

5. Царук О.В. Статистичне прогнозування державного боргу України на основі процесів Бокса-Дженкінса / О.В. Царук // Проблеми статистики : зб. наук. праць. – 2007. – Вип. 8. – С. 247–253.

6. Соловьева Ю.С. Моделирование экономических процессов с применением нейросетевых технологий / Ю.С. Соловьева, Т.И. Грекова // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 1(6). – С. 49–59.

7. Савченко Є.А. Застосування МГУА для прогнозування індексу розвитку людського потенціалу України / Є.А. Савченко, А.Г. Кондирівна, О.В. Директоренко // Індуктивне моделювання складних систем. – 2011. – № 3. – С. 183–190.

8. Горкуненко А.Б. Порівняльний аналіз математичних моделей циклічних економічних процесів в інформаційних системах підтримки прийняття економічних рішень / А.Б. Горкуненко, С.А. Лупенко, Г.М. Осухівська // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.5. – С. 345–351.

9. Горкуненко А.Б. Математичне моделювання та статистичний сумісний аналіз взаємопов'язаних економічних циклічних процесів / А.Б. Горкуненко, А.М. Луцків, С.А. Лупенко // Вісник Хмельницького національного університету. – Сер.: Технічні науки. – Хмельницький. – 2011. – № 1. – С. 137–143.

Горкуненко А.Б., Лупенко С.А. Обоснование диагностических и прогностических признаков в информационных системах анализа и прогнозирования циклических экономических процессов

Обоснованы диагностические и прогностические признаки в информационных системах анализа и прогнозирования циклических экономических процессов на базе теории циклических случайных функций, что позволило обеспечить минимальность по объему и полноте по информативности диагностических и прогностических признаков, по которым осуществляется оценка, диагностика и прогнозирование состояния исследуемых экономических процессов в системах поддержки принятия экономических решений.

Ключевые слова: анализ, прогнозирование, циклический экономический процесс, диагностические и прогностические признаки.

Horkunenko A.B., Lupenko S.A. Justification of diagnostic and prognostic features in information systems of analysis and forecasting of cyclical economic processes.

Diagnostic and prognostic features in information systems of analysis and forecasting of cyclical economic processes based on the theory of cyclic random functions are proved, which allowed us to provide minimal volume and fullness of informative diagnostic and prognostic features, which provide evaluation, diagnosis and prognosis of economic processes subjects in support systems of economic decision making.

Keywords: analysis, forecasting, cyclical economic process, diagnostic and prognostic features.

УДК 004.272

Аспір. Г.В. Поліщук; проф. С.А. Лупенко, д-р техн. наук; доц. А.М. Луцків, канд. техн. наук – Тернопільський НТУ

ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАДАЧ БІОМЕТРІЇ

Зроблено аналіз та обґрунтування сучасних доступних програмно-апаратних засобів для задач біометрії. Сформовано вимоги до високопродуктивної обчислювальної системи для біометричних задач. Розроблено проект кластерної системи для біометричних досліджень, виходячи з критеріїв гнучкості, доступності, функціональності та простоти розробки.

Ключові слова: біометрія, високопродуктивні обчислення, обчислювальні кластери, GPU.

На сьогодні біометрію широко застосовують у таких галузях, як медицина та інформаційна безпека. Основними її задачами є планування спостережень фізичних властивостей біологічних об'єктів та оброблення отриманих результатів досліджень за допомогою математичних методів.

Досить широкого застосування біометрія набула в галузі комп'ютерної безпеки. Біометричні методи аутентифікації, дають змогу обмежити доступ до конфіденційної інформації та матеріальних цінностей завдяки статичним (відбитки пальців, райдужна оболонка ока, риси обличчя, геометрія долоні) або динамічним (підпис, хода, динаміка мовлення) біометричним ознакам людини.

У медичній галузі для біометрії використовують показники життєдіяльності організму пацієнта. Об'єм таких даних постійно зростає і використовується для діагностики та терапії. Основним завданням медичної біометрії є підвищення якості обслуговування пацієнтів шляхом нагромадження, уніфікації та аналізу біометричних даних. Також у медичній біометрії актуальними є задачі електронного навчання лікарів, популяційних досліджень та створення систем підтримки прийняття медичних рішень, що становить основу телемедицини та веб-орієнтованої охорони здоров'я.

Тому доцільним є створення багатофункціональної, гнучкої за можливостями використання різних методів біометрії для різних даних, високошвидкісної апаратно-програмної системи, яка була б доступною за ціною та простою з точки зору реалізації конкретних цілей.

Метою роботи є обґрунтування вибору програмно-апаратних засобів комп'ютерної системи для опрацювання біометричних даних з використанням розподілених обчислень.

Вимоги до комп'ютерної біометричної системи. Під біометричною системою можна вважати автоматизовану систему, що здатна отримувати з сенсорів дані про користувача, опрацювати отримані дані, виділяти інформативні ознаки з опрацьованих даних, а у випадку біометричної аутентифікації порівнювати отримані ознаки з біометричними еталонами й визначати ступінь їх подібності [1]. Для випадку біометричної діагностики система повинна забезпечувати можливість відбору, опрацювання, аналізу і прогнозування фізичного та психологічного стану пацієнтів за їх біометричними (зокрема циклічними) сигналами.

Вимоги до біометричних систем [2]:

1. Стабільність (система повинна розрізняти користувачів незалежно від змін у зовнішності);
2. Масштабованість (система повинна мати можливість накопичення ресурсів без значних змін у її архітектурі);
3. Зручність у використанні (зручний інтерфейс для керування системою та роботи з даними);
4. Відкритість (програмне забезпечення та алгоритми роботи системи повинні бути відкритими);
5. Нечутливість до змін у зовнішньому середовищі (зміни температури, вологості, освітлення тощо не повинні викликати збоїв роботи системи)
6. Захищеність даних;

7. Технічна підтримка;
9. Неінвазивність;
10. Якість отриманих даних (система повинна забезпечувати точність та достовірність отриманих даних);
11. Інтегрованість (інтероперабельність та інтегрування в інші системи);
12. Вартість.

У загальному випадку біометрична система може бути представлена таким чином (рис. 1).

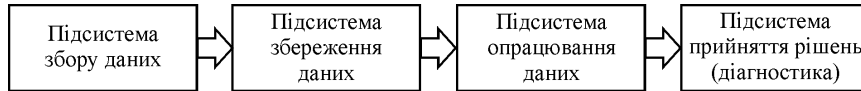


Рис. 1. Загальна структурна схема біометричної системи

У разі збільшення кількості користувачів біометричної системи, навантаження на всі підсистеми зростає, що призводить до збільшення затримок у її роботі, а при проведенні діагностики та терапії час опрацювання даних є критичним. Тому під час проектування біометричної системи необхідно врахувати параметри швидкодії процесора чи процесорів, об'єм оперативної та дискової пам'яті і швидкість доступу до неї.

Одним із критеріїв вибору програмної платформи біометричної системи є зручність розробки для неї програмного забезпечення, наявність інструментальних засобів: утиліт та вихідного коду відповідних утиліт, біометричних бібліотек з реалізованими алгоритмами опрацювання та підтримкою відповідних форматів даних. Також потрібно врахувати критерій зручності супроводу системи, який визначається документованістю, доступністю і відкритістю її компонент.

Основними критеріями для обґрунтування вибору апаратних засобів системи біометрії з точки зору опрацювання даних є: 1) швидкодія процесорів та доступний їм об'єм пам'яті; 2) швидкість доступу та латентність при доступі до оперативної та дискової пам'яті (на одному вузлі та в системах з розподіленою пам'яттю); 3) універсальність системи; 4) зручність розробки програмного забезпечення для біометрії; 5) зручність супроводу системи; 6) вартість апаратних та програмних компонент системи. Здійснимо обґрунтування апаратно-програмного комплексу паралельних обчислень для реалізації методів біометрії з урахуванням наведених критеріїв.

Огляд та обґрунтування апаратних засобів паралельних обчислень для задач біометрії. Досить поширеною технологією паралельних обчислень є GPGPU (General-Purpose computation on Graphic Processor Unit), що використовує для обчислень графічні процесори відеокарт. Однією з таких програмно-апаратних архітектур є CUDA (Compute Unified Device Architecture), розроблена компанією nVIDIA. Обчислювальні можливості мають не лише спеціалізовані плати, типу nVidia Tesla GPU Modules [3], але і звичайні відеокарти nVidia, які можуть бути використані як пристрої для обчислень. Альтернативною технологією CUDA від компанії AMD є APP SDK (Accelerated Parallel Processing Software Development Kit). Проте з метою забезпечення універсальності створюваного ПЗ доцільно скористатись технологією

OpenCL. Використання графічних процесорів набуло широкого застосування в біометрії [4, 5]. Графічні карти є багатоядерними та підтримують багатопотоковість, а також є доступними за ціною, однак вимагають від розробників біометричних систем ґрунтовної підготовки для написання відповідного програмного забезпечення.

Іншою технологією паралельних та розподілених обчислень є FPGA (Field-Programmable Gate Array) – програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС). Порівняно з GPU, ПЛІС є дорожчою та передбачає теоретичні знання та практичні навички в апаратному забезпеченні, однак, як показує досвід [13], дає змогу досягти значної продуктивності. Виробники намагаються подолати труднощі розробки програм, створюючи високорівневі мови програмування (DIME-C, Mitrion-C, Handel-C), проте в більшості випадків вони є залежними або від обладнання, або від виробника, а також у разі їх застосування втрачається продуктивність порівняно з методом програмування на базі VHDL-описів. До переваг ПЛІС можна віднести високу енергоефективність та можливість зміни архітектури обчислювальної системи. Їх використання є доцільним за значних інформаційних потоків, а також під час оброблення даних у режимі реального часу.

Ефективним при опрацюванні сигналів є цифрові сигнальні процесори (DSP-Digital Signal Processor), які є орієнтовані на типи даних з фіксованою та плаваючою комою та показують хороші результати при їх опрацюванні. Системи на основі таких процесорів використовують у медицині, опрацюванні звуку, зображення та мультимедійних даних. DSP-процесори є швидшими при опрацюванні цифрових сигналів та більш енергоефективними порівняно з CPU, мають високу пропускну здатність, але не є універсальними.

Найбільш доступними на сьогодні апаратними платформами для високопродуктивних обчислень є кластерні системи. Вони передбачають об'єднання високошвидкісними каналами зв'язку обчислювальних машин, що здатні працювати автономно для вирішення ресурсоемких задач.

"Вузьким місцем" кластерних систем з розподіленою пам'яттю, є комунікаційне середовище (мережа). Існує ряд технологій для високошвидкісної передачі даних по мережі, зокрема InfiniBand, SCI, 10Gigabit Ethernet тощо. Однак такі технології є достатньо вартісними. При організації кластера з точки зору доступності, потрібно розглядати стандарти передачі даних з пропускну здатністю 1 Гб/с (Gigabit Ethernet). На базі цього стандарту можна створити обчислювальну та сервісну мережі. Недоліком такої мережі є висока латентність, однак перевагою є доступна ціна.

Для організації високопродуктивної паралельної розподіленої комп'ютерної системи (ПРКС) є доцільним використання кластерної технології з SMP-вузлами. Як CPU варто використати багатоядерні процесори AMD Phenom II X4 980, що є досить слушно з точки зору співвідношення "ціна/продуктивність". При виборі графічних процесорів для роботи з цифровими сигналами потрібно врахувати підтримку форматів даних з плаваючою крапкою (float, double). Відеокарти nVidia серії Tesla C2xxx, GTX 4xx, GTX 5xx, GTX 6xx, а також деякі відеокарти серії Quadro підтримують формат даних як з одинарною, так і з подвійною точністю згідно з [11] (compute capability 2.0).

Оскільки більшість медичних закладів перебуває на державному фінансуванні то придбати нове спеціалізоване обладнання nVidia є досить проблематично, то вибір GTX 465 є цілком прийнятним як з точки зору ціни, так і з точки зору підтримки форматів даних. Мережу потрібно розгортати на базі Gigabit Ethernet. Під час розробляння програмного забезпечення потрібно врахувати значні затримки при міжвузловій взаємодії, тобто варто мінімізувати обмін даними між обчислювальними елементами, а першим кроком модернізації ПРСК буде зміна комунікаційного інтерфейсу. Основні розрахунки треба здійснювати на обчислювальних ядрах GPU. Така конфігурація буде достатньо продуктивною та недорогою, за рахунок використання процесорів AMD Phenom, відеокарт nVidia GTX 465, які реалізують сучасну архітектуру Fermi (Compute capability: 2.0), та середовища обміну даними Gigabit Ethernet [7]. Використання цієї конфігурації апаратного забезпечення уможливить доступність, достатню продуктивність, гнучкість і зручність розв'язання біометричних задач.

Актуальним питанням в області біометрії, а зокрема в медичній галузі, є застосування грид-технологій. Впровадження єдиної електронної системи з використанням програмно-апаратних засобів грид-середовища дасть змогу проводити популяційні дослідження, навчання спеціалістів, розробку систем підтримки прийняття рішень, тестування та порівняння діагностичних методів. В Україні одним із таких проектів є "Медична Грид-система для популяційних досліджень у галузі кардіології на базі даних електрокардіограм" [12]. Однак є низка проблем, пов'язаних із впровадженням грид, а саме неоднорідність стандартів збереження даних та високі вимоги до пропускних здатностей мережевої інфраструктури, також брак фінансування та мала кількість спеціалістів у галузі [10].

Огляд та обґрунтування програмних засобів паралельних обчислень для біометрії. Вагомим фактором, що визначає гнучкість і доступність системи біометричних досліджень, є використання вільного відкритого програмного забезпечення [6]: прикладного та системного, а також засобів його розробки. Також у виборі операційної системи ПРСК для біометричних досліджень потрібно врахувати критерії підтримки нею апаратного забезпечення, зокрема процесора (процесорів/ядер) і пам'яті, системної плати, мережевих адаптерів, спеціалізованих відеокарт з підтримкою GPGPU та технології паралельних та розподілених обчислень. У більшості випадків, для побудови кластерних систем використовують різні дистрибутиви GNU/Linux, оскільки вони є відкритими і безкоштовними, а також підтримують апаратні засоби ПРСК. У ролі програмних засобів доцільно використати безкоштовний компілятор – GCC, а також інші засоби розробки проекту GNU.

Для проведення досліджень можна скористатись засобами розробки компанії Intel: безкоштовною версією компілятора Intel C/C++ та спеціалізованою бібліотекою Intel Math Kernel Library (MKL), що є оптимізованою для додатків максимальної продуктивності та включає швидке перетворення Фур'є. Однак надалі доцільно використовувати відкриті бібліотеки для роботи з сигналами, такі як fftw (Fastest Fourier Transform in the West), vsipl (Vector Signal and Image Processing Library), GNU Scientific Library та інші.

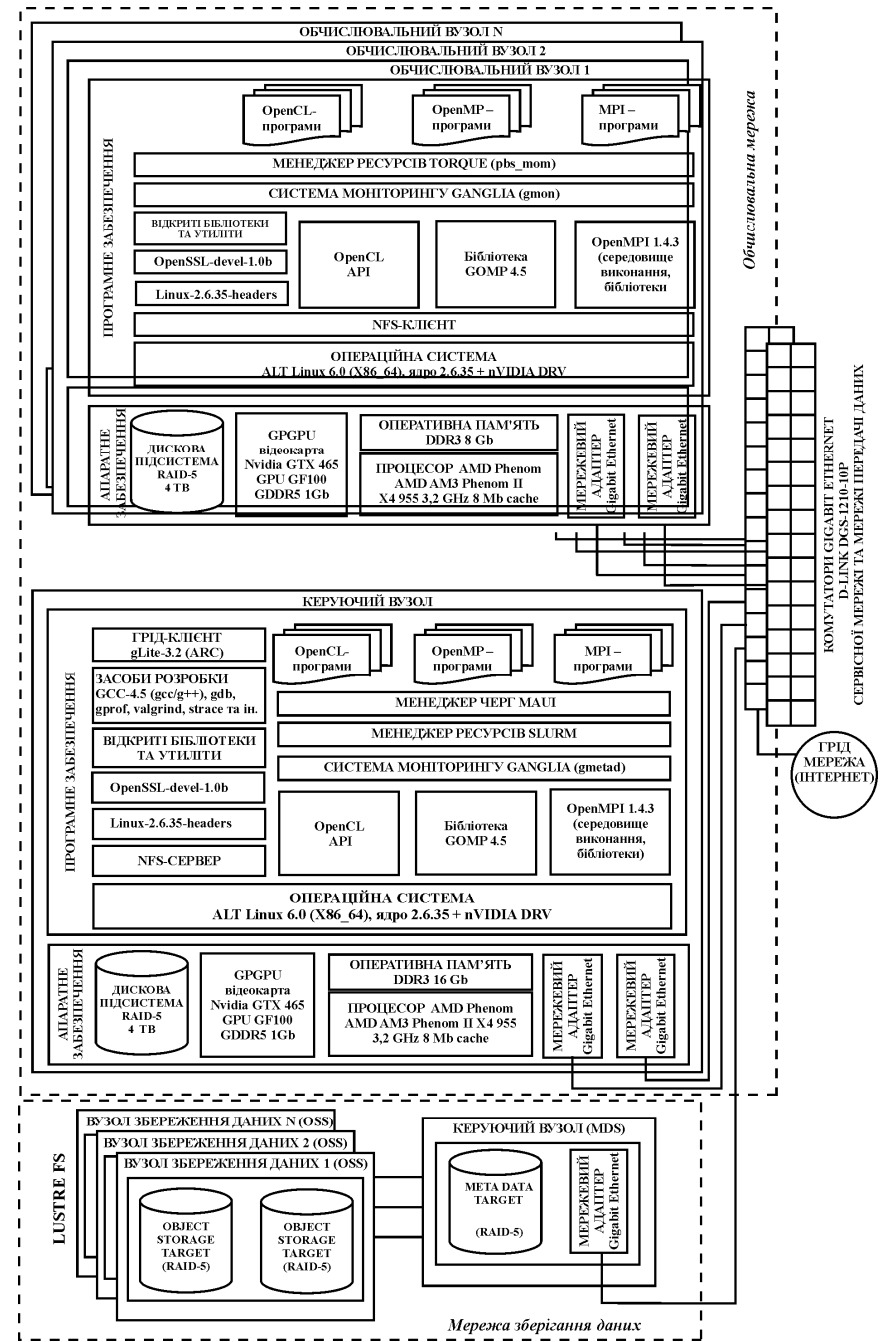


Рис. 2. Архітектура обчислювального кластера

Для програмування на окремих обчислювальних вузлах, де розпаралелення відбувається в межах декількох ядер одного процесора, варто використовувати програмний інтерфейс OpenMP, що підтримується мовами C/C++ та Fortran, для міжвузлової взаємодії доцільно використати програмний інтерфейс MPI, що є відкритим та забезпечує ефективну взаємодію між процесорами, а для програмування відеокарт з підтримкою GPU фірми nVidia – OpenCL (Open Computing Language), що є відкритою та кросплатформеною і дає змогу використовувати апаратне забезпечення з підтримкою GPGPU різних виробників.

Для керування кластером доцільно використовувати систему пакетної оброблення завдань – SLURM, менеджер черг Maui та систему веб-моніторингу Ganglia. Для забезпечення зручного керування кластером варто скористатись програмним засобом SCMS-EMI [9]. Для проміжного програмного забезпечення (middleware) при підключенні до грид-мережі УНГ (Український національний грид), що є частиною міжнародного об'єднання NorduGrid [8], варто використати ARC (Advanced Resource Connector), однак при співпраці з європейськими установами варто використовувати gLite, що є основним стандартним проміжним програмним забезпеченням (European Grid Infrastructure) [10].

На думку авторів бажано, щоб програмне забезпечення кластерної системи було безкоштовним, а також відкритим і розповсюджується під ліцензіями BSD та GPL [6].

Архітектура кластерної системи. У роботі [7] запропоновано архітектуру обчислювального кластера для задач криптоаналізу, що використовує більшість засобів паралельних і розподілених обчислень, а також обґрунтовано використання дистрибутиву ALTLinux для побудови високопродуктивної обчислювальної системи. Кластер повинен забезпечувати безперервний доступ до ресурсів, а його швидкодія бути достатньою для вирішуваних задач. Також біометрія передбачає проведення популяційних досліджень, які оперують великими та розподіленими обсягами даних, тому доцільно скористатись розподіленими файловими системами, а саме Lustre FS, що дасть змогу балансувати навантаження при доступі до даних, резервувати дані, зменшити загальну вартість сховища за рахунок використання типових комп'ютерів і недорогих жорстких дисків та нагромадити значний об'єм інформації.

Висновок. Отже, сформовано вимоги для високопродуктивного апаратно-програмного комплексу для розв'язання задач біометрії у паралельних та розподілених комп'ютерних системах. Здійснено вибір і обґрунтування доступних програмно-апаратних засобів для біометричних систем, які характеризуються гнучкістю, багатofункціональністю та доступністю за ціною.

Література

1. Романов В.О. Технології аутентифікації особи за біометричними характеристиками / В.О. Романов, І.Б. Галелюка, П.С. Ключан // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2010. – № 9. – С. 54-61.

2. Dunstone T Biometric System and Data Analysis Design, Evaluation, and Data Mining / T. Dunstone, N. Yager // Eveleigh, NSW, Australia – Springer Science+Business Media LLC., 2009. – 267 p.

3. Боресков А.В. Основы работы с технологией CUDA / А.В. Боресков, А.А. Харламов. – СПб. : ДМК Пресс, 2010. – 230 с.

4. Broussard R.P. Accelerating Image Based Scientific Applications using Commodity Video Graphics Adapters / R.P. Broussard, R.W. Ives // Systems Engineering Department / U.S. Naval Academy Annapolis, MD 21402, USA.

5. Bağ S. Human Re-identification System On Highly Parallel GPU and CPU Architectures / S. Bağ, K. Kurowski, K. Napierała // Multimedia Communications, Services and Security 149 (2011).

6. Бойко І. Відкрите програмне забезпечення для розробки інформаційних систем: порівняльний аналіз і перспективи розвитку в Україні / І. Бойко, С. Лупенко, А. Луцків // Комп'ютеринг / Тернопільська академія народного господарства. – Тернопіль. – 2005. – Т. 4, вип. 1. – С. 99-106.

7. Загородна Н.В. Обґрунтування вибору доступних програмно-апаратних засобів високопродуктивних обчислювальних систем для задач криптоаналізу / Н.В. Загородна, С.А. Лупенко, А.М. Луцків // Електроніка та системи управління / Національний авіаційний університет. – К. : Вид-во НАУ. – 2011. – № 1(27). – С. 42-50.

8. Мартинов С. Український Національний Грид – учасник міжнародного об'єднання NorduGrid / С. Мартинов, О. Смірнова // Вісник НАН України, 2011. – № 12. – С. 30.

9. Supercomputer Management System. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.scms.pro/>.

10. Мартынов Е.С. Развитие Грид-инфраструктуры в Украине. Состояние и проблемы / Е.С. Мартынов // Кластерні обчислення : матер. Міжнар. конф. – К. : Вид-во Ін-ту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2012. – С. 231-234.

11. IEEE 754-2008. IEEE 754-2008 Standard for Floating-Point Arithmetic. August, 2008.

12. Проект "Медична Грид-система для популяційних досліджень в галузі кардіології на базі даних електрокардіограм". [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.medgrid.immsp.kiev.ua/>.

13. Sundararajan P. High Performance Computing Using FPGAs // Xilinx, Tech. Rep. – 2010. – Pp. 23-29.

Полищук Г.В., Лупенко С.А., Луцків А.М. Программно-аппаратные средства высокопроизводительных вычислительных систем для задач биометрии

Проведены анализ и обоснование современных доступных программно-аппаратных средств для задач биометрии. Сформированы требования к высокопроизводительной вычислительной системе для биометрических задач. Разработан проект кластерной системы для биометрических исследований исходя из критериев гибкости, доступности, функциональности и простоты разработки

Ключевые слова: биометрия, высокопроизводительные вычисления, вычислительные кластеры, GPU.

Polishchuk G.V., Lupenko S.A., Lutskiv A.M. Software and hardware components for high-performance compute system for biometric tasks

The article deals with the analysis and substantiation of modern low cost hardware and software tools for biometric problems. Requirements for high-performance computing systems for biometric tasks are formed. The design of cluster system for biometric research based on the criteria of flexibility, availability, functionality and ease of development is developed.

Keywords: biometry, high performance computing, computing clusters, GPU.