. – No. 82 (10). – P. 664-688.

12. Dimitri Bertsekas, John N. Tsitsiklis. Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods 1st Edition. –717 p.

13. Dimitri Bertsekas, John N. Tsitsiklis. Partial Solutions Manual Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods. – 94 p.

14. Iosif Meyerov, Sergey Bastrakov, Konstantin Barkalov, Alexander Sysoyev, Victor Gergel. Parallel Numerical Methods Course for Future Scientists and Engineers. Russian Supercomputing Days 2017. – P. 839-850.

15. Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений: Учебник. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. – 223 с.

16. Атанбаев С. Сандық әдістердің алгоритмдері: Жоғары оқу орындары студенттеріне арналған оқу құралы. - Алматы: Университет “Қайнар”, 1998. – 148 б.

17. М.А. Султанов, Б.Л.Тышбаев «Сандық әдістер» пәнін оқытуда электрондық оқыту құралдарын пайдалану ерекшеліктері», М.Әуезов атындағы ОҚМУ ғылыми еңбектері, – 89-95 б.

18. Ә.Ү. Нұрымбетов, Е. М. Құсмұхамбетов. ПГУ им. С. Торайғырова. Сандық әдістер және программалау: оқу құралы. – Алматы: ЭвероЭверо, 2009. –100 б.

19. Акжалова А.Ж. Параллельные вычисления (учебное пособие). – Алматы, 2004 – 114 с.

20. Е. Е. Дүйсембиев. Параллель есептеулер. Оқулық. – Алматы, 2011 ж. –230 б.

21. Серік М., Бакиев М.Н., Зулпыхар Ж.Е., Шындалиев Н.Т. «Matlab-та параллельді есептеу», Оқу құралы. – Астана, 2013. – 92 с.

**Н. Карелхан<sup>1</sup>, П.С. Гапбарова<sup>1</sup>, О.А. Алшынбаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<sup>2</sup> Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

### **Теоретические основы внедрения в учебный процесс применения параллельных вычислений при решении задач численных методов**

**Аннотация.** В настоящее время разработка высокопроизводительных параллельных вычислений является одной из современных требований. В мире много нерешенных задач. Такая задача требует высокопроизводительных расчетов. Поэтому в сфере образования возникает необходимость применения параллельных вычислений при решении задач численных методов.

Для этого требуются профессионалы, которые могут использовать параллельные вычисления. В данной статье сделан теоретический анализ условий обучения с использованием параллельных вычислений при решении задач численных методов в вузах всего мира и республики. Обосновывается необходимость применения параллельных расчетов при решении задач численных методов в высших учебных заведениях Республики Казахстан.

**Ключевые слова:** параллельные вычисления, численные методы, высокопроизводительные вычисления, параллельные вычисления численных методов, информационные технологии (ИТ), информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), информатика, суперкомпьютер.

**N. Karelkhan<sup>1</sup>, P.S. Gapbarova<sup>1</sup>, O.A. Alshynbayev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

### **Theoretical and practical foundations of the use of parallel computing in solving problems of numerical methods in the educational process**

**Abstract.** Currently, the development of high-performance parallel computing is one of the modern requirements. There are many unsolved problems in the world. Many of these tasks require high-

performance calculations. Therefore, in the field of education, there is a need to use parallel computing in solving problems of numerical methods. This requires professionals who can use parallel computing. This article makes a theoretical analysis of the learning conditions using parallel computing in solving problems of numerical methods in universities around the world and the Republic. The necessity of using parallel calculations in solving problems of numerical methods in higher educational institutions of the Republic of Kazakhstan is substantiated.

**Keywords:** parallel computing, numerical methods, high-performance computing, parallel computing of numerical methods, information technology (IT), information and communication technology (ICT), computer science, supercomputer.

## References

1. Qazaqstan Respýblıkasy normativtik quqyqtyq aktileriniń aqparattyq - quqyqtyq júesi Information and legal system of normative legal acts of the Republic of Kazakhstan, Available at: <https://adilet.zan.kz/> [in Kazakh]. (accessed 01.12.2022).
2. Karelhan N. Paralel esepteýler klasteri. Oqý quraly [cluster of parallel calculations. Textbook] (Nur-Sultan, 2022, 134 p.), [in Kazakh].
3. Zenkov M. Sandyq ádister: oqý. SPO a. v. úshin nusqaýlyq [Chislennye method: yueb. postobie for SPO] (Íyraıt baspasy, 2017, 122 p.), [in Kazakh].
4. Shevchenko A. S. Sandyq ádister: oqý quraly [Numerical methods : textbook]. (Barnaýl, Alt baspasy, 2016, 388 p.), [in Kazakh].
5. Clay. Mathematics Institute Dedicated to increasing and disseminating mathematical knowledge, Available at: <http://www.claymath.org/> ( accessed 01.12.2022).
6. Aktulga H.M., Fogarty J.C., Pandit S.A., Grama A.Y. Parallel reactive molecular dynamics: Numerical methods and algorithmic techniques. 2012. No.38 (4-5). P. 245-259.
7. Pekurovsky D. P3DFFT: A framework for parallel computations of fourier transforms in three dimensions. SIAM Journal on Scientific Computing. 2012. No.34 (4). P. 192-209.
8. Yokota R., Barba L.A., Knepley M.G. PetRBF - A parallel O(N) algorithm for radial basis function interpolation with Gaussians. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 2010. P. 1793-1804.
9. Mehne, H.H., Mirjalili, S. A parallel numerical method for solving optimal control problems based on whale optimization algorithm. Knowledge-Based Systems. 2018. P. 114-123.
10. Schaich, D., Degrand, T. Parallel software for lattice N = 4 supersymmetric Yang-Mills theory. Computer Physics Communications. 2012. P. 200-212.
11. Gao, X., Owen, L.D., Guzik, S.M.J. A parallel adaptive numerical method with generalized curvilinear coordinate transformation for compressible Navier–Stokes equations. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2016. P. 664-688.
12. Dimitri Bertsekas, John N. Tsitsiklis. Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods 1st Edition. 717 p.
13. Dimitri Bertsekas, John N. Tsitsiklis. Partial Solutions Manual Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods. 94 p.
14. Meyerov I., Bastrakov S., Barkalov K., Sysoyev A., Gergel V. Parallel Numerical Methods Course for Future Scientists and Engineers. Russian Supercomputing Days. 2017. P. 839-850.
15. Starchenko A. V., Bersýn V. N. Paraleldi esepteý ádisteri: oqýlyq [methods of parallel studies]. (Tomsk, Tom baspasy. ýn-ta, 2013, 223 p.), [in Kazakh].
16. Atanbaev S. Sandyq ódisterdiń algorihmderi: Joǵary oqý oryndary stýdentterine arnalǵan oqý quraly [algorithms of digital learning: a manual for students of higher educational institutions]. (Almaty, Yniversitet “Qamar”, 1998, 148 p.), [in Kazakh].
17. Sýltanov M.A., Tyshbaev B.L. “Sandyq ádister” pánin oqytýda elektronдық oqytý quraldaryn paidalaný ereksheликтери”, M.Áyezov atyndaǵy OQMÝ ǵylymı erbekteri [atures of the use of e – learning tools in teaching the discipline” digital methods”, scientific works of SKSU named after M. Auezov],. P.89-95, [in Kazakh].
18. Nurymbetov Á.Ú., Qusmuhambetov E. M. PGÝ im. S. Torayırova. Sandyq ádister jáne programmalay: oqý quraly [Numerical methods and programming: a training manual].(Almaty, Everoevero, 2009, 100 p.), [in Kazakh].
19. Aqjalova A.J. paraleldi esepteý (Oqý quraly). (Almaty, 2004, 114 p.), [in Kazakh].
20. Dúsembiev E. E. Paralel esepteýler. Oqýlyq [Parallel calculations. The textbook]. (Almaty, 2011, 230 p.), [in Kazakh].
21. Serik M., Bakiev M.N., Zýlpyhar J.E., Shyndaliev N.T. “Matlab-ta paraleldi esepteý”, Oqý quraly [“parallel calculation in Matlab”, textbook]. (Astana, 2013, 92 p.), in Kazakh].

**Авторлар туралы мәлімет:**

*Карелхан Н.* – PhD (философия доктор), Информатика кафедрасының доцент м.а. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

*Ғапбарова П.С.* – PhD студент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

*Алшынбаев О.А.* – ауылшаруашылығы ғылымдарының кандидаты, биология және география кафедрасының доценті, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан.

*Karelkhan N.* – Ph.D., Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

*Gapbarova P.S.* – Ph.D. student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

*Alshynbayev O.A.* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, M.Auezov, South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan.