

МРНТИ 14.35.07
УДК 378.147:004

<https://doi.org/10.51889/2020-3.1728-7901.40>

М. Серік¹, Г.Ж. Ерланова¹

¹Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ, Қазақстан

ЖОҒАРЫ ӨНІМДІ ЕСЕПТЕУЛЕР БОЙЫНША АРНАЙЫ КУРСТЫҢ МАЗМҰНЫ

Аңдатпа

Қазіргі таңда ақпараттық-коммуникациялық техника мен технологиялардың үздіксіз дамуымен қатар, әлемде практикалық мәні бар есептерді шығарудың тиімді жолдарын қарастыруда жоғары өнімді есептеулер алдыңғы орындарда екені белгілі. Сондықтан, қазіргі ақпараттық технологиялар саласының қарқындап дамуы жоғары өнімді есептеулер бойынша тәжірибелі, заман талабына сай мамандарды даярлаумен тығыз байланысты болып отыр. Ол өз кезегінде оқу бағдарламасына жаңа курстар ендіру мен оқытылатын курстар мазмұнының осы мәселелерді толық қамтуына байланысты. Мақалада жоғары өнімді есептеулер бойынша эксперименттік базаларда және шет елдерде оқытылатын курстарға талдау жасалып, соның негізінде оқу үдерісіне енгізуге ұсынылатын арнайы курстың тақырыптары белгіленіп, мазмұны айқындалды. Оқу барысында білім алушылардың жоғары өнімді есептеулерді игеруі бойынша құзыреттіліктері белгіленді.

Түйін сөздер: білім, жоғары өнімді есептеулер, курс мазмұны, оқу үдерісі.

Аннотация

М. Серік¹, Г.Ж. Ерланова¹

¹Евразийский национальный университет им.Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

СОДЕРЖАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО КУРСА ПО ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫМ ВЫЧИСЛЕНИЯМ

В настоящее время, наряду с динамичным развитием компьютерной техники, в мире, рассматриваются наиболее эффективные пути решения задач практического значения. Высокопроизводительные вычисления занимают в этом лидирующие позиции. Поэтому развитие современного общества тесно связано с подготовкой опытных, современных специалистов в области информационных технологий. Это, в свою очередь, зависит от включения новых курсов в учебную программу и полного освещения этих вопросов в содержании преподаваемых курсов. В статье проанализированы курсы по высокопроизводительным вычислениям, преподаваемые на экспериментальных базах и за рубежом, на основании этого определены темы спецкурса и содержание, рекомендуемые для внедрения в учебный процесс. В ходе обучения были выявлены компетенции студентов по высокопроизводительным вычислениям.

Ключевые слова: образование, высокопроизводительные вычисления, содержание курса, учебный процесс.

Abstract

CONTENT OF A SPECIAL COURSE ON HIGH PERFORMANCE COMPUTING

Serik M.¹, Yerlanova G. Zh.¹

¹L.N. Gumilyev Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

At present, along with the dynamic development of computer technology in the world, the most effective ways of solving problems of practical importance are being considered. High performance computing takes the lead in this. Therefore, the development of modern society is closely related to the training of experienced, modern specialists in the field of information technology. This, in turn, depends on the inclusion of new courses in the curriculum and full coverage of these issues in the content of the taught courses. This article analyzes the courses on high performance computing, taught at experimental bases and abroad, on the basis of this, the topics of the special course and the content recommended for implementation in the educational process are determined. During the training, the competencies of students in high performance computing were identified.

Keywords: education, high-performance computing, course content, educational process.

Елбасы Н.Ә.Назарбаев: «Бәсекелік қабілет дегеніміз – ұлттың аймақтық немесе жаһандық нарықта бағасы, я болмаса сапасы жөнінен өзгелерден ұтымды дүние ұсына алуы. Бұл материалдық өнім ғана емес, сонымен бірге, білім, қызмет, зияткерлік өнім немесе сапалы еңбек ресурстары болуы мүмкін.

Болашақта ұлттың табысты болуы оның табиғи байлығымен емес, адамдарының бәсекелік қабілетімен айқындалады. Сондықтан, әрбір қазақстандық, сол арқылы тұтас ұлт ХХІ ғасырға лайықты қасиеттерге ие болуы керек. Мысалы, компьютерлік сауаттылық, шет тілдерін білу, мәдени ашықтық сияқты факторлар әркімнің алға басуына сөзсіз қажетті алғышарттардың санатында» [1],-деп атап көрсеткен болатын.

Қазіргі кезде жасанды интеллект, үлкен деректер сияқты салалардың дамуымен қатар, ақпарат көзі де молайып, сол ақпаратты нақты уақытта жылдам, әрі тиімді өңдеу және оны өңдеу құралдарының

қажеттілігі туындайды. Ол қажеттіліктерді қанағаттандыру жоғары өнімді есептеулер мен суперкомпьютердегі есептеулердің маңызының өте зор екендігін айқындайды.

Кейінгі кезде жоғары өнімді есептеулер жылдам дамып, қажеттілігі артып, барлық саланың тиімді есептеулерінде таптырмас құралға айналды. Маңызды барлық ғылыми-техникалық есептеулер жоғары өнімді есептеулердің көмегімен іске асырылып жатқаны белгілі. Соның бір дәлелі ретінде коронавирустық инфекцияға қарсы дәріні жасап шығару үшін Ресейдің «Ломоносов» суперкомпьютерінде жүргізіліп жатқан үлкен масштабты есептеулерді келтіріп кетсек, артық болмас. Ол есептеулер бірнеше күнге созылып, эксперименттік нәтижесі бірнеше айлардан кейін дайын болады деп күтілуде [2].

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Param-Bilim орталығындағы суперкомпьютерде ғылыми және инженерлік облыстардағы ғылыми-зерттеу және тәжірибелі-конструкторлық жұмыстарды жүргізуге арналған биоинформатика, гидродинамика, климатология, астрофизика, ауар райын модельдеуге және әртүрлі молекулалардың арасындағы байланыстарды зерттеуге арналған қосымшалар бар [3]. Солардың көмегімен бірқатар есептеулер, яғни параллель есептеулер арқылы нәтижелер алу, биоинформатика, сонымен қатар физикалық модельдеу мәселелері, оның ішінде біртекті емес ортада электромагнитті толқындардың таралуын модельдеу [4] сияқты есептеулер суперкомпьютерде шешімін тауып жүр.

Жоғары өнімді есептеулер, оның ішінде параллель есептеулер бойынша жоғары өнімді есептеулер мәселесімен айналысып, әрі оқу үдерісіне енгізіп жүрген ғалымдарды атап өтуге болады. Соның ішінде параллель есептеулердегі жоғары өнімді есептеулерді зерттеуге шет елдерде Воеводин Вл.В., Гергель В.П., Шкред А.В [5], Малышкин В.Э. [6], Копыльцов А.В. [7], Баденко В.Л. [8], Грегори Р. Эндрюс [9], ал елімізде Серік М., Карелхан Н., Зулпыхар Ж. [10], Ақжалова Ә.Ж. [11], Дүйсембиев Е.Е. [12] жоғары оқу орнының оқу үдерісінде ендіріп, өз үлестерін қосып жүр.

Жоғары өнімді есептеулер ресурстары ғылым саласында маңызды шешімдер қабылдауға, зерттеулер жүргізу үдерісін жылдамдатып, жоспарланған нәтиженің шығарылу мерзімін қысқартуға септігін тигізеді. Кез келген нәтижені нарыққа тез шығару үшін алдымен моделін жасап, содан кейін жобаланып, есептеулері жүргізіледі. Сондықтан да, осы есептеулерді жүзеге асыратын мамандар қажеттігі пайда болады. Ал, мамандарды даярлау үшін оқу үдерісіне жоғары өнімді есептеулер бойынша арнайы курс ендіру, курстың мазмұны қандай болу керек деген мәселелер туындайды.

Жоғары өнімді есептеулер бойынша мамандарды даярлауды жоғары оқу орындарында қолға алу үлкен мүмкіндіктерге жол ашады, әрі еліміздің осы сала мамандарының ұтымды шешімдері басқа елдермен бәсекеге қабілетті болуға да септігін тигізеді сөзсіз. Ал, мамандарды даярлауда сол бағыт бойынша арнайы курс мазмұны мәселені толық қамтитындай дұрыс құрастырылуы тиіс.

Жоғары өнімді есептеулерді курс ретінде оқыту елеулі аппараттық және бағдарламалық құралдарды қажет етеді. Өйткені, жоғары өнімді есептеулер бағыты толассыз даму үстінде болғандықтан, курстың мазмұны да соған сай өзгеріп отырады.

Жүргізіліп жатқан жұмыстың мақсаты - жоғары өнімді есептеулер бойынша арнайы курстың мазмұнын талдау, теориялық-практикалық негіздерін, аппараттық-бағдарламалық негіздерін анықтау және жоғары оқу орнының оқу үдерісіне енгізу.

Жұмысымызда мынадай мәселелерге тоқталдық:

- білім алушылар үшін жоғары өнімді есептеулер бойынша тақырыптарды талдау;
- жоғары өнімді есептеулер бойынша курстың мақсаты мен міндеттерін анықтау;
- курсты оқығаннан кейінгі алатын білімдері мен қалыптасатын іскерліктерін анықтау;
- жоғары өнімді есептеулер бойынша арнайы курстың мазмұнын құру, жүзеге асыру негіздерін айқындау.

Жоғары өнімді есептеулер бойынша арнайы курстың мазмұнын құру барысында, басқа пәндермен өзара байланысы анықталды, яғни студенттердің қажетті білімдері мен іскерліктерінің артуын қамтамасыз ететін басқа курстардың пәнаралық байланысы ескеріледі. Мысалы, параллель есептеулер, бұлттық есептеулер және С, С++ тілдерінде бағдарламалау пәндерінен алынған білімдері мен іскерліктері біздің зерттеу жұмысымызға алғы шарт бола алды. Сонымен қатар біз жұмысымызды практикалық жүзеге асыруда Python тілінде бағдарламалауды игеру мен жоғары өнімді есептеулер жүргізуде қолдануды қарастырдық.

Арнайы курстардың мазмұнын құру барысында ең алдымен жоғары өнімді есептеулердің эксперименттік базалары Л.Н.Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университетінде, Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінде, сонымен қатар Ресейдің бірқатар жоғары оқу орындарында оқытылу жағдайын зерттеп, талдау жасап, салыстырылды. Соның негізінде арнайы курстың мазмұны жасалды. Зерттеу барысында эксперименттік базалар ретінде алынған

университеттерде жоғары өнімді есептеулер параллель есептеулер бағыты бойынша оқытылатыны белгілі болды. Л.Н.Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университетінде «Параллель есептеулер кластері», «Параллель есептеулер негіздері» курсы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің «Информатика» мамандығында «Параллель есептеулер» курсы оқытылады. Бұл курстар жалпы мынадай тақырыптарды қамтиды:

- параллель есептеулер туралы негізгі түсініктер;
- параллельді жүйе деректерін өңдеу классификациясының негіздері;
- параллель есептеулер архитектурасы, алгоритмдері және модельдері;
- білім берудегі параллель есептеулер кластерін баптау негіздері және кластерде параллель есептеулер және т.б.

Ресейде оқытылатын жоғары өнімді есептеулерге байланысты пәндердің тақырыптарына тоқталсақ, Ульянов мемлекеттік техникалық университетінің «230100.62-Информатика және есептеу техникасы» мамандығы бойынша «Жоғары өнімді есептеулер» курсына төмендегідей тақырыптар енгізілген [13]:

- жоғары өнімді есептеулер негіздері: өнімділіктің критерийлі параметрлері және олардың динамикасы;
- функцияларды іске асырудың жоғары өнімді әдістері;
- параллель есептеулер;
- жоғары өнімді есептеулердің микроархитектурасы.

Аталған пәндер мазмұнында есептеулер C/C++ және ассемблер тілдерін қолданып жүргізілген.

Оренбург мемлекеттік университетінде «Қазіргі жоғары өнімді есептеу жүйелері және технологиялары» пәні оқытылады және мынадай тақырыптар қарастырылған [14]:

- жоғары өнімді есептеулер жүйесінің архитектурасы;
- параллель есептеулерді модельдеу және талдау;
- OpenMP және MPI технологиялары;
- бұлттық сервистер.

Пермь ұлттық зерттеу политехникалық университетінде «Жоғары өнімді есептеулер мен параллель технологиялар әдістері» арнайы курсы мазмұны мынадай тақырыптарды қамтиды [15]:

- деректерді параллель өңдеуді енгізудің қажеттілігі;
- көпесептілік, параллель және таратылған есептеулердің айырмашылығы;
- параллелизмді қолдану мәселелері;
- көппроцессорлы есептеу жүйелерін құру мәселелері;
- параллель есептеу жүйелерінің түрлері;
- көппроцессорлы есептеу жүйелерінің өнімділігін бағалау.

Аталған пәндер мен арнайы курстардың тақырыптарында есептеу машиналарында параллель өңдеуді іске асыру принциптерінің архитектурасын білуге, параллель есептеулерді талдау және модельдеуге, параллель алгоритмдер мен программаларды құрастыру принциптерін білу мен қолдануға, көппроцессорлы есептеу жүйелерінің өнімділігін бағалау мен жоғары өнімді есептеулерде бұлттық сервистерді пайдалануға көбірек көңіл бөлген.

Талдау жасай келе, аталған пәндердің мазмұны жоғары өнімді есептеулердің параллель есептеулер негізінде қарастырылғанын көрсетті.

Аталған жоғары оқу орындарының тақырыптарын талдай келе, біз жоғары өнімді есептеулер бойынша ендірілетін курстың мазмұнында мынадай сұрақтарды қарастырдық:

- білім алушыларды жоғары өнімді есептеулерді жүзеге асыру үшін оның аппараттық-бағдарламалық платформасын анықтау;
- университеттің Param-Bilim орталығындағы суперкомпьютерінде қолданбалы есептерді шешу әдістері, соның ішінде тиімді алгоритмдер, әдістер, функцияларды қолдану; қосымшалар мен технологияларды нақтылау;
- жоғары өнімді есептеулердің жүзеге асырылуын қамтамасыз ету үшін операциялық жүйелер, соның ішінде Linux операциялық жүйесінің негізгі ұғымдарымен және Linux сервермен SSH хаттамасы арқылы файлдар мен каталогтармен, негізгі компиляторлармен жұмыс жасау негіздерін қарастыру; Linux сервермен SSH хаттамасы арқылы жұмыс істейтін бағдарламаларды талдау; сонымен қатар Linux операциялық жүйесінде Vi мәтіндік редакторы пайдалану; MPI технологиясы; OpenMP технологиясы.
- үлкен көлемді массивтер;
- анықталған интегралды есептеудің жоғары өнімді әдістері;

- Деректерді талдаудағы жоғары өнімді есептеулер: R ортасында бағдарламаның тиімділігін талдау және бағалау; бағдарламадағы векторизация; R кіріктірілген функциялары жылдамдықты арттырудың негізгі құралы ретінде.

«Жоғары өнімді есептеулер» арнайы курсы енгізу білім алушыға ғылымда кездесетін белгілі есептер мен олардың әдіс-тәсілдерін жоғары жылдамдықпен іске асыра білу дағдылары мен іскерліктерін беруді көздейді.

Курсты оқу барысында білім алушы жоғары өнімді есептеулерді игеруі бойынша мынадай құзыреттілікке ие болады:

- әртүрлі операциялық жүйелерде файлдық жүйемен жұмыс істеу;
- көппроцессорлы есептеу жүйелері мен жоғары өнімді есептеу жүйелері классификациясы мен негізгі даму бағыттарын меңгеру;
- жоғары өнімді есептеу әдістерімен, технологиялары және қосымшаларымен жұмыс істеу іскерлігін алу;
- әртүрлі функцияларды қолдануда жоғары өнімді әдістерін игеру;
- жоғары өнімді есептеулер алгоритмдерін жүргізу;
- жоғары өнімді есептеулердің тиімділігін бағалай білу;
- математикалық есептердің жоғары жылдамдықпен іске асырылу тәсілдерін үйрену;
- есептеуде алынған нәтиженің тиімділігі мен жылдамдығы сияқты негізгі параметрлерін бағалау.

Қорытынды.

Оқу үдерісіне жоғары өнімді есептеулерді ендіру бойынша экспериментке Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінен бакалавр бойынша 6В01511-Информатика мамандығы, магистратура бойынша 7М01511-«Информатика мамандықтары», ал, Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің бакалавр бойынша 5В070300 «Ақпараттық жүйелер» және 5В070400 - «Есептеу техникасы» мамандықтарының білім алушылары қатысты. Респонденттерге Google форма көмегімен сауалнамалар жүргізіліп, нәтижесі сарапталды. Аталған мамандықтардың бірнеше курстар мазмұны жоғары өнімді есептеулер бойынша бірнеше тақырыптармен толықтырылды. Оқу үдерісінде сол тақырыптар бойынша қарапайым және массивтерге дейін есептер шығарылып, нәтижелері салыстырылып, жоғары өнімді әдістер анықталды.

2019-2020 оқу жылында Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеттің 6В01511-«Информатика» мамандығы бойынша «Алгоритмдеу және бағдарламалау» курсының силлабусы жасалып, «Жоғары өнімді есептеулер» 3-ші модулі енгізілді. Ал магистратураның 7М01511-«Информатика» мамандығы бойынша «Информатиканы оқыту әдістемесі» курсының құрамына жоғары өнімді есептеулер бойынша 2-ші модуль енгізіліп, мазмұнына тақырыптар ендірілді. Зерттеу жұмысымыздың міндеттеріне сәйкес, ғылыми жұмысымыз жалғаса бермек. Енгізілген арнайы курс мазмұны жетілдіріледі және негізделеді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Мемлекет басшысының «Болашаққа бағдар: рухани жаңғыру» атты мақаласы [Электронды ресурс] - 2017. URL: http://www.akorda.kz/kz/events/akorda_news/press_conferences/memleket-basshysynyn-bolashakka-bagdar-ruhani-zhangyru-atty-makalasy
- 2 Скрынников А. «Ломоносов» против COVID-19: как суперкомпьютер МГУ ищет лекарство от коронавируса [Электронный ресурс] -2020.-URL:<https://russian.rt.com/science/article/735301-superkompyuter-mgu-koronavirus>
- 3 C-DAC deploys supercomputer in Kazakhstan [Электронный ресурс] - 2016. - URL: <https://economictimes.indiatimes.com/c-dac-deploys-supercomputer-in-kazakhstan/articleshow/50868309.cms?from=mdr>
- 4 Ваенова Г.М., Жумадиллаева А.К. Solving physical modeling tasks using a supercomputer // *Новости науки Казахстана*, №1(139), Алматы 2019, С.26-33
- 5 Воеводин В.В., Гергель В.П., Шкред А.В. Интернет-университет суперкомпьютерных технологий // *Открытые системы*. 2009, №2
- 6 Мальшикин В. Э. *Fragmented Programming of Library Parallel Numerical Subroutines* / В. Э. Мальшикин // *In the Handbook of Research on Scalable Computing Technologies*. IGI Global, 2010, 1021 pp, Chapter 13, pp. 295 - 311
- 7 Копыльцов А.В., Серик М., Бакиев М.Н. Моделирование и реализация алгоритма оценивания качества обучения студентов на кластере высокопроизводительных параллельных вычислений//*Вестник Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева*. 2014, № 3 (100). С. 147-152
- 8 Баденко В. Л. *Высокопроизводительные вычисления: учеб. пособие* – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 180 с

- 9 Грегори Р. Эндрюс. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. Пер. с англ.-М.:Издательский дом «Вильямс», 2003.-512с
- 10 Serik M, Karelkhan N, Kultan J, Zulpykhar Z Setting up and implementation of the parallel computing cluster in higher education// International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET) 14 (06), 4-17
- 11 Ақжалова Ә.Ж. Параллельдік есептеу (оқу құралы). Алматы, 2004. 105б
- 12 Дүйсембиев Е.Е. Параллель есептеулер: жоғары өнімді технологиялар : оқулық / Е. Е. Дүйсембиев ; Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2011. – 270 б.
- 13 Рабочая программа дисциплины «Высокопроизводительные вычисления» [Электронный ресурс]- Ульяновский государственный технический университет URL: <http://vt.ulstu.ru/sites/default/files/26.-%20Высокопроизводительные%20Вычисления.pdf>
- 14 Рабочая программа дисциплины «Современные высокопроизводительные системы и технологии» [Электронный ресурс] / Оренбургский государственный университет-2017.- URL: http://www.osu.ru/download/work_program/RP%2036515%20.pdf
- 15 Рабочая программа дисциплины «Методы высокопроизводительных вычислений и параллельных технологий» [электронный ресурс] /Пермский национальный исследовательский политехнический университет-2015.-URL: https://pstu.ru/files/file/annotacii_rpd_uop/fpmm/mmsp/mm_bacalavry/010400_62_metody_vysokoproizvoditelnyh_vychisleniy.pdf

References

- 1 (2017) Memleket basshysynyn «Bolashakka bagdar: ruhani zhangyru» atty makalasy [article of the head of State "looking to the future: modernization of public consciousness"]. (Jelektronnyj resurs). URL: http://www.akorda.kz/kz/events/akorda_news/press_conferences/memleket-basshysynyn-bolashakka-bagdar-ruhani-zhangyru-atty-makalasy. (In Kazakh)
- 2 Skrynnikov A. (2020) «Lomonosov» protiv COVID-19: kak superkomp'yuter MGU ishhet lekarstvo ot koronavirusa ["Lomonosov" against COVID-19: as a supercomputer MGU seeks medicine from coronavirus]. (Jelektronnyj resurs). URL:<https://russian.rt.com/science/article/735301-superkompyuter-mgu-koronavirus>. (In Russian)
- 3 (2016) C-DAC deploys supercomputer in Kazakhstan (Jelektronnyj resurs). URL: <https://economictimes.indiatimes.com/c-dac-deploys-supercomputer-in-kazakhstan/articleshow/50868309.cms?from=mdr>. (In English)
- 4 Baenova G.M., Zhumadillayeva A.K. (2019) Solving physical modeling tasks using a supercomputer. Novosti nauki Kazakhstan, №1(139), Almat, 26-33. (In English)
- 5 Voevodin V.I., Gergel' V.P., Shkred A.V. (2009) Internet-universitet superkomp'yuternykh tekhnologiy [Internet University of supercomputer technologies]. Otkrytye sistemy. №2. (In Russian)
- 6 Malyshkin V. Je. (2010) Fragmented Programming of Library Parallel Numerical Subroutines. In the Handbook of Research on Scalable Computing Technologies. IGI Global, 1021, Chapter 13, 295 – 311. (In English)
- 7 Kopyl'cov A.V, Serik M., Bakiev M.N. (2014) Modelirovanie i realizaciya algoritma ocenivaniya kachestva obuchenija studentov na klasterne vysokoproizvoditel'nykh parallel'nykh vychislenij [modeling and implementation of the algorithm for evaluating the quality of students ' training in a cluster of high-performance parallel studies]. Vestnik Evrazijskogo nacional'nogo universiteta im. L.N. Gumileva, № 3 (100). 147-152. (In Russian)
- 8 Badenko V. L. (2010) Vysokoproizvoditel'nye vychislenija [high-quality publications]. ucheb. posobie. Izd-vo Politehn. un-ta. 180. (In Russian)
- 9 Gregori R. Jendrus. (2003) Osnovy mnogopotchnogo, parallel'nogo i raspredelennogo programmirovaniya [The basis of multi-stage, parallel and distributed programming]. Per. s angl. Izdatel'skij dom «Vil'jams», 512. (In Russian)
- 10 Serik M, Karelkhan N, Kultan J, Zulpykhar Z Setting up and implementation of the parallel computing cluster in higher education. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET) 14 (06), 4-17. (In English)
- 11 Akzhalova A.Zh. (2004) Parallel'dik esepeteu [parallel computing]. (oku kuraly). Almaty. 105b. (In Kazakh)
- 12 Dyjsembiev E.E. (2011) Parallel' esepeteuler: zhogary onimdi tekhnologijalar [parallel computing: high-performance technologies]. Okulyk. Kazakstan Respublikasy Bilim zhane gylym ministrliги. Almaty : ZhShS RPBK "Dauir". 270. (In Kazakh)
- 13 Rabochaja programma discipliny «Vysokoproizvoditel'nye vychislenija» [working program of disciplines "High-Performance Studies"]. (Jelektronnyj resurs) Ul'janovskij gosudarstvennyj tehniceskij universitet URL : <http://vt.ulstu.ru/sites/default/files/26.-%20Vysokoproizvoditel'nye%20Vychislenija.pdf>. (In Russian)
- 14 (2017) Rabochaja programma discipliny «Sovremennye vysokoproizvoditel'nye sistemy i tekhnologii» [working program of disciplines "modern high-performance systems and technologies"]. (Jelektronnyj resurs). Orenburgskij gosudarstvennyj universitet.- URL: http://www.osu.ru/download/work_program/RP%2036515%20.pdf. (In Russian)
- 15 (2015) Rabochaja programma discipliny «Metody vysokoproizvoditel'nykh vychislenij i parallel'nykh tekhnologij» [working program of disciplines "methods of high-performance research and parallel technologies"]. (jelektronnyj resurs). Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet. URL: https://pstu.ru/files/file/annotacii_rpd_uop/fpmm/mmsp/mm_bacalavry/010400_62_metody_vysokoproizvoditelnyh_vychisleniy.pdf. (In Russian)