

АННОТАЦИЯ

Абылкасымова Айжанның «6D060200-Информатика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған «Жоғары өнімді есептеулерді бағдарламалық қамтамасыз ету үшін гибриді OpenMP/MPI параллелдеу стратегияларының потенциалы» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы.

Ақпараттық технологиялар күн сайын танымал болуда, себебі қазіргі таңда жоғары өнімді параллельді есептеу жүйелерінің дәуірі. Соның салдарынан үлкен көлемдегі деректерді жеделдету және өңдеу мен талдау мәселесі өзекті болып келеді. Бұл мәселені шешудің бірнеше жолдары бар, мысалы, көп ядролы машиналар, суперкомпьютерлер немесе торлы жүйелер. Сонымен қатар бастапқы және түрлендірілген деректерді өңдеу, модельдеу және визуализациялау үшін параллельді алгоритмдер де қолданылады. Параллельді программаларды құруда қолданылатын технологияларға байланысты есептеу жүйелерінің архитектурасы құрастырылады. Мысалы, көп ағымды қолдау және арнайы жүйелерге арналған бағдарламаларды әзірлеу (NVIDIA CUDA, OpenCL, OpenACC, OpenMP)).

Белгілі болғандай, параллель технологияларды қолдану жеке туындылардағы дифференциалдық теңдеулер жүйесімен сипатталған нақты физикалық есептерді модельдеу сияқты себептерге байланысты болуы мүмкін. Мысалы, тұтқыр сығылмайтын ортаның ағыны (механиканың маңызды мәселелерінің бірі).

Шын мәнінде, ауқымды параллельді тапсырмалар үшін жоғары тиімділікке қол жеткізу өте қиын. Өйткені тіпті шамалы теңгерімсіздік жалпы өнімділікте жағымсыз нәтижелерге әкелуі мүмкін. Динамикалық жүктемені теңестіру (DLB), өз кезегінде, тривиальды емес домен декомпозициясымен күрделі модельдеудің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл мүмкіндік өрескел деңгейде Гильберт кеңістігін толтыру қисығымен (SFC) қамтамасыз етілген. Себебі әртүрлі сандық әдістерді, сондай-ақ түрлі есептеу шығындарын ескеру қажет. Бұл схема жұмыс жүктемесінің жалпы таралуын бағалау үшін салмақтарды автоматты түрде тағайындайды. Бұл бағалау процедурасының жергілікті жұмыс жүктемесінің өзгерістерін түсіру мүмкін алмауына байланысты, SFC негізіндегі жүктемені теңестірудің жалпы тәсілі оңтайлы болмауы мүмкін. Сондықтан, DLB инкрементті диффузия алгоритмі домен декомпозициясын (ыдырауын) теңшеуге мүмкіндік беретін SFC бөлуге негізделген. Күрделі домендердегі түрлі физикалық процестерге арналған модельдеу әртүрлі ауқымды байланысты мәселелер үшін DLB схемаларының тиімділігін көрсетеді. Өнімділіктің егжей-тегжейлі талдауы, мысалы, жергілікті жұмыс жүктемесінің құрамына, жеке бағдарлама кодтарының ауқымдылығына байланысты жеке есептеу тиімділігінен туындайтын байланысты жүктеме теңгерімсіздіктерін тікелей анықтау үшін DLB әдісін қолдану қажеттілігін көрсетті. Сонымен қатар, күшті масштабтау эксперименті бастапқы бөлу үшін

априорлық есептелген есептеу салмақтары пайдаланылған кезде параллелизм дәрежесінің жоғарылауымен өнімділіктің жақсарғанын көрсетті.

Зерттеу мақсаттары. Бұл жұмыстың мақсаты әртүрлі физикалық және техникалық есептерді кешенді модельдеудің тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін динамикалық жүктемені теңестіру (DLB) схемасын қолдану болып табылады. Модельдеу кезінде өнімділік өлшемдеріне негізделген есептеу салмағын бағалау үшін минималды интрузивті әдіс ұсынылды. Тәсіл жұмыс жүктемесінің жалпы таралуын бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін сәйкес салмақ параметрлерін автоматты түрде анықтауға мүмкіндік береді.

Зерттеу объектісі. Зерттеу нысаны - әртүрлі физикалық есептер үшін динамикалық жүктемені теңестіру әдісін қолданатын жоғары өнімді есептеулер болып табылады.

Зерттеу әдістері. Диссертациялық жұмыста ұсынылған әдістер әртүрлі процессорлардағы жүктемені бөлу мәселелерін зерттеуде жаңа құрал болып табылады. Тривиальды емес домен декомпозицияларымен күрделі үлгілеудің өнімділігін арттыратын динамикалық жүктемені теңестіру (DLB) схемасы. Жұмыста сандық есептеулер үшін параллельді сандық алгоритмдер қолданылып, алынған нәтижелер басқа белгілі авторлардың есептік және эксперименттік мәліметтерімен салыстырылады.

Теориялық және практикалық құндылығы. Бұл жұмыстың нәтижелерін өнімділігі жоғары кластерлік машиналарда сандық модельдеуге қатысты маңызды қолданбалы есептерді шешуде кеңінен қолдануға болады. Жасалған сұлбалар мен сандық алгоритмдер еліміздегі таратылған есептеулер мен ақпараттық технологиялар саласындағы ғылымның дамуына тікелей үлес қосуда. Жұмыстың практикалық құндылығы: үлкен практикалық маңызы бар өнімділігі жоғары жүйелердегі динамикалық жүктемені теңестірудің (DLB) әзірленген схемасы дәйекті есептеулермен салыстырғанда айтарлықтай «жылдам» нәтиже алуға ғана емес, сонымен қатар есептеулерді кеңейтеді. еңбекті көп қажет ететін әдістер мен алгоритмдерді енгізу мүмкіндіктері, маңызды қолданбалы және іргелі есептерді шешу.

Ғылыми жаңалық. Жаппай параллельді есептеулердің өнімділігін арттыру үшін динамикалық жүктемені теңестіру (DLB) схемасы құрастырылды. Осылайша, әртүрлі сандық әдістермен және бөлінген ұяшыққа әр түрлі есептеу шығындарымен бұл әдіс дәрежесі деңгейде Гильберт кеңістігін толтыру қисығын (SFC) пайдалана отырып алынады. Құрылған параллельді сандық алгоритмді пайдалана отырып, келесі әрекеттер орындалды:

- артқа қадам артындағы ағын есептері үшін жоғары өнімді есептеулердің тиімділігін сандық зерттеу;
- күрделі мұрын аймағындағы ауа ағынының есептері үшін гибриді параллельді алгоритмдерді қолдану арқылы жоғары өнімді есептеулердің тиімділігін сандық зерттеу;
- әртүрлі доменді декомпозициялау әдістерін қолдана отырып, гибриді параллельді сандық есептеулер;
- динамикалық жүктемені теңестіру әдісімен гибриді параллельді сандық есептеулер;

- доменді декомпозициялаудың әртүрлі әдістерін қолдана отырып, гибридті параллельді сандық есептеулердің тиімділігін бағалау;

- динамикалық жүктемені теңестіру әдісі арқылы гибридті параллельді сандық алгоритмнің тиімділігін бағалау;

- үлгілеудің алынған нәтижелерін сандық мәліметтермен және басқа авторлардың тәжірибелік мәліметтерімен салыстыру жүргізіледі;

- динамикалық жүктемені теңестіру әдісін қолдану арқылы гибридті параллельді сандық және гибридті параллельді сандық есептеулердің алынған нәтижелеріне талдау жүргізілді;

Қорғаныс ережелері. Жұмыста келесі нәтижелер бар:

- артқа қадам артындағы ағынның есептері үшін жоғары өнімді есептеулердің тиімділігін сандық зерттеу нәтижелері

- күрделі мұрын аймағындағы ауа ағынының есептері үшін гибридті параллельді алгоритмдерді пайдалана отырып, жоғары өнімді есептеулердің

- тиімділігін сандық зерттеу нәтижелері

- доменді ыдыратудың әртүрлі әдістерін қолдана отырып, гибридті параллельді сандық есептеулердің нәтижелері

- динамикалық жүктемені теңестіру әдісімен гибридті параллельді сандық есептеу нәтижелері

- доменді декомпозициялаудың әртүрлі әдістерін қолдана отырып, гибридті параллельді сандық есептеулердің тиімділігін бағалау нәтижелері

- динамикалық жүктемені теңестіру әдісі арқылы гибридті параллельді сандық алгоритмнің тиімділігін бағалау нәтижелері

- нәтижелер Модельдеудің алынған нәтижелерін сандық мәліметтермен және басқа авторлардың тәжірибелік мәліметтерімен салыстыру жүргізіледі.

- динамикалық жүктемені теңестіру әдісін қолдана отырып гибридті параллельді сандық және гибридті параллельді сандық есептеулердің

- алынған нәтижелерін талдау нәтижелері.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация белгілеулер мен қысқартулардан, кіріспеден, бес тараудан, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Ол 122 бетте берілген, пайдаланылған дереккөздер тізімінде 126 атау бар.

Жұмыстың негізгі мазмұны. Бұл жұмыс келесідей ұйымдастырылған. Бірінші тарауда өнімділігі жоғары есептеулерге арналған әртүрлі технологиялардың сипаттамасы берілген.

Екінші тарауда параллельді алгоритмнің негізгі сипаттамаларының аналитикалық әдістерінің толық сипаттамасы берілген.

Үшінші тарауда тапсырманы модельдеуге арналған негізгі теңдеулердің математикалық тұжырымдалуының толық сипаттамасы берілген.

Төртінші тарауда артқа кеткен қадамның артындағы ағын есептері үшін жоғары өнімді есептеулердің тиімділігін сандық зерттеу қарастырылған.

Бесінші тарауда күрделі мұрын аймағындағы ауа ағынының есептері үшін гибридті параллельді алгоритмдерді пайдалана отырып, жоғары өнімді есептеулердің тиімділігінің сандық зерттеулері қарастырылады.

Қорытындысында диссертациялық жұмыстың қорытындылары беріледі.

Жарияланымдар және нәтижелерді апробациялау. Зерттеу жұмысының нәтижелері ҚазҰУ информатика кафедрасының ғылыми семинарларында талқыланды, әл-Фараби және халықаралық конференцияларда баяндама жасалды. Диссертацияның нәтижелері 11 мақалада жарияланған, оның 2-і тізімнен THOMSON REUTERS деректер базасынан және 4-і тізімнен SCOPUS деректер қорынан, 6 мақала ҚР Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған тізімнен. Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі, 1 мақала халықаралық және республикалық конференция материалдарында.

Жарияланымдар тізімі:

1. Исахов А.А., Абылкасымова А.Б., Мансурова М.Е. Применение метода балансировки нагрузки на высокопараллельных вычислительных кластерных системах. Вестник КБТУ. – 2021, – № 1 (18) – С.117-125

2. Исахов А.А., Абылкасымова А. Исследование движения воздуха в респираторной системе человека методами математического моделирования. Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2016, – № 3 (39) – С.116 – 121.

3. Исахов А.А., Абылкасымова А. Свойства переноса воздуха в респираторной системе человека с помощью численного моделирования. Вестник КазНУ. 2017. – № 1 (93) – С.105 – 118

4. Исахов А.А., Абылкасымова А., Сақыпбекова М. Применение параллельных вычислительных технологий для моделирования процесса отрыва течения за обратным уступом в канале с учетом сил плавучести. Вестник КазНУ. 2018. – № 1 (97) – С.143 – 158

5. Исахов А.А., Абылкасымова А. Применения параллельных вычислительных технологий для численного моделирования переноса воздуха в респираторной системе человека. Вестник КазНПУ, 2017, – №1(57) – С.219-229.

6. Issakhov A.A., Zhandaulet Y., Abylkassymova A., Issakhov As. A numerical simulation of air flow in the human respiratory system for various environmental conditions. Theoretical Biology and Medical Modelling, 18, Article number: 2 (2021), doi.org/10.1186/s12976-020-00133-8 (2020 Impact Factor: 2.432, Q2; Scopus: SJR 2020 - 0.756, procentile - 71)

7. Issakhov A.A., Mardieyeva A., Zhandaulet Y., Abylkassymova A. Numerical study of air flow in the human respiratory system with rhinitis. Case Studies in Thermal Engineering Available online 19 May 2021, 101079, 10.1016/j.csite.2021.101079 (2020 Impact Factor: 4.724, Q1; Scopus: SJR 2020 - 0.913, procentile - 89)

8. Issakhov A., Abylkassymova A. Numerical study of identification of the main characteristics of air transport in the human nasal cavity. International journal of biology and biomedical engineering. Volume 11, 2017. P. 80-87 (SJR 2020 -0.149 , procentile - 15)

9. Issakhov A.A., Abylkassymova A., Application of Parallel Computing Technologies for Numerical Simulation of Air Transport in the Human Nasal Cavity.

Innovative Computing, Optimization and Its Applications. Studies in Computational Intelligence, vol 741. Springer, Cham. pp 131-149 In: Zelinka I., Vasant P., Duy V., Dao T. (eds) (SJR 2020 - 0.185, procentile - 24)

10. Issakhov A.A., Abylkassymova A., M. Sakypbekova Applications of parallel computing technologies for modeling of the wind flow around the architectural obstacles with the vertical buoyancy forces. Известие НАН РК, 2018 Серия физ.-мат. – № 4(320) – С.48-57

11. Issakhov A.A., Abylkassymova A., M. Sakypbekova Applications of parallel computing technologies for modeling the mixed convection in backward-facing step flows with the vertical buoyancy forces. International Journal of Mathematics and Physics, Volume 8. Number 2 (4). 2017. P. 43-50