

А. ҚАДІРБЕК<sup>1</sup>, Н. КАРЕЛХАН<sup>2</sup>, А. ЗАНДЫБАЙ<sup>2</sup><sup>1</sup>Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

✉ e-mail: knursaule@mail.ru

## СУПЕРКОМПЬЮТЕРДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ГЕОАҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕНІ ОҚЫТУДЫҢ ТИІМДІ ӘДІСТЕРІ

**Аңдатпа.** Қазіргі таңда кең ауқымды геокеңістіктік деректерді өңдеу мен талдау көлемінің артуы жоғары өнімді есептеу ресурстарын қолдануды талап етеді. Суперкомпьютерлер мен параллель есептеулер кластерлерін жасанды интеллект саласы машиналық оқытуда қолдану – күрделі модельдеуді жүзеге асыруға, үлкен деректерді параллель өңдеуге және болжам жасауға мүмкіндік береді. Машиналық оқыту әдістерін геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) саласына енгізу арқылы табиғи ресурстарды басқару, экологиялық мониторинг жүргізу, урбанистикалық жоспарлау және апаттық жағдайларды болжау сияқты міндеттер тиімді шешуге ықпал етеді. Мақалада геоақпараттық жүйелерді құруда параллель есептеулер кластерлері мен суперкомпьютерлерді қолдану маңыздылығы қарастырылады. Зерттеуде барысында PARAMBILIM-2 суперкомпьютерін қолдану тиімділігі сандық көрсеткіштер арқылы бағаланды, нәтижесінде есептердің орындалу уақыты бірнеше мың есе қысқарғаны анықталды. Бұл көрсеткіш суперкомпьютерлерді қолдану-есептеу жылдамдығын арттырып қана қоймай, геоақпараттық талдау мен машиналық оқытудың тиімділігін елеулі түрде жақсартатынын дәлелдейді. Нәтижесінде, ГАЖ-ді оқытуда суперкомпьютерлер мен параллель есептеулер кластерлерін қолдану инновациялық қолданбалы зерттеулер жүргізу мен жобалар жасауға жол ашады. Ал оқытудың тиімділігі білім алушылардың жоба құру негізінде практикалық дағдыларды меңгеру деңгейі және оқу нәтижесінде алған емтихан бағаларымен айқындалды.

**Кілт сөздер:** ГАЖ, жасанды интеллект, параллель есептеулер, параллель есептеулер кластері, суперкомпьютер, машиналық оқыту, ArcGIS, Python, ArcPy.

### Кіріспе

Қазіргі уақытта ақпараттық технологиялар саласындағы мамандарды даярлауда ерекше назар аударатын маңызды тақырыптар – жасанды интеллект, жоғары өнімді есептеулер, бұлттық технологиялар, үлкен деректер, интернет заттары, робототехника, геоақпараттық жүйелер, ақпараттық қауіпсіздік және т.б.

---

#### \* Бізге дұрыс сілтеме жасаңыз:

Қадірбек А., Карелхан Н., Зандыбай А. Суперкомпьютерді қолдану арқылы геоақпараттық жүйені оқытудың тиімді әдістері // Yassawi Journal of Education Studies. – 2026. – №1 (139). – Б. 17-29. <https://doi.org/10.47526/2026-1/3107-3123.02>

#### \*Cite us correctly:

Qadirbek A., Karelhan N., Zandybai A. Superkompjuterdi qoldanu arqyly geoaqqaratyq zhuieni oqytudyn tiimdi adisteri [Effective Methods of Teaching Geographic Information Systems Using a Supercomputer] // Yassawi Journal of Education Studies. – 2026. – №1 (139). – B. 17-29. <https://doi.org/10.47526/2026-1/3107-3123.02>

Аталған өзекті мәселелер ішіндегі геоақпараттық жүйелермен жұмыс жасауда кедергі болып тұрған мәселелердің бірі – қажетті ресурстардың шектеулі болуы мен қатар жоғары өнімді есептеулер жүргізе алатын бәсекеге қабілетті мамандардың жетіспеушілігі.

Қазақстан Республикасының «Білім туралы» заңында – «Оқытудың заманауи технологияларын, соның ішінде еңбек нарығы мен қоғамның үнемі өзгеріп отыратын сұраныстарына жедел бейімделуге мүмкіндік беретін кредиттік және ақпараттық-коммуникациялық технологияларды енгізу және оларды тиімді пайдалану» [1] - қажет екендігі айтылған.

ГАЖ курсы игерудің пәндік нәтижелеріне қойылатын талаптар ақпараттың көп мөлшері кеңістіктік болып табылады. Ол өңірдегі карталарды, атластарды, ғарыштық және аэрофотосуреттерді, қалалар, ғимарат мекенжайлары және т.б. сияқты нысандардың сұлбаларын ұсынады [2].

Білім беру жүйесінің стратегиялық дамуы цифрландыру мен инновациялық технологияларды кең көлемде енгізуге негізделіп отыр. Қазақстан Республикасының білім саясаты шеңберінде оқыту процесіне жаңа технологияларды енгізу мен білім беруді ақпараттандыру – білім беру сапасын арттырудың, оқыту мазмұнын жаңғыртудың және білім алушылардың заманауи талаптарға сай кәсіби құзыреттілігін қалыптастырудың басты мәселелердің бірі ретінде қарастырылады. Бұл бағыт білім беру жүйесінің жаһандық білім кеңістігіне үйлесімді болуына, сондай-ақ халықаралық стандарттарға сай келетін бәсекеге қабілетті мамандарды даярлауға мүмкіндік береді. Осындай процесті геоақпараттық жүйелер сынды технологиялар маңызды құрал ретінде танып, білім алушылардың кеңістіктік ойлау қабілетін, аналитикалық дағдыларын және пәнаралық байланыстарды меңгеру деңгейін арттыруда шешуші рөл атқарады.

«Цифрландыруға күш салу адами капитал белсенді түрде дамитын - болашақтың білімі мен дағдылары ерте жастан бастап тәрбиеленетін, автоматтандыру және басқа да жаңа технологиялар есебінен бизнес жұмысының тиімділігі мен жылдамдығы артатын, ал азаматтардың өз мемлекеттерімен диалогы қарапайым әрі ашық болатын жаңа қоғамды құруға әкеледі. Цифрлық революция біздің көз алдымызда өтуде» [3] - деп «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасында аталып көрсетілген. IT қазіргі қоғамда қарқынды әрі жылдам дамып келе жатқан саланың бірі. Бұл білім беру саласында орта және жоғары оқу орындарында білім беру сапасының жаңа технологияларды тиімді пайдаланатындығын әрі бәсекеге қабілетті мамандарды даярланатындығының дәлелі болып табылады.

Қоғамда білім, экономика, көлік, экология және басқа да салалардың қарқынды әрі үздіксіз дамуы географиялық ақпараттық жүйенің (ГАЖ) қажеттілігін туғызады. Қазіргі таңда ГАЖ, оның ішінде картаны қолдану қажеттілігі күннен күнге артуда. Жоғары оқу орындарында жаратылыстану ғылымдары саласы бойынша ГАЖ туралы білім беруге ақпараттық технологиялар саласы оқытушыларының атқаратын қызметі өте зор. Сонымен қатар, ГАЖ-де үлкен көлемді картографиялық деректерді, спутниктік суреттерді, климаттық модельдерді өңдеу мен болжауда жоғары өнімді есептеулер жиі қолданылады. Деректерді талдау үшін де аса қуатты ресурстармен бірге, жоғары өнімді есептеулер қажет.

Суперкомпьютерлер мен жоғары өнімді есептеулер ғылымда, инновацияда және дамуда аса маңызды [4].

Қазіргі таңда Қазақстан Республикасында Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, ҚазҰТУ, ҚБТУ, Назарбаев Университеті сияқты жоғары оқу орындарында ғана суперкомпьютерлер немесе параллель есептеулер кластерлері бар. Басқа өңірдегі жоғары оқу орындарында қажетті ресурстардың болмауы бұл саланы дамыту мүмкіндігін төмендетеді. Сондықтан, бұл мәселелерді шешуде суперкомпьютерлер мен қашықтан қатынауға болатын Microsoft, Amazon сияқты дерек өңдеу орталықтарын қолданумен қатар, еліміздегі бар суперкомпьютерлер мен кластерлерді қашықтан пайдаланып үйренуге және оны машиналық оқытуда қолдану және тиімді пайдалануды меңгеру аса маңызды.

Зерттеу мақсаты – оқу процесінде суперкомпьютерлер және параллель есептеу кластерлерінің машиналық оқытуда рөлін зерттеу мен оның геоақпараттық жүйелерде қолданудың тиімді әдістерін анықтау.

Бұл мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды.

– әлемдегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарында суперкомпьютерлер және параллель есептеу кластерлерінің машиналық оқытудағы рөлін талдау;

– оқу процесінде суперкомпьютерлер және параллель есептеу кластерлерін геоақпараттық жүйелерде қолданудың тиімді әдістерін айқындау.

Осы зерттеу суперкомпьютерлерді ГАЖ құруда қолдану арқылы есептеу жылдамдығына, кең көлемді деректерді өңдеу мүмкіндіктеріне және білім алушылардың практикалық дағдыларының қалыптасуына әсерін бағалауға негізделеді.

### **Зерттеу әдістері мен материалдар**

Зерттеу тақырыбы бойынша әлемдегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарының оқыту жағдайлары мен ғылыми нәтижелерін талдау; сауалнама жүргізу; жоғары оқу орындарында геоақпараттық жүйені параллель есептеулер кластерлері мен Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің PARAMBILIM-2 суперкомпьютерін қолданып оқытудың тиімді әдістерін құру, математикалық статистика әдістерін қолданып эксперимент нәтижелерін талдау.

Егер геоақпараттық жүйелерді болжауда суперкомпьютерлермен машиналық оқытуды қолданудың тиімді тәсілдері анықталса, онда үлкен көлемдегі геокеңістіктік деректерді талдау мүмкіндіктері кеңейіп, есептеу ресурстарын пайдалану тиімділігі артады, сондай-ақ білім алушылардың практикалық дағдылары мен академиялық жетістіктері жоғарылайды.

Мақалада «тиімділік» ұғымы геоақпараттық жүйелерді суперкомпьютерлік ортада оқытудың нәтижелілігін сипаттайтын сандық көрсеткіштер жиынтығы ретінде екі негізгі критерий бойынша бағаланды: есептеу және оқыту тиімділігі.

Оқыту тиімділігі негізінен есептеу тиімділігі арқылы бағаланды, ол есептердің орындалу уақыты, жеделдету коэффициенті және үлкен көлемді деректерді өңдеу мүмкіндігі сияқты көрсеткіштермен өлшенді. Суперкомпьютер мен дербес компьютерде бірдей алгоритмдер мен кіріс деректерін қолдану арқылы жүргізілген салыстырмалы эксперименттер есептеу жылдамдығының бірнеше мың есе артатынын көрсетті. Сонымен қатар есептеу ресурстарының тиімді пайдаланылуы оқу процесінде күрделі геоақпараттық және машиналық оқыту есептерін практикалық тұрғыда орындауға мүмкіндік беріп, оқытудың қолданбалы бағытын күшейтеді. Сонымен қатар, оқытудың тиімділігі білім алушылардың оқу жетістіктерінің көрсеткіштерімен, практикалық дағдыларды меңгеру деңгейімен және оқу процесіне қатысу белсенділігімен айқындалды.

### **Талдау мен нәтижелер**

Талдау барысындағы зерттеу тиімділігі есептеу жылдамдығы, жеделдету көрсеткіші және оқу-практикалық нәтижелері болып бағаланады.

Бүгінгі таңда геоақпараттық жүйелер мен технологиялар әртүрлі сала мекемелерінің мамандары кеңістіктік үйлестірілген деректерді ала отырып, ақпарат жинауға, өндірісте, қала құрылысын жобалауда, геоақпараттық ғылыми міндеттердің шешімі үшін модульдерді қолдануға мүмкіндік беріп, заманауи ақпараттық технологиялар саласында үдемелі дамушы бағыт болып саналады. Сонымен қатар ГАЖ білім беру саласында және медицинада маркетинг, әкімшілік-ұйымдастыру, тіпті кәсіпкерлік қызмет саласында кеңінен қолданылады [5].

ГАЖ аумақтық проблемаларды талдау мен шешудің жаңа тиімді тәсілдерін ұсына отырып және цифрлық кеңістіктік ақпарат әлеуметтік-экономикалық, саяси, географиялық және экологиялық даму, ұлттық мүдде үшін табиғи, өндірістік және еңбек әлеуетін басқару міндеттерінде маңызды рөл атқарады. ГАЖ мен жоғары өнімді есептеулерді білім беру

саласында пайдалану көптеген мәселелерді шешудің жаңа тиімді тәсілдерін қолдануға мүмкіндік береді.

Массачусетс Технологиялық Институты «Кері есептерді шешуге арналған терең оқыту» атты постдокторантура дайындауда Python тілінде бағдарламалау дағдыларымен қатар, Машиналық оқыту, Сигналды және кескінді өңдеу, Параллель есептеу немесе Жоғары өнімді есептеу (HPC) біліктілігі бар мамандарды іздеуде [6]. Сонымен қатар зерттеу тақырыбына қатысты дәйектемесі жоғары G.A.Carpenter және S.Grossberg [7], C.Francois [8], J.Schmidhuber [9], A. Géron [10] және R.P.França, A.C.Monteiro, R.Arthur, Y.Iano [11] өз ғылыми зерттеу жұмыстарында бұл саланың өзектілігі мен тиімді әдістерін көрсетеді.

Калифорния университеті, Беркли «Жоғары өнімділікті есептеулер үшін GPU бағдарламалау», «Ғылым және инженерия үшін жоғары өнімділікті есептеу», «Параллельді компьютерлердің қолданбалары» сияқты курстарды ұсынады. «Параллельді компьютерлердің қолданбалары» оқу бағдарламасы параллельді компьютер архитектурасы мен бағдарламалау тілдерінің негіздерін қамтиды, сонымен қатар өнімділігі жоғары есептеулерді қажет ететін барлық қолданбаларда жиі қолданылатын үлгілерге ерекше назар аударады. Бұл курстың мақсаты жылдам жұмыс істейтін бағдарламаларды жазу. Өтілген тақырыптар:

- Ортақ жад (көп ядролы ноутбукта OpenMP);
- Таратылған жад (суперкомпьютердегі MPI және UPC);
- GPU (CUDA және OpenCL);
- Бұлттық есептеулер (MapReduce, Hadoop және Spark) [12].

Әлемдегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарының параллель есептеулер кластерлері мен суперкомпьютерлерді қарқынды қолданылуы бұл тақырыптың аса маңызды екенін білдіреді. Сонымен қатар заманауи геоақпараттық жүйелерді құруда жоғары өнімді есептеулер мен машиналық оқытуды білу аса қажет. Осыған орай заман талабына сай оқытудың тиімді әдістерін анықтау маңызды. ГАЖ жаратылыстану саласы мен ақпараттық технологиялар мамандарын оқытуда маңызды практикалық тапсырмаларды: білім алушылар спутниктік деректерді орындау, 3D-модель құру, карталарды визуалдау сияқты нақты жобаларды жасай алады.

Қазіргі таңда Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ «6B01511-Информатика» білім беру бағдарламасына «Параллель есептеулер», «Жоғары өнімді есептеулерді оқыту әдістері» курстары ендіріліп, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ-нің PARAM BILIM-2 суперкомпьютерін қолданылуда. Оқу процесінде PARAM BILIM-2 ні қолданылатын топтар:

### 1-кесте - PARAM BILIM-2 суперкомпьютерін қолданатын пәндер

Топтардың атауы	Пән атауы	Білім алушылар саны
<b>B011-1511-24-09</b>	«Параллель есептеулер»	19
<b>B011-1511-24-07</b>	«Параллель есептеулер»	18
<b>B011-1511-24-05</b>	«Жоғары өнімді есептеулерді оқыту әдістері»	19
<b>B011-1511-24-01</b>	«Жоғары өнімді есептеулерді оқыту әдістері»	16
		72

Білім беру процесінде оқытудың тиімділігі оның нәтижелері арқылы бағаланды. Бұл нәтижелер, үш негізгі көрсеткіштер жүйесінде айқындалды: білім алушыларға қойылған міндеттерге қол жеткізетін академиялық жетістіктері (жоба нәтижелері, емтихан нәтижелері), олардың теорияны іс-тәжірибеге енгізе алатын практикалық дағдыларды меңгеру деңгейі және білім алуды белсенді тәжірибеге айналдыратын сабаққа қатысу динамикасы мен мотивациясын арттырады. Аталған топтың білім алушылары, сабаққа белсенді қатысып,

нәтижесінде «Жоғары өнімді есептеулерді оқыту әдістері» пәні бойынша емтихан бағасының орташа шамасы 81% болса, «Параллель есептеулер» пәні бойынша емтихан бағасының орташа шамасы 80% болды. Аталған пәндердің нәтижесінде жоба жазып, диплом жұмысын жазуға ниет білдірген білім алушылар саны 75%-дан асты.

Суперкомпьютерлік жүйелерде бейнелер мен картографиялық өңдеу уақытты қысқартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бейнені бағдарламалық модельдеу барысында итерациялық қадамдардың жоғарылау нәтижелерінің дәлдігін, бейненің айқындығын және визуалды жақсартуға ықпал етеді. «Параллель есептеулер», «Жоғары өнімді есептеулерді оқыту әдістері» пәндерді оқыту аясындағы PARAM BILIM-2 суперкомпьютерінде C++ бағдарламалау тілінде жазылған Мандельброт жиынтығының практикалық жұмыстарынан мысал келтірсек. Мандельброт жиыны - фракталдық геометрияның күрделі математикалық объектісі. Оның есептелуі көпдеңгейлі итерацияны қажет ететіндіктен, CPU арқылы есептеу ұзақ уақытты алады. Бұл жұмыста CUDA технологиясын қолданып, GPU көмегімен Мандельброт фракталының жоғары ажыратымдылықтағы кескінін тиімді есептеу әдісі ұсынылған.

Есептеулер 1000×1000 пиксель ажыратымдылығымен жүргізілді. Әрбір пиксель үшін максималды итерация саны 1000 деп алынды. 16×16 өлшемді блоктар қолданылып, параллельді есептеулер жүзеге асырылды.

Негізгі алгоритмдік бөліктер:

#### CUDA бағдарламалау:

Cpp

```
__global__ void mandelbrotKernel (unsigned char* output)
{
    int x = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
    int y = blockIdx.y * blockDim.y + threadIdx.y;
    if (x >= WIDTH || y >= HEIGHT) return;
    // Координаттарды түрлендіру
    double real = (x - WIDTH/2.0) * 3.0 / WIDTH;
    double imag = (y - HEIGHT/2.0) * 3.0 / HEIGHT;
    ...
    // Мандельброт итерациясы
    while (z_real*z_real + z_imag*z_imag <= 4.0 && iter < MAX_ITER) {
        double temp = z_real*z_real - z_imag*z_imag + c_real;
        z_imag = 2.0*z_real*z_imag + c_imag;
        z_real = temp;
        iter++;
    }
    // Түс мәндерін есептеу
    unsigned char r = (iter * 9) % 256;
    ...
}
```

#### GPU ресурстарын инициализациялау:

cpp

```
unsigned char* d_output;
cudaMalloc(&d_output, WIDTH * HEIGHT * 3);
dim3 blockSize(16, 16);
dim3 gridSize((WIDTH + blockSize.x - 1) / blockSize.x,
              (HEIGHT + blockSize.y - 1) / blockSize.y);
```

**Есептеуді орындау:**

c++

```
mandelbrotKernel<<<gridSize, blockSize>>>(d_output);
cudaDeviceSynchronize();
```

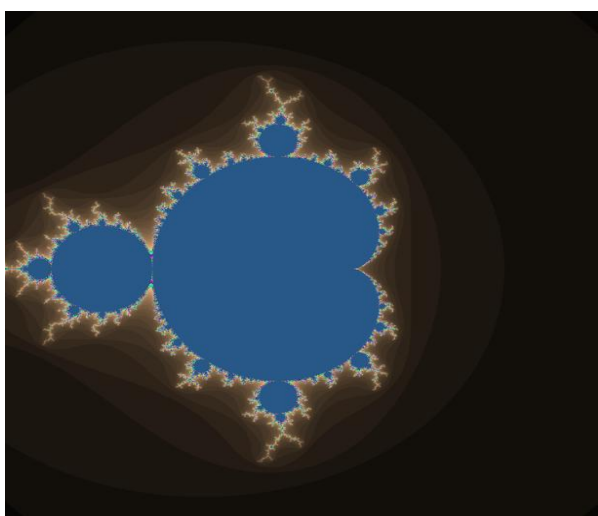
**Нәтижені сақтау:**

c++

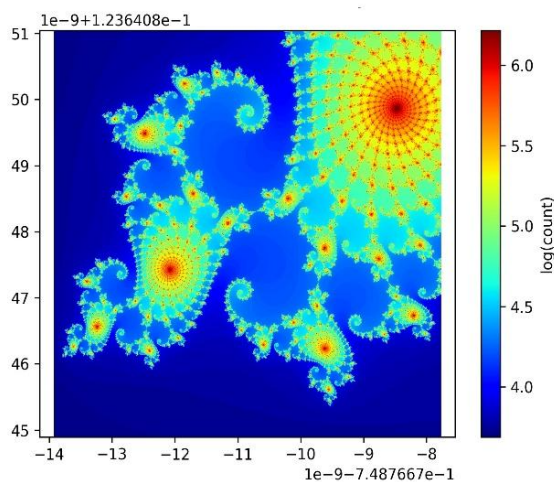
```
saveBMP("mandelbrot.bmp", h_output);
```

Нәтижелер және талқылау GPU арқылы есептеу уақыты 0.016926 секундты құрады (CPU арқылы шамамен 1.7 секундпен салыстырғанда). Бұл CUDA технологиясының есептеулерді параллельдеудегі 100 есе тез шығарғанын, GPU есептеу тиімді екенін көрсетеді.

Нәтижесінде Мандельброт жиынтығының суреті экранға шықты (1-сурет).



Мандельброт жиынтығының  
толық түрі



Мандельброт жиынтығының  
жақындатылған түрі

**1-сурет – PARAM BILIM-2 суперкомпьютерінің GPU қолданып салынған  
Мандельброт жиынтығы**

Бұл кодты GPU қолданып, параллель есептегенде 0.016926 секунд болды (2-сурет).

```
[admin_temp@bilim_master ~]$ ./mandelbrot
Execution time on GPU: 0.016926 seconds
Saved image as mandelbrot.bmp
[admin_temp@bilim_master ~]$
```

**2-сурет - PARAM BILIM-2 суперкомпьютерінде есептеу уақыты**

PARAM BILIM-2 суперкомпьютерінде Мандельброт жиынтығын бағдарламалауда, итерацияны көбейткен сайын суреттің айқындығы және визуалдылығы жақсара берді. Сонымен қатар PARAM BILIM-2 кластерін дербес компьютермен салыстырғандағы есептеу жылдамдығын тиімділігін анықтау үшін жылдам сұрыптау әдісі есептелді (3-сурет).

```

student@bilim_master:~/FPK/FPK2503KareIkhhan_N
#include <iostream>
#include <stdlib.h>
#include <ctime>
#include <omp.h>

using namespace std;

const int THRESHOLD = 1000;

void printArray(int arr[], int n) {
    for (int i = 0; i < n; ++i)
        cout << arr[i] << " ";
    cout << endl;
}

int partition(int arr[], int low, int high) {
    int pivot = arr[high];
    int i = low - 1;
    for (int j = low; j < high; ++j) {
        if (arr[j] < pivot) {
            ++i;
            swap(arr[i], arr[j]);
        }
    }
    swap(arr[i + 1], arr[high]);
    return i + 1;
}

void quickSort(int arr[], int low, int high) {
    if (low < high) {
        int pi = partition(arr, low, high);

        if ((high - low) > THRESHOLD) {
            #pragma omp task shared(arr)
            quickSort(arr, low, pi - 1);

            #pragma omp task shared(arr)
            quickSort(arr, pi + 1, high);
        } else {
            quickSort(arr, low, pi - 1);
            quickSort(arr, pi + 1, high);
        }
    }
}

int main() {
    int n;
    cout << "Enter array size: ";
    cin >> n;

    int* arr = new int[n];
    srand(time(0));
    for (int i = 0; i < n; ++i)
        arr[i] = rand() % 100000;

    double start = omp_get_wtime();

    #pragma omp parallel
    {
        #pragma omp single nowait
        quickSort(arr, 0, n - 1);
    }

    double end = omp_get_wtime();
    cout << "Sorting time (sec): " << end - start << endl;

    // printArray(arr, n); // uncomment if needed

    delete[] arr;
    return 0;
}

[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ./QuickSort
Enter array size: 10
Sorting time (sec): 0.0113223
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ^C
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ./QuickSort
Enter array size: 50000
Sorting time (sec): 0.00596971
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ^C
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ./QuickSort
Enter array size: 500000
Sorting time (sec): 0.0274012
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ^C
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ./QuickSort
Enter array size: 600000
Sorting time (sec): 0.0411748
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ^C
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ./QuickSort
Enter array size: 1000000
Sorting time (sec): 0.30952
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ^C
[student@bilim_master FPK2503KareIkhhan_N]$ ./QuickSort
Enter array size: 5000000
Sorting time (sec): 2.01

```

### 3-сурет – PARAM BILIM-2 суперкомпьютерінде есептелген жылдам сұрыптау әдісінің коды мен есептеу уақыттары

Келесі кестедегі мәліметтерден дербес компьютердің есептеуге мүмкіндігі болмайтын есептерді суперкомпьютерде шығаруға болатындығын және есептеу уақыттарының жылдамдығының артықтығы көрсетілді.

#### *Аппараттық және бағдарламалық орта*

Есептеу эксперименттері дербес компьютер мен PARAM BILIM-2 кластерінде жүргізілді.

Дербес компьютердің процессоры Intel Core i5-1035G1. Процессор жиілігі 1.19 ГГц-ке дейін жетеді, бұл орташа өнімділікке ие. Компьютердегі оперативтік жады 8ГБ. Жүйе 64-разрядты операциялық жүйемен жұмыс істейді.

PARAM BILIM 2 құрамына келесі жабдықтар кіреді:

Dell PowerEdge R750xs – 1 мастер-нод (басқарушы түйін);

Dell PowerEdge R650xs – 3 есептеу түйіндері;

GPU Dell PowerEdge R750 – 1 графикалық процессор бар.

Бағдарламалық қамтамасыз ету ретінде PARAM BILIM-2 кластері Linux жүйесінде жұмыс істейді, екі құрылғыда да OpenMP мен CUDA арқылы параллель есептеулер жүргізілді. Өлшеу протоколын салыстыру үшін әрбір есептеу тапсырмасы екі ортада да бірдей шарттарда кемінде бес рет қайталанып, орындалу уақыты секундпен өлшенді. Нәтижелер орташа мән ретінде есептеліп, дербес компьютер мен PARAM BILIM-2 арасындағы есептеу тиімділігі осы көрсеткіштер арқылы бағаланды.

**2-кесте – PARAM BILIM-2 кластерінде жылдам сұрыптау әдісінің есептеу уақыттары**

Өлшем	Дербес компьютер (t1-уақыт, сек)	PARAM BILIM-2(t2-уақыт, сек)	Жеделдету индикаторы (t1/t2-тиімділігі, неше есе тез)
100	7,809	-	-
50 000	31,39	0,00596971	5258,211873
500 000	72,57	0,0274012	2648,424157
600 000	-	0,0411748	-
10 000 000	-	0,30952	-
50 000 000	-	2,01	-

Өлшеу протоколы бірдей деректер мен алгоритмді қолдануды, бірнеше қайталауды және орташа мәнді есептеуді қамтиды. Кестеден көрініп тұрғандай, PARAM BILIM-2 суперкомпьютері дербес компьютерге қарағанда есептеу уақытын бірнеше мың есе қысқартады (мысалы, 50 000 өлшемді деректерде 5258 есе), бұл аппараттық және бағдарламалық ортаның тиімділігін айқын көрсетеді. Үлкен көлемдегі деректер үшін дербес компьютерде есептеу уақыттары алынбағанымен, суперкомпьютер есептеуді бірнеше секунд ішінде орындайды, бұл үлкен деректерді өңдеуді және нақты уақыттағы талдауды мүмкін етеді.

Болашақта, білім алушылардың зерттеу қабілеттерін дамытуда ГАЖ-нің жұмысында суперкомпьютерлерді қолдану ерекше маңызға ие. Атап айтқанда, климаттың өзгеруін болжау, урбанизацияны модельдеу, экологиялық мониторинг сияқты ғылыми жобаларда үлкен көлемді геодеректерді талдау нәтижесінде туындайды. Бұл жағдайда суперкомпьютерлік қуат есептеуді арттыруға, деректерді визуалды түрде жеделдетіп алуға мүмкіндік береді. Білім алушылар модельдеу нәтижесін көріп, ғылыми ойлау мен зерттеу техникасын жетілдіреді. Сонымен қатар мұндай күрделі есептерді есептеуде Python бағдарламасының ArcPy кітапханаларын қолдану тиімді.

ArcPy – ArcGIS ортасындағы автоматтандырылған геоөңдеу, кеңістіктік талдау және модельдеу жұмыстарын орындауға арналған қуатты құрал. Ал оны суперкомпьютерлік ортада пайдалану үлкен көлемді геоақпараттық деректерді параллельді өңдеуге, қысқа уақыт ішінде жоғары дәлдікті нәтижелер алуға жағдай жасайды. Суперкомпьютерде ArcPy скрипттері үлкен көлемді қысқа уақытта талдауға мүмкіндік береді.

Оқу процесінде жоғары оқу орындарының білім алушылары ArcGIS жүйесі Python тілін қолдану арқылы туындаған әрбір мәселелерді шешу жолдарын қарастырады. Білім алушылар тек ГАЖ туралы емес, сонымен қатар, ГАЖ қолдануда ArcPy пакеті, Python тілін пайдалануды, күрделі геоөңдеу құралдарының жиынтығын суперкомпьютерде жасауды меңгереді.

Python – жасанды интеллект саласындағы ең танымал цифрлық құралдардың бірі. Бұл оның қолжетімділігі мен түсініктілігіне, жалпы және арнайы мақсаттағы дайын кітапханалардың молдығына, сондай-ақ әлемдік ІТ-қауымдастықтың белсенділігіне байланысты. Python тілінде бағдарламалау негіздерін меңгеру барлық дерлік білім беру бағыттарындағы білім алушылар үшін, әсіресе инженерлік-техникалық мамандықтарда өте өзекті болып табылады. Бұл жасанды интеллект технологияларын игеру үдерісін едәуір оңтайландырып, осы саладағы білім беру сапасының артуына ықпал етеді [13].

Python бағдарламалау тілін ArcGIS Pro бағдарламалық қамтамасыз етуімен біріктіру кеңістіктік деректерді талдауға арналған тиімді жүйе қалыптастырады және модельдеу мүмкіндіктерін визуализация құралдарымен үйлестіре ұсынады [14].

ArcGIS жүйесінде параллель есептеулер жүргізуге болады, бірақ ол ArcGIS-тің қандай құралдарын пайдаланатыныңызға байланысты.

Негізгі мүмкіндіктер:

1. ArcGIS Pro (ArcGIS Desktop-тан кейінгі негізгі нұсқа) көптеген геоөңдеу құралдарын multithreading және параллель өңдеу әдістері бар. Мысалы:

– Spatial Analyst және 3D Analyst модульдерінің кейбір функциялары көп ядролық процессорларды пайдалана алады.

– Parallel Processing Factor (PPF) параметрі арқылы бір уақытта бірнеше ядроны қолдануға болады.

2. ArcPy (Python API) арқылы скрипт жазуға, Python-ның жаңа параллель есептеулерін (тұрғын, multiprocessing, joblib, concurrent.futures) орнатуға болады. Бұл үлкен үлкен партиялап (топтама) өңдеуде ыңғайлы.

3. Бөлінген есептеулер:

– ArcGIS Enterprise немесе ArcGIS Server кластерінде есептерді бірнеше серверге бөліп орындауға болады.

– Үлкен көлемді деректер үшін ArcGIS GeoAnalytics Server немесе Raster Analytics пайдаланады.

Сондықтан жоғары өнімді есептеулер мен параллель есептеулерге қатысты пәндердің мазмұнына ГАЗ тақырыптары ендірілсе, білім алушылардың ғылымға деген қызығушылығы артып, жаңа ғылыми жобалар дайындауға негіз болады.

### **Қорытынды**

Қазіргі заманғы білім беру жүйесінде цифрлық технологияларды тиімді пайдалану болашақ мамандардың кәсіби құзыреттілігін арттырудың маңызды тетігіне айналууда. Оның ішінде суперкомпьютерлер және параллель есептеу кластерлерінің машиналық оқытудағы рөлі мен оқу процесінде пайдаланылатын тиімді әдістерін анықтау маңыздылығы – заманауи талап. Қазіргі таңда Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ «6B01511-Информатика» білім беру бағдарламасына «Параллель есептеулер», «Жоғары өнімді есептеулерді оқыту әдістері» курстары ендірілді. Курстарды оқу кезінде Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ-нің PARAM BILIM-2 кластері қолданылады. Сонымен қатар мақалада PARAM BILIM-2 суперкомпьютерде есептеу тиімділігі практикалық тұрғыда көрсетілді. Жүргізілген есептеу эксперименттері PARAM BILIM-2 суперкомпьютерлік жүйесін қолданудың айқын сандық артықшылығын анықталды. Атап айтқанда, жылдам сұрыптау алгоритмін орындау кезінде 50 000 өлшемдегі деректер үшін дербес компьютерде есептеу уақыты 31,39 с, ал PARAM BILIM-2 жүйесінде 0,00597 с құрап, ≈5258 есе жеделдету байқалды. 500 000 өлшемде сәйкесінше 72,57 с және 0,0274 с болып, ≈2648 есе өнімділік өсімі тіркелді. Сонымен қатар дербес компьютерде есептеу мүмкін болмаған 10 000 000–50 000 000 көлемді деректер PARAM BILIM-2 жүйесінде 0,3095–2,01 с аралығында орындалды. GPU негізіндегі параллель есептеулер Мандельброт жиынтығын есептеу уақытын 0,0169 с-қа дейін қысқартып, итерация саны артқан жағдайда визуалдық айқындықтың жоғарылауын қамтамасыз етті. Бұл нәтижелер суперкомпьютерлік ресурстарды геоақпараттық жүйелерді оқытуда қолдану есептеу жылдамдығын бірнеше мың есе арттырып қана қоймай, күрделі кеңістіктік есептерді оқу процесіне енгізуге нақты мүмкіндік беретінін сандық түрде дәлелдейді.

Ал пән мазмұнына машиналық оқыту мен геоақпараттық жүйе тақырыптарын енгізу маңыздылығын зерттеу нәтижесінде:

– Үлкен көлемді деректерді өңдеу. Экология, урбанизация салаларындағы ірі деректерді параллель есептеу.

– Климаттың өзгеруін болжау, экологиялық мониторингке негізделген есептерді шығару.

– Жылдам визуализация. Итерацияны көбейту арқылы суреттердің сапасы мен қанықтылығын жақсарту.

– Python және ArcPy негізінде автоматтандыру. Кеңістіктік өңдеу, модельдеу және визуалдау жұмыстарын автоматтандыру.

– Машиналық оқыту мен терең оқыту мүмкіндіктері. ArcPy және басқа Python кітапханаларын (TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn) суперкомпьютерде қолдану арқылы: спутниктік суреттерді тану; жер жамылғысын бөлу; апаттар салдарын анықтау, сияқты жұмыстарды зерттеуге қолданылатыны анықталды.

Оқытудың тиімділігі академиялық жетістік, практикалық дағдылар мен белсенділік көрсеткіштері арқылы бағаланды. Зерттеу нәтижесінде білім алушылар «Жоғары өнімді есептеулерді оқыту әдістері» (орташа ұпай 81%) және «Параллель есептеулер» (орташа ұпай 80%) пәндері бойынша жоғары бағаларға қол жеткізді. Сонымен қатар, оқушылардың 75%-ы жобалар мен дипломдық жұмыстарды орындауға дайындығын білдірді, бұл теорияны тәжірибеге енгізуге деген ынта мен мотивацияның жоғары деңгейін көрсетеді.

Қорытындылай келе, бұл мақалада суперкомпьютерлер және параллель есептеу кластерлерінің машиналық оқытудағы рөлі мен оқу процесінде пайдаланылатын тиімді әдістері қарастырылды. Машиналық оқыту әдістерін ГАЖ саласына қолдануда суперкомпьютерді пайдалану – білім алушылардың теориялық білімін тәжірибемен ұштастыра отырып, оларды кәсіби қызметке жан-жақты дайындаудың тиімді жолдарының бірі. Бұл әдістер заманауи еңбек нарығының талаптарына сай келетін білікті мамандарды даярлауға негіз болады.

#### **Қаржыландыру туралы ақпарат**

*Мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі тарапынан 2025-2027 жылдарға арналған AP26196977 «Суперкомпьютерлер мен параллель есептеу кластерлерін машиналық оқытуда қолданып, оқытудың тиімді әдістерін құру және ендіру» атты жоба міндеттерін жүзеге асыру нәтижесіне негізделген.*

#### **ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

1. Білім туралы Қазақстан Республикасының 2007 жылғы 27 шілдедегі № 319 Заңы. [Электрондық ресурс]. URL: [https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z070000319\\_](https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z070000319_) (қаралған күні 11.05.2025)
2. Жунисов Н. Оқу процесінде геоақпараттық жүйені қолдану мүмкіндіктері // Қ.А.Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің хабарлары. – 2023. – Т. 24, №1. – С. 95-105.
3. «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы қаулы. [Электрондық ресурс]. URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1700000827> (қаралған күні 10.01.2024)
4. Ruohonen J. Geospatial Insights on the EuroHPC Supercomputing Ecosystem // Digital Society. – 2025. – Т. 4, №2. – P. 59.
5. Грибкова И.С., Питель Е.К. ГИС и современный опыт их применения // VIII Международная научно-практическая конференция «Науки о земле на современном этапе». – 2013. – С. 74-76.
6. Deep learning to solve inverse problems [Electronic resource]. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9137882/#:~:text=In%20principle%2C%20every%20deep%20learning,with%20the%20forward%20model%20known.> (date of access 10.01.2024)
7. Carpenter G.A., Grossberg S. A massively parallel architecture for a self-organizing neural pattern recognition machine // Computer vision, graphics, and image processing. – 1987. – Т. 37, №1. – P. 54-115. [https://doi.org/10.1016/S0734-189X\(87\)80014-2](https://doi.org/10.1016/S0734-189X(87)80014-2)
8. Chollet F. Deep Learning with Python. Second Edition. – Manning, 2021. – 503 p.
9. Schmidhuber J. Deep learning in neural networks: An overview // Neural networks. – 2015. – Т. 61. – P. 85-117. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003>
10. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. 3rd Edition. – O'Reilly Media, 2022. – 861 p.

11. França R. P. et al. An overview of deep learning in big data, image, and signal processing in the modern digital age // in: Trends in deep learning methodologies. – 2021. – P. 63-87. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822226-3.00003-9>
12. Applications of Parallel Computers. Berkeley EECS. [Electronic resource]. URL: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Courses/CSC267/> (date of access 10.01.2024)
13. Моисеева Н.А. Особенности подготовки будущих инженеров технического профиля к применению искусственного интеллекта в области геоинформатики // Информатика и образование. – 2025. – Т. 40, №5. – С. 37-48.
14. Jumaah H. et al. Development of GIS-based box model tool for air quality mapping with Python and ArcGIS Pro in Kirkuk City, Iraq // International Journal of Engineering and Geosciences. – 2026. – Т. 11, №1. – P. 212-225.

## REFERENCES

1. Bilim turaly Qazaqstan Respublikasynyn 2007 zhylygy 27 shildedegi №319 Zany [Law of the Republic of Kazakhstan dated July 27, 2007 No. 319 on education]. [Electronic resource]. URL: [https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z070000319\\_](https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z070000319_) (date of access 11.05.2025) [in Kazakh]
2. Zhunisov N. Oqu procesinde geoaparattyq zhuieni qoldanu mumkindikteri [Possibilities of using the Geoinformation system in the educational process] // Q.A.Iasau atyndagy Halyqaralyq qazaq-turik universitetinin habarlary. – 2023. – Т. 24, №1. – S. 95-105. [in Kazakh]
3. «Cifrlıy Qazaqstan» memlekettik bagdarlamasyn bekitu turaly qaulı [Resolution on approval of the state program “Digital Kazakhstan”]. [Electronic resource]. URL: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1700000827> (date of access 10.01.2024) [in Kazakh]
4. Ruohonen J. Geospatial Insights on the EuroHPC Supercomputing Ecosystem // Digital Society. – 2025. – Т. 4, №2. – P. 59.
5. Gribkova I.S., Pitel E.K. GIS i sovremenniy opyt ih primeneniya [GIS and modern experience of their application] // VIII Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaya konferentsiya “Nauki o zemle na sovremennom etape”. – 2013. – S. 74-76. [in Russian]
6. Deep learning to solve inverse problems [Electronic resource]. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9137882/#:~:text=In%20principle%2C%20every%20deep%20learning,with%20the%20forward%20model%20known.> (date of access 10.01.2024)
7. Carpenter G.A., Grossberg S. A massively parallel architecture for a self-organizing neural pattern recognition machine // Computer vision, graphics, and image processing. – 1987. – Т. 37, №1. – P. 54-115. [https://doi.org/10.1016/S0734-189X\(87\)80014-2](https://doi.org/10.1016/S0734-189X(87)80014-2)
8. Chollet F. Deep Learning with Python. Second Edition. – Manning, 2021. – 503 p.
9. Schmidhuber J. Deep learning in neural networks: An overview // Neural networks. – 2015. – Т. 61. – P. 85-117. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003>
10. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. 3rd Edition. – O'Reilly Media, 2022. – 861 p.
11. França R. P. et al. An overview of deep learning in big data, image, and signal processing in the modern digital age // in: Trends in deep learning methodologies. – 2021. – P. 63-87. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822226-3.00003-9>
12. Applications of Parallel Computers. Berkeley EECS. [Electronic resource]. URL: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Courses/CSC267/> (date of access 10.01.2024)
13. Moiseeva N.A. Osobennosti podgotovki budushih inzhenerov tehnikeskogo profilia k primeneniю iskusstvennogo intellekta v oblasti geoinformatiki [Features of the training of future technical engineers for the use of artificial intelligence in the field of geoinformatics] // Informatika i obrazovanie. – 2025. – Т. 40, №5. – S. 37-48. [in Russian]
14. Jumaah H. et al. Development of GIS-based box model tool for air quality mapping with Python and ArcGIS Pro in Kirkuk City, Iraq // International Journal of Engineering and Geosciences. – 2026. – Т. 11, №1. – P. 212-225.

## Effective Methods of Teaching Geographic Information Systems Using a Supercomputer

**Abstract.** Currently, the growing volume of processing and analysis of large-scale geospatial data requires the use of high-performance computing resources. The application of supercomputers and parallel computing clusters in machine learning, which is a field of artificial intelligence, enables complex modeling, parallel processing of large-scale data, and forecasting. The integration of machine learning methods into geographic information systems (GIS) contributes to the effective solution of tasks such as natural resource management, environmental monitoring, urban planning, and disaster prediction. This article examines the importance of using parallel computing clusters and supercomputers in the development of geographic information systems. During the study, the efficiency of using the PARAMBILIM-2 supercomputer was evaluated using quantitative indicators, and the results showed that the computation time was reduced by several thousand times. These results demonstrate that the use of supercomputers not only increases computational speed but also significantly enhances the efficiency of geospatial analysis and machine learning. As a result, the application of supercomputers and parallel computing clusters in GIS education creates opportunities for innovative applied research and project development. The effectiveness of training was determined by the level of practical skills acquired by students through project-based learning, as well as by the examination grades obtained upon completion of the course.

**Keywords:** GIS, artificial intelligence, parallel computing, parallel computing cluster, supercomputer, machine learning, ArcGIS, Python,

## Эффективные методы обучения геоинформационной системы с использованием суперкомпьютера

**Аннотация.** В настоящее время рост объёмов обработки и анализа масштабных геопространственных данных требует применения высокопроизводительных вычислительных ресурсов. Применение суперкомпьютеров и кластеров параллельных вычислений в машинном обучении, являющемся областью искусственного интеллекта, позволяет реализовывать сложное моделирование, параллельную обработку больших данных и прогнозирование. Внедрение методов машинного обучения в сферу геоинформационных систем (ГИС) способствует эффективному решению задач управления природными ресурсами, экологического мониторинга, градостроительного планирования и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. В статье рассматривается значимость применения суперкомпьютеров и кластеров параллельных вычислений при создании геоинформационных систем. В ходе исследования эффективность использования суперкомпьютера PARAMBILIM-2 была оценена с помощью количественных показателей, в результате чего было установлено, что время выполнения вычислений сократилось в несколько тысяч раз. Полученные результаты подтверждают, что применение суперкомпьютеров не только значительно повышает скорость вычислений, но и существенно улучшает эффективность геоинформационного анализа и методов машинного обучения. В результате использование суперкомпьютеров и кластеров параллельных вычислений в обучении ГИС открывает возможности для проведения инновационных прикладных исследований и разработки проектов. Эффективность обучения определялась уровнем освоения обучающимися практических навыков на основе проектной деятельности, а также экзаменационными оценками, полученными по итогам обучения.

**Ключевые слова:** ГИС, искусственный интеллект, параллельные вычисления, кластер параллельных вычислений, суперкомпьютер, машинное обучение, ArcGIS, Python,

### Авторлар туралы мәлімет

**Қадірбек А.** – PhD, аға оқытушы, Қ. Жұбанов ат. Ақтөбе өңірлік университеті, e-mail: aknur-kadirbek@mail.ru, Қазақстан, Ақтөбе қ.

**Карелхан Н.** – корреспондент автор, PhD, қауымдастырылған профессор, Л.Н. Гумилев ат. Еуразия ұлттық университеті, e-mail: knursaule@mail.ru, Қазақстан, Астана қ.

**Зандыбай А.** – биология ғылымдарының кандидаты, профессор, Л.Н. Гумилев ат. Еуразия ұлттық университеті, e-mail: zandybai\_a@enu.kz, Қазақстан, Астана қ.

**Information about the authors**

**Kadirbek A.** – PhD, Senior Lecturer, K. Zhubanov Aktobe Regional University, e-mail: aknur-kadirbek@mail.ru, Kazakhstan, Aktobe.

**Karelhan N.** – The corresponding author, PhD, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, e-mail: knursaule@mail.ru, Kazakhstan, Astana.

**Zandybay A.** – Candidate of Biological Sciences, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, e-mail: zandybai\_a@enu.kz, Kazakhstan, Astana.

**Сведения об авторах**

**Қадірбек А.** – PhD, старший преподаватель, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, e-mail: aknur-kadirbek@mail.ru, Казахстан, г. Актөбе.

**Карелхан Н.** – автор-корреспондент, PhD, ассоциированный профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, e-mail: knursaule@mail.ru, Казахстан, г. Астана.

**Зандыбай А.** – кандидат биологических наук, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, e-mail: zandybai\_a@enu.kz, Казахстан, г. Астана.