

ШҚІР

докторант Сарсембаев Мағжан Смагулович диссертациялық жұмысына
мамандығы «6D070400 – “Есептеуіш техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету”»
тақырыбы: «Жану процестерінің кинетикалық теңдеулерін есептеуге арналған
жоғары өнімді GPU алгоритмдерін құру»

Докторант Сарсембаев Мағжан Смагуловичтың диссертациялық жұмысы жану процестерін сипаттайтын кинетикалық теңдеулерді шешуге арналған жоғары өнімді GPU алгоритмдерін әзірлеуге арналған. Зерттеу жұмысы химиялық кинетика теңдеулерін сандық есептеу, CUDA технологиясын қолдану, CPU және GPU есептеу тәсілдерін салыстыру, сондай-ақ күрделі реакциялық механизмдерді жоғары өнімді параллель есептеу ортасында тиімді шешу мәселелерін қамтиды.

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі жану процестерін дәл модельдеудің энергетика, экология, өнеркәсіптік қауіпсіздік және баламалы отын түрлерін зерттеу салаларындағы маңыздылығымен анықталады. Нақты жану механизмдері көптеген химиялық компоненттер мен реакциялардан тұратындықтан, оларды дәстүрлі CPU негізіндегі әдістермен есептеу көп уақытты талап етеді. Осы тұрғыдан алғанда GPU архитектурасын және CUDA технологиясын қолдану күрделі кинетикалық теңдеулер жүйесін қысқа уақытта есептеуге мүмкіндік беретін тиімді бағыт болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты — жану процестерінің кинетикалық теңдеулерін шешуге арналған жоғары өнімді GPU алгоритмдерін әзірлеу, оларды CUDA технологиясы негізінде бағдарламалық түрде іске асыру және CPU есептеулерімен салыстырмалы тиімділігін бағалау.

Диссертациялық жұмыста келесі жаңа ғылыми нәтижелер алынған:

- жану процестерінің кинетикалық теңдеулерін GPU архитектурасында есептеуге арналған CUDA негізіндегі параллель алгоритм әзірленді;
- химиялық реакциялар бойынша есептеулерді CUDA ағындары арасында үлестіру тәсілі ұсынылды;
- Chemkin форматындағы реакциялық механизмдерді оқу, стехиометриялық матрицаларды қалыптастыру, реакция константаларын есептеу және концентрациялардың уақыт бойынша өзгерісін анықтау мүмкіндіктері бар кинетикалық солвер бағдарламалық түрде іске асырылды;
- Рунге–Кутта әдісін химиялық кинетика теңдеулерін GPU архитектурасында параллель есептеуге бейімдеу тәсілі жүзеге асырылды;
- GPU жадысын ұйымдастырудың global memory, shared memory және registers сияқты деңгейлері зерттеліп, shared memory қолдану арқылы есептеу өнімділігін арттыру тәсілі негізделді;
- бірнеше CUDA ағыны бір компоненттің концентрация өзгерісіне үлес қосатын жағдайда нәтижелерді дұрыс жинақтау үшін atomicAdd және block reduction тәсілдері қолданылды;
- әртүрлі өлшемдегі химиялық механизмдер үшін CPU және GPU есептеу уақыттары салыстырылып, ұсынылған GPU алгоритмдерінің тиімділігі тәжірибелік түрде дәлелденді;
- базалық GPU іске асыру CPU есептеуімен салыстырғанда 17,5 есе жылдамдату көрсетсе, shared memory қолданылған оңтайландырылған нұсқа 493 компоненттен және 2716 реакциядан тұратын механизм үшін 154,89 есе жылдамдатуға қол жеткізді.

Жұмыстың теориялық маңыздылығы химиялық кинетика теңдеулерін GPU архитектурасында параллель шешу тәсілдерін дамытуымен сипатталады. Диссертацияда реакциялық есептеулерді CUDA ағындары арасында үлестіру, жады иерархиясын тиімді пайдалану, атомарлық операциялар арқылы нәтижелерді жинақтау және сандық интегралдау әдістерін параллель іске асырудың алгоритмдік негіздері қарастырылған.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы күрделі жану механизмдерін қысқа уақытта есептеуге мүмкіндік беретін бағдарламалық шешімнің жасалуымен анықталады. Әзірленген кинетикалық солвер жану процестерін модельдеу, баламалы отын түрлерін

зерттеу, зиянды шығарындылардың түзілуін бағалау, энергетикалық қондырғыларды оңтайландыру және жоғары өнімді ғылыми есептеулер салаларында қолданылуы мүмкін.

Диссертациялық жұмыстың маңыздылығы алынған нәтижелердің жану процестерін сипаттайтын үлкен өлшемді кинетикалық теңдеулер жүйесін есептеу уақытын айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік беруімен айқындалады. CUDA технологиясын, shared memory мүмкіндіктерін және GPU жады иерархиясын тиімді пайдалану күрделі химиялық реакциялар жүйесін жоғары өнімді есептеу ортасында тиімді шешуге жағдай жасайды.

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері ғылыми жарияланымдарда және конференция материалдарында көрініс тапқан. Зерттеу нәтижелері CUDA технологиясын химиялық кинетика есептерін жеделдету үшін қолдану, жану процестерін модельдеу, CPU және GPU есептеу тәсілдерін салыстыру, сондай-ақ жоғары өнімді ақпараттық-есептеу жүйесін ұйымдастыру бағыттары бойынша ұсынылған. Жарияланымдар туралы толық мәліметтер диссертациялық жұмыста көрсетілген.

Диссертациялық жұмыстың көлемі мен алынған нәтижелері философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылатын диссертациялық зерттеулерге қойылатын талаптарға сәйкес келеді. Жұмыс құрылымы логикалық түрде ұйымдастырылған, онда зерттеу тақырыбының өзектілігі, математикалық қойылым, алгоритмдік шешімдер, бағдарламалық іске асыру, есептеу тәжірибелері және алынған нәтижелердің талдауы жүйелі түрде берілген.

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері апробациядан өтті және ғылыми жарияланымдарда көрініс тапты. Зерттеу нәтижелері CUDA технологиясын химиялық кинетика есептерін жеделдету үшін қолдану, жану процестерінің кинетикалық теңдеулерін GPU архитектурасында параллель есептеу, CPU және GPU есептеу тәсілдерін салыстыру және жоғары өнімді ақпараттық-есептеу жүйесін ұйымдастыру бағыттары бойынша жарияланды. Жұмыстың нәтижелері Cybernetics and Systems Analysis, International Journal of Mathematics and Physics басылымдарында, сондай-ақ халықаралық ғылыми конференциялар материалдарында жарық көрді. Бұл жарияланымдар ұсынылған GPU алгоритмдерінің ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығын растайды.

Жалпы алғанда, Сарсембаев Мағжан Смагулович орындаған «Жану процестерінің кинетикалық теңдеулерін есептеуге арналған жоғары өнімді GPU алгоритмдерін құру» тақырыбындағы диссертациялық жұмыс аяқталған ғылыми зерттеу болып табылады. Жұмыста жану процестерінің кинетикалық теңдеулерін есептеуге арналған GPU негізіндегі жоғары өнімді алгоритм ұсынылып, бағдарламалық түрде іске асырылған және тәжірибелік есептеулер арқылы оның тиімділігі дәлелденген.

Диссертациялық жұмыс қорғауға ұсынылады. Диссертация авторы Сарсембаев Мағжан Смагулович «6D070400 – “Есептеуіш техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету”» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайық.

Пікір беруші: ф-м.ғ.к, профессор Урмашев Байдаулет Амантаевич
Күні: 25.05.2026



РАСТАЙМЫН

әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Ғылыми кадрларды
тәсірлеу және аттестаттау басқармасының басшысы

ЗАВЕРЯЮ

Научный руководитель управления подготовки и аттестации
научных кадров КазНУ им. аль-Фараби

05 2026 ж.г.