

UOT: 004,33,65.

SUPERKOMPÜTER MƏRKƏZLƏRİNİN FƏALİYYƏTİNİN SƏMƏRƏLİ VƏ KOORDİNASİYALI TƏNZİMLƏNMƏSİ

dos. s.e.ü.f.d. Manaf M. Bağırzadə

Azərbaycan Respublikasının İqtisadiyyat Nazirliyinin İqtisadi Elmi Tədqiqat İnstitutu

Rəqəmsal iqtisadiyyat və innovasiyalar şöbəsi

Şöbə müdiri

manaf.baghirzade@esri.gov.az

Nihalə F. Musazadə

Azərbaycan Respublikasının İqtisadiyyat Nazirliyinin İqtisadi Elmi Tədqiqat İnstitutu

Rəqəmsal iqtisadiyyat və innovasiyalar şöbəsi

Elmi işçi

nihala.musazada@esri.gov.az

Xülasə. Son illərdə superkompüter mərkəzlərinin səmərəliliyi, enerji sərfiyyatı və koordinasiya problemlərinin həlli aktualıq qazanaraq arxitektura layihələndirmə, insan resursları, hesablama modelləri, informasiya menecment sistemləri və inzibati idarəetmə kimi sahəvi tələblərin meydana gəlməsinə səbəb olmuşdur. Məqalədə superkompüter mərkəzlərinin səmərəliliyinə təsir edən problemlər nəzərə alınaraq, superkompüterlərin inkişaf tarixi, mərkəzlərin subyektləri, obyektləri və fəaliyyət elementləri analiz edilmişdir. Superkompüter mərkəzlərinin səmərəli və koordinasiyalı fəaliyyətinin təmin edilməsi üçün mərkəzin subyektləri arasında idarələşmənin əhəmiyyətli rol oynadığı nəticəsinə gəlinmişdir. Tədqiqat nəticəsində mərkəzlərin səmərəli fəaliyyətinin təşkili üçün təkliflər hazırlanmışdır.

Açar sözlər: Superkompüter, Rəqəmsal iqtisadiyyat, Məlumat mərkəzi, İdarələşmə, Səmərəlilik, Virtual iş məkanı.

EFFICIENT AND COORDINATED REGULATION OF SUPERCOMPUTER CENTERS' ACTIVITIES

Assoc. Prof. Dr. Manaf M. Bagirzade

Economic Scientific Research Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Azerbaijan

Digital Economy and Innovations Department

Head of Department

manaf.baghirzade@esri.gov.az

Nihala F. Musazade

Economic Scientific Research Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Azerbaijan

Digital Economy and Innovations Department

Researcher

nihala.musazada@esri.gov.az

Abstract. In recent years, the efficiency of supercomputer centers, energy consumption, and the resolution of coordination issues have gained increasing relevance, leading to the emergence of sector-specific requirements such as architectural design, human resources management, computational models, information management systems, and administrative governance. This article analyzes the historical development of supercomputers, the actors, infrastructure, and operational components of supercomputer centers, taking into account the challenges that affect their efficiency. The study concludes that effective coordination and management among the stakeholders of a supercomputer center play a crucial role in ensuring efficient and sustainable operations. Based on the findings, the paper proposes recommendations for organizing the efficient functioning of such centers.

Keywords: Supercomputer, Digital Economy, Data Center, Governance, Efficiency, Virtual Workspace.

ЭФФЕКТИВНОЕ И СКООРДИНИРОВАННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ЦЕНТРОВ

Доц. Профессор. Доктор Манаф М. Багирзаде

*Экономический научно-исследовательский институт Министерства экономики
Азербайджанской Республики*

Кафедра цифровой экономики и инноваций

Начальник отдела

manaf.baghirzade@esri.gov.az

Нихала Ф. Мусазаде

*Экономический научно-исследовательский институт Министерства экономики
Азербайджанской Республики*

Кафедра цифровой экономики и инноваций

Исследователь

nihala.musazada@esri.gov.az

Резюме. В последние годы эффективность суперкомпьютерных центров, потребление энергии и решение проблем координации приобрели актуальность, что привело к появлению специфических требований в таких областях, как проектирование архитектуры, управление человеческими ресурсами, вычислительные модели, информационные системы управления и административное управление. В статье рассматриваются проблемы, влияющие на эффективность суперкомпьютерных центров, а также анализируется история развития суперкомпьютеров, субъекты, объекты и элементы деятельности центров. Сделан вывод, что участие в управлении среди субъектов центров играет важную роль в обеспечении эффективной и координированной деятельности. В результате исследования были подготовлены предложения по организации эффективной работы центров.

Ключевые слова: Суперкомпьютер, Цифровая экономика, Центр данных, Участие в управлении, Эффективность, Виртуальное рабочее пространство.

GİRİŞ

Qloballaşan dünyada informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı ilə birlikdə yüksək hesablama gücünə olan tələbat da gündən-günə artır. Bu tələbatı ödəmək məqsədilə yaradılan superkompüterlər artıq təkcə elmi tədqiqatların deyil, həmçinin sənaye, səhiyyə, iqtisadiyyat, müdafiə və enerji sahələrinin ayrılmaz bir hissəsinə çevrilmişdir.

Bu məqalədə, superkompüter mərkəzlərinin fəaliyyətinin səmərəli və koordinasiyalı fəaliyyətinin təşkilindəki vacib amilləri təyin etmək üçün, superkompüter mərkəzlərinin subyektləri, obyektləri, onların tarixi inkişaf mərhələləri, texnoloji xüsusiyyətləri və idarəetmə mexanizmləri ətraflı şəkildə təhlil olunmaqdadır. Eyni zamanda, superkompüterlərin iqtisadi və strateji əhəmiyyəti, enerji və xərc idarəetməsi ilə bağlı çağırışlar və həll yolları analiz edilmişdir.

Superkompüter mərkəzlərinin səmərəliliyi ilə bağlı aparılmış tədqiqatlar enerji istehlakının optimallaşdırılması, hesablama resurslarının effektiv istifadəsi və əməliyyat xərclərinin azaldılması istiqamətində cəmlənmişdir. Bu sahədə aparıcı tədqiqatçılardan Chen, H., Cheng, W. L., Zhang, Lambiaso, D., Brendamour, Feng, W. C. və Archuleta, J. S. kimi alimlər superkompüter sistemlərinin performans və enerji balansını təhlil etmişlər. Eyni zamanda, Kiselev, E. A., Telegin, P. N. və Shabanov, B. M. tərəfindən enerji səmərəliliyini artırmaq üçün yeni planlaşdırma yanaşmaları işlənib hazırlanmışdır. Andersen, A. isə superkompüter infrastrukturunun ümumi səmərəlilik göstəricilərini təhlil etmişdir. Bu tədqiqatlar, yüksək performanslı hesablama mərkəzlərinin daha effektiv və davamlı şəkildə idarə olunmasına töhfə verir.

Məqalədə Azərbaycanın bu sahədə mövcud potensialı və gələcək inkişaf perspektivləri də diqqət mərkəzində saxlanılır. Dünyada elmi və texnoloji inkişafın sürətinin artması ilə yanaşı, böyük həcmli məlumatların emalı və çevik qərarların qəbul edilməsi sahələrində tələbat da artmaqdadır. Azərbaycanın da bu sürətlə inkişaf edən texnoloji cərəyanlara uyğunlaşması və müasir rəqəmsal iqtisadiyyatın qurulması məqsədilə "Superkompüter Mərkəzi"nin yaradılması olduqca vacibdir.

Superkompüterlərin istifadəsi, ölkənin iqtisadiyyatının müxtəlif sahələrində böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məsələn, Azərbaycanın neft və qaz siyasətində, makro- iqtisadiyyat, iqlim dəyişikliyi və süni intellekt sahələrində superkompüterlərin tətbiqi, daha dəqiq və effektiv qərarların qəbul edilməsini

təmin edə bilər. Bu, həm də elmi tədqiqatları sürətləndirə və müasir texnologiyaların inkişafını dəstəkləyə bilər.

"Superkompüter Mərkəzi"nin qurulması ölkədə yeni mütəxəssislərin hazırlanması, bilik transferinin təşviqi və milli kadr potensialının gücləndirilməsi sahəsində mühüm imkanlar yaradacaqdır. Azərbaycanda bu sahədə kadr hazırlığı, ali təhsil müəssisələrində ixtisaslaşmış proqramların tətbiqi və bir sıra yerli və beynəlxalq təlimlərlə ilə həyata keçirilə bilər. Bu da ölkənin rəqəmsal iqtisadiyyatını inkişaf etdirərək, beynəlxalq miqyasda daha rəqabətqabiliyyətli etməyə imkan verəcəkdir.

Tədqiqatın məqsədi, superkompüter mərkəzlərinin fəaliyyətində rast gəlinən real çətinliklərə nəzər almaqla, onların texnoloji və təşkilati baxımdan necə daha səmərəli və dayanıqlı şəkildə fəaliyyət göstərə biləcəyini müəyyən etməkdir. Bu yanaşma vasitəsilə həm global təcrübəyə əsaslanan təkliflər irəli sürülür, həm də yerli kontekstə uyğun inkişaf istiqamətləri təqdim olunur.

SUPERKOMPÜTERLƏRİN TARİXİ

Superkompüter gündəlik yaşamda geniş tətbiq olunması hal-hazırda nəzəriyyə və laboratoriya tədqiqatları ilə yanaşı, elmi və mühəndislik sahələrində irəliləyişin əsas amillərdən biridir [10]. Superkompüterlər böyük həcmdə məlumatla əməliyyat aparmağa və elmin müxtəlif sahələrində simulyasiya proqramlarını tətbiq etməyə imkan verir. Bu infrastrukturlarla əlçatanlığı asanlaşdırmaq və innovativ sistemlərin səmərəli işləməsini təşviq etmək üçün Superkompüter Mərkəzləri yaradılmışdır [25]. Bu mərkəzlər elmi və texnologiya sahələri ilə əlaqəli yeni nəsil peşəkarları, təşkilat və idarəetmə modellərini tələb edir [4]. Superkompüter sahəsinə qoyulan sərmayələr iqtisadiyyatın məhsuldarlığının artımına müsbət təsir göstərir, keyfiyyətin, yeniliyin və rəqabətqabiliyyətliliyinin inkişafını təmin edir [8].

Superkompüterlərin tarixi 1943-cü ilə qədər gedib çıxır. Həmin dövrdə dünyanın ilk superkompüterini hesab olunan "Colossus" adlı maşın təqdim edildi. Bu sistem Böyük Britaniyada, mühəndis Tommy Flowers tərəfindən dizayn edilmişdir [18]. Colossusun məqsədi II Dünya Müharibəsi vaxtı düşmənlərin, xüsusilə də Almaniyanın şifrəli mesajlarının ifşa etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur [24]. Eyni ildə, ABŞ-da dövrün ən böyük superkompüterlərindən olan Elektronik Rəqəmsal İnteqral Hesaplayıcı- Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) yaradılmışdır [20]. 1946-cı ildə Kembric Universitetində Maurice Wilkes tərəfindən Elektron Gecikmə Saxlama Avtomatik Kalkulyatoru- "Electronic Delay Storage Automatic Calculator" (EDSAC) adlı kompüter yaradıldı. Bu kompüter ümumi istifadə üçün nəzərdə tutulmuş ilk proqramlı kompüter idi, eyni zamanda dünyanın ilk tam rəqəmsal, elektron və yaddaşda proqram saxlayan kompüterini hesab olunur [31]. Həmin dövrdə istifadə olunan arxitektura "Con Von Neumann arxitekturası" olaraq tanınır və hələ də istifadə edilir. Bu arxitektura yaddaşda bir sıra əməlləri və ya göstərişləri oxumaq və yazmaq qabiliyyətinə malik olan və böyük həcmdə daxil olan məlumat üzərində hesablama aparən prosessoru özündə ehtiva edir [30].

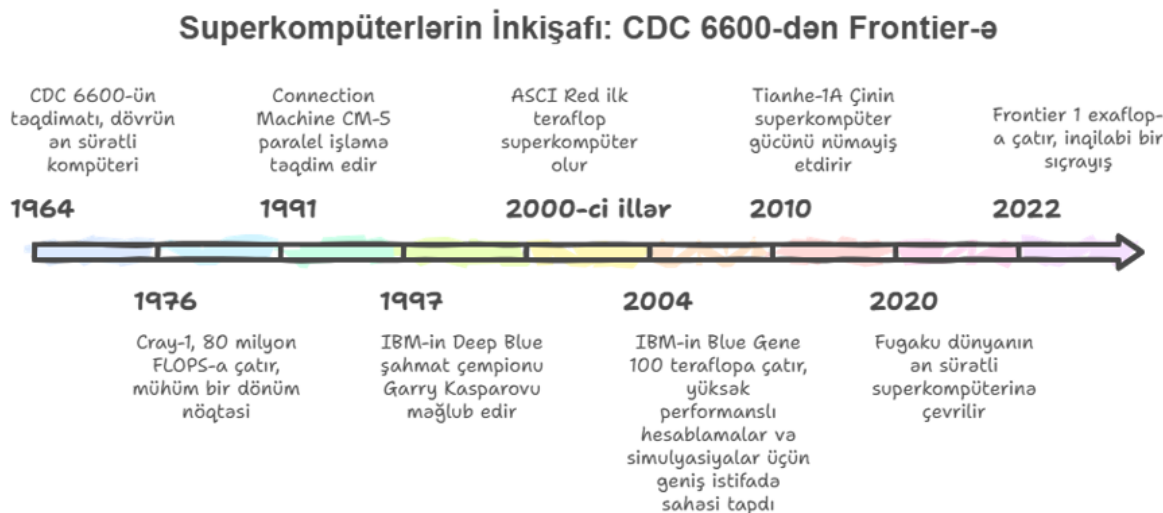
1960-cı ildə dövrün ən güclü hesablama gücünə sahib olan ilk CDC 6600 adlı kommersiya superkompüterini xidmətə başlamışdır [28]. 1960-cı illərin sonlarına doğru CDC 6600-dən 10 dəfə daha sürətli olan, texnoloji və dizayn cəhətdən irəli olan CDC 7600 təqdim edildi, bu da bir çoxlarına görə, indiki standartlara görə "ciddi mənada" ilk superkompüter hesab olunur [21].

Superkompüterlərin ilkin inkişafı nüvə silahının inkişafı ilə bağlı böyük hesablama ehtiyacları olan Los Alamos və Lourens Livermor Milli Laboratoriyaları tərəfindən sifariş edilmiş və maliyyələşdirilmişdir. Seymour Cray tərəfindən hazırlanmış CDC superkompüterləri bu ehtiyacları ödəyirdi. Bu kompüterlər bir çox böyük tədqiqat təşkilatları və hava agentlikləri tərəfindən alınaraq istifadə edilmişdir.

Superkompüterləşmənin sənayedə tətbiqi 1960-cı illərdə başlayaraq mono-vektor prosessorları istifadə edilirdi [16]. 1970-ci illərdə isə çoxprosessorlu maşınların istifadəsinə keçilmişdir [17]. 1980-ci illərdə superkompüterlər getdikcə daha çox elmi sahəsində istifadə edilməyə başlanılaraq, Əsasən paylanmış hesablama sistemlərinin yaranmasına səbəb olmuşdur. Beləliklə mövcud avadanlıqların sürətinin və əsas yaddaş tutumunun 16 dəfə artmışdır [13]. Bu dövrün əsas nümunəsi əvvəlkindən 12 dəfə daha sürətli olan 1985-ci ildə CRAY-2 superkompüteridir [23]. 1990-cı illərdə yüksək performanslı kompüterlərin inkişafı əsasən arxitektura sahəsindəki yeniliklər və proqram təminatındakı təkmilləşdirmələrlə bağlı idi [26]. Bu illərdə, paylanmış stereo-korrelyasiya alqoritmi kimi yeni alqoritmlərin istifadəsi ilə statistika prosedurları və rəqəmsal şəkillərin istifadə edilməsi kimi mürəkkəb tapşırıqların paralelləşdirilməsi məsələləri həll olunmuşdur. Bu irəliləyişlər, daha mürəkkəb paralel alqoritmlərin qurulması üçün istifadə edilməyə imkan verən və genişlənə bilən topologiyalı çox halqalı arxitekturalara əsaslanırdı [5].

1991-ci ildə Milli Məlumat İnfrastrukturunun inkişafına imkan yaradan ABŞ Konqresi High Performance Computing Act (Yüksək Performanslı Hesablama Aktını) qəbul etdi [19]. Yüksək Performanslı Hesablama Aktının əsas prinsipləri- federal səviyyədə yüksək performanslı hesablama, inkişaf və şəbəkələşmə üçün məqsəd və prioritetlərin müəyyən olunması, dövlət qurumları arasında qarşılıqlı əlaqənin təmin edilməsi, bu akt çərçivəsində yaradılan Milli Tədqiqat və Təhsil Şəbəkəsinin fəaliyyətinin və inkişafının nəzarətdə saxlanılması, proqram təminatının təkmilləşdirilməsi, yüksək performanslı kompüter sistemlərinin inkişafının sürətləndirilməsi, təhlükəsizlik məsələlərinin təmin edilməsi və s. 1998-ci ildə Linpack testi əsasında saniyədə 10^9 əməliyyatı keçən ilk superkompüter yaradıldı [9]. 2008-ci ildə əvvəlki kompüterlərdən bir milyon dəfə daha sürətli olan saniyədə 10^{15} əməliyyatı aşan peta-flop sürətinə çatmış ilk superkompüter olan Roadrunner Los Alamos Milli Laboratoriyası üçün IBM tərəfindən yaradıldı [15]. 21-ci əsrin ilk onilliyində, bu davamlı eksponensial böyümə ssenarisi bir fasiləyə çıxdı, çünki Moore qanununun təsiri özünü göstərməyə başladı [22]. Bu qanun hər 24 ayda inteqrasiya olunmuş transistorların və enerji sərfiyyatının ikiqat artacağını bildirir [3]. Buna görə də, böyük soyutma sistemləri tələb olunur, bu da Superkompüterləşmə üçün məhdudlaşdırıcı bir amildir. Nəticədə, son illərdə enerji səmərəliliyi məsələsi ciddi narahatlıq doğurdu. Bu məsələ 2007-ci ilin noyabrında Green 500 siyahısının yaradılmasında öz əksini tapdı, burada dünyanın ən effektiv 500 superkompüterinin enerji sərfiyyatını azaldaraq hesablama sürətini ölçən bir reyting təqdim edildi [1].

Superkompüterlər böyük hesablamaları yerinə yetirmək üçün lazım olan arxitektura, resurslar və komponentlərə malik sistemlərdir. Superkompüter ümumiyyətlə böyük miqdarda hesablama gücü tələb edən müəssisə və təşkilatlarda istifadə üçün nəzərdə tutulub. Bu sistemin arxitekturası paralel və şəbəkəli emal prinsiplərini özündə birləşdirir, hesablama tapşırıqları eyni anda minlərlə prosessor tərəfindən icra edilir və ya bu tapşırıqlar prosessorlar arasında bölüşdürülərək paralel şəkildə yerinə yetirilir.



Mənbə: Müəllif tərəfindən hazırlanmışdır.

Superkompüterlər bazarının həcmi son illərdə sürətlə artmaqdadır. Beləki 2024-cü ildəki 13.55 milyard dollar olan bu bazarın 2025-ci ildə 15.75 milyard dollara qədər artması gözlənilir [27]. Tarixi dövrdəki artım elmi tədqiqatlara, milli təhlükəsizlik və müdafiə tətbiqlərinə, hava modelləşdirməsinin hesablama tələblərinə, yüksək performanslı hesablama arxitekturasındakı irəliləyişlər, süni intellektin artması və maşın öyrənmə proqramlarına hökumət investisiyaları ilə əlaqələndirilə bilər. Superkompüterlər bazarında fəaliyyət göstərən əsas şirkətlərə Atos IT Solutions & Services Ltd., Dawning Information Industry Co. Ltd., Dell Technologies Inc., Fujitsu Limited, Huawei Investment & Holding Co. Ltd., Lenovo Group Ltd., NEC Corporation, Nvidia Corporation, Intel Corporation, RSC Group, ASUS TEK Computer Inc aiddir.

Superkompüterlər bazarının həcmi son illərdə daha da sürətli böyüməsi gözlənilir. Bu böyümə dövründəki əsas tendensiyalara süni intellektin super hesablama iş axınlarına inteqrasiyası, enerji səmərəliliyinə və davamlılığının təmin olunması, hökumətlərin istifadəsinin artması, akademiya və sənaye arasında əməkdaşlıq, hibrid, bulud əsaslı super hesablama həlləri, super hesablamanın böyük həcmli məlumatların analitikası və simulyasiya texnologiyaları ilə yaxınlaşması daxildir.

SUPERKOMPÜTER MƏRKƏZİNİN KOORDİNASİYASINDA İŞTİRAK EDƏN SUBYEKTLƏR

Superkompüter mərkəzinin fəaliyyətini təşkil edən subyektlərə əsas olaraq mərkəzin insan resurslarını, idarə heyəti və mərkəzin müştərilər daxildir. İşçi heyət, superkompüter mərkəzinin müxtəlif texniki və idarəetmə aspektlərini koordinasiya edərək, bütün əməliyyatların düzgün və effektiv şəkildə həyata keçirilməsini təmin edir. İdarə heyətinin üzvləri yalnız texniki tərəfdən deyil, həm də strateji və təşkilati baxımdan mərkəzin fəaliyyətini yönləndirirlər. Subyektlər, texniki komponentlərin səmərəli işləməsini təmin edən və mərkəzin ümumi fəaliyyətini idarə edən mühüm rol oynayır. Onlar superkompüterlərin infrastrukturunu, əməkdaşlıqları, resursları və təhlükəsizlik məsələləri ilə bağlı qərarlar qəbul edirlər. Bununla yanaşı, superkompüter mərkəzləri ilə müştərilər – yəni tədqiqatçılar, özəl sektor nümayəndələri və dövlət təşkilatları – arasında sıx əməkdaşlıq qurulur. İdarə heyəti bu istifadəçilərin tələblərini nəzərə alaraq, resursların ədalətli bölüşdürülməsi, istifadəçi

dəstəyi, proqram təminatının uyğunluğu və hesablama gücünün effektiv istifadəsi ilə bağlı siyasətlər müəyyən edir. Bu əlaqə, mərkəzin yalnız texnoloji deyil, həm də xidmət yönümlü bir təşkilat kimi fəaliyyət göstərməsinə zəmin yaradır. Superkompüter mərkəzlərinin subyektlərinə aşağıdakıları qeyd etmək olar.

İdarəetmə və rəhbərlik: Superkompüter mərkəzlərinin idarə edilməsi fərqli sahələr üzrə menecerlərin koordinasiyasını tələb edir. Bu menecerlər, mərkəzin strateji hədəflərini təyin edən və mərkəzin fəaliyyətini həyata keçirən rəhbər heyətidir. İdarəetmə komandası, həmçinin texniki və insan resurslarının düzgün istifadəsini təmin edir.

Texniki mütəxəssislər (Mühəndislər): Elektronika mühəndisləri, şəbəkə mühəndisləri və proqram təminatı mühəndisləri superkompüterin texniki komponentlərinin düzgün işləməsini təmin edirlər. Bu mütəxəssislər həmçinin yeni texnologiyaların tətbiqinə və sistemin optimallaşdırılmasına cavabdehdirlər.

Proqramçılar və sistemi idarə edən komandalar: Proqramçılar, superkompüterdə paralel hesablama proqramlarının düzgün işləməsini təmin edirlər. Həmçinin, müxtəlif şəbəkə xidmətlərinin təmin edilməsi və məlumatların təhlükəsizliyi bu komandalara fəaliyyətinə daxildir.

Tədqiqatçılar və elmi işçilər: Superkompüterlərdən istifadə edən müxtəlif sahələrin tədqiqatçıları və alimlər, bu mərkəzlərdə məlumatların analizi və elmi simulyasiyaları aparırlar. Bu şəxslər, superkompüterin gücündən istifadə edərək böyük məlumatları emal edir və mürəkkəb problemləri həll edirlər [29].

Şəbəkə və sistem təhlükəsizliyi mütəxəssisləri, məlumatların qorunması və sistemin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün çalışırlar. Onlar, həmçinin şəbəkənin fəaliyyətinə nəzarət edir və hər hansı bir kiberhücumun qarşısını alırlar.

Müştərilər və tədqiqat qrupları: Superkompüterlərdən istifadə edən müştərilər və tədqiqatçılar, bu infrastrukturdan istifadə edərək kompleks elmi və sənaye tədqiqatlarını aparırlar. Bu istifadəçilər mürəkkəb hesablamalar, böyük həcmli məlumatların analizi, modelləşdirmə və simulyasiya kimi əməliyyatlar üçün superkompüterlərə müraciət edirlər. Onların tələbləri mərkəzin texniki xidmətlərini formalaşdırır və hesablama resurslarının səmərəli idarə olunmasında mühüm rol oynayır.

Superkompüter mərkəzlərində müxtəlif funksiyaları yerinə yetirən subyektlərin effektiv şəkildə idarə olunması, mərkəzin ümumi fəaliyyətinin dayanıqlı və məhsuldar şəkildə həyata keçirilməsi üçün əsas şərtidir. İdarəetmə strukturu yalnız resursların bölüşdürülməsi və texniki sabitliyin qorunması baxımından deyil, həm də istifadəçi ehtiyaclarının qarşılanması, təhlükəsizlik, və elmi nəticələrin keyfiyyətlə əldə olunması baxımından strateji əhəmiyyət daşıyır. Bu subyektlərin idarələşməsinin təmin edilməsi superkompüter mərkəzlərinin səmərəliliyi və koordinasiyasə üçün həlledici rol oynayır [2].

SUPERKOMPÜTER MƏRKƏZİNİN OBYEKTƏRİ VƏ ƏSAS KOMPONENTLƏRİ

Superkompüter mərkəzləri milyonlarla hesablama əməliyyatını saniyədə yerinə yetirən, petabaytlarla məlumat saxlayan, eyni zamanda megavatt səviyyəsində enerji istehlak edən kompleks sistemlərə ev sahibliyi edir. Buna görə də bu sistemlərin yerləşdirildiyi obyektlər xüsusi olaraq layihələndirilmiş və ya texnoloji tələblərə uyğunlaşdırılmış binalarda qurulur.

Bina və məlumat mərkəzi: Superkompüterlər adətən xüsusi infrastrukturda yerləşir. Bu binalar yüksək təhlükəsizlik tədbirləri ilə qorunur və istifadəçilərin məlumatlarının etibarlılığını edir. Binalar

xüsusi dizayn edilmiş məlumat mərkəzləri ilə təmin edilir ki, bu da böyük miqdarda məlumatın saxlanması və işlənməsini mümkün edir.

Təhlükəsizlik sahələri: Bura həm fiziki, həm də kibertəhlükəsizlik məqsədilə ayrılmış obyektlər daxildir:

- Fiziki giriş nəzarəti: Biometrik skanerlər, təhlükəsizlik kameraları,
- Şəbəkə təhlükəsizliyi: Firewall, VPN, intrusion detection sistemləri,
- İnsan faktoru təhlükəsizliyi: personalın fəaliyyətinə nəzarət, fəaliyyət rollarının düzgün təyin edilməsi,
- Yanğın söndürmə sistemləri: Halon və ya quru qaz əsaslı sistemlər,

Oak Ridge Mərkəzində giriş yalnız səlahiyyətli personal üçün biometrik identifikasiya ilə təmin edilir.

İdarəetmə və monitoring otaqları: Sistem administratorları və mühəndislər bu sahələrdən superkompüterin bütün komponentlərinə nəzarət edirlər:

- Monitoring panelləri: Resurs istifadəsi, istilik göstəriciləri.
- Qəzalara qarşı cavab sistemi: Avtomatlaşdırılmış siqnallar və əməliyyat planları.

İstifadəçi dəstəyi və tədqiqat ofisləri: Bu sahələr tədqiqatçılar, proqramçılar və istifadəçi dəstək komandaları üçün nəzərdə tutulub: proqram təminatı inkişafı, elmi araşdırma, kodlaşdırma, təlim və seminar otaqları daxildir. Tədqiqatçılar çox vaxt superkompüter mərkəzinin daxilində yerləşən laboratoriyalarda bilavasitə test və analiz aparırlar.

Soyutma və enerji təchizatı: Superkompüterlər çox yüksək miqdarda enerji istehlak edir və bu səbəbdən soyutma sistemləri və enerji təminatı sistemləri olduqca önəmlidir. Soyutma, həm hava, həm də maye soyutma sistemləri vasitəsilə həyata keçirilir [7].

Şəbəkə infrastruktur: Superkompüterlər çox sayda komponentdən ibarət olduğu üçün bu komponentlərin bir-biri ilə əlaqə saxlaması üçün yüksək sürətli şəbəkələr və qarşılıqlı əlaqədən istifadə edilir.

Superkompüter mərkəzlərinin uğurlu fəaliyyəti yalnız texniki infrastrukturun deyil, peşəkar idarəetmənin və koordinasiya resurs bölüşdürməsinin də yüksək səviyyədə qurulmasından asılıdır. Həm fiziki, həm də virtual mühitdə təhlükəsizlik, enerji səmərəliliyi, istifadəçi dəstəyi və real vaxtda monitoring prosesləri mərkəzin strateji idarəetmə strukturunun əsas komponentləridir. Superkompüter mərkəzlərinin effektiv idarə olunması elmi nəticələrin keyfiyyətinə və dayanıqlılığına birbaşa təsir göstərir.

SUPERKOMPÜTER MƏRKƏZLƏRİNİN SƏMƏRƏLİLİYİ ÜÇÜN GÖRÜLƏN TƏDBİRLƏR

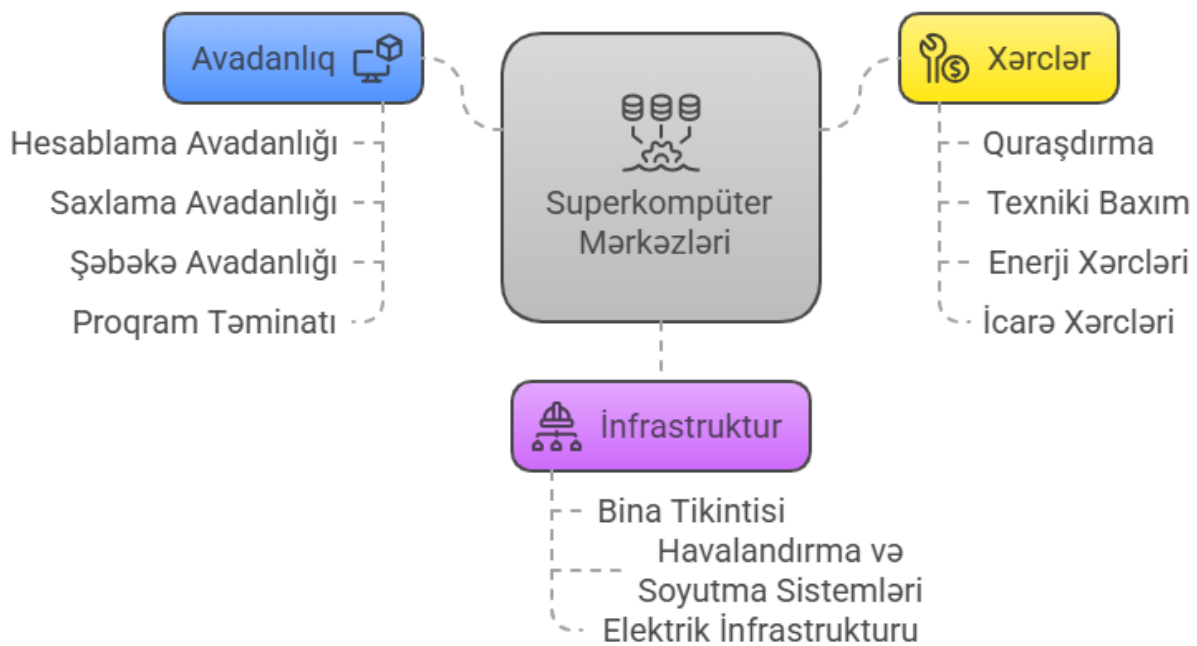
Superkompüter mərkəzlərinin səmərəliliyi yalnız hesablama gücü ilə deyil, həm də infrastrukturun idarə olunması, enerji sərfiyyatı, proqram təminatının çevikliyi və ümumi mülkiyyət dəyəri (TCO) (ingiliscəsi - **Total Cost of Ownership**) ilə qiymətləndirilir. Bu mərkəzlərdəki texnoloji və idarəetmə yanaşmaları sistemin ümumi məhsuldarlığına və dayanıqlılığına birbaşa təsir edir.

Superkompüter Mərkəzlərində Xərc və Enerji İdarəetməsi: Superkompüter mərkəzlərinin layihələndirilməsi və idarə edilməsi zamanı bəzi əsas anlayışların dəqiq başa düşülməsi, ümumi xərclərin və enerji səmərəliliyinin düzgün qiymətləndirilməsi baxımından olduqca vacibdir.

Ümumi Mülkiyyətin Dəyəri- (Total Cost of Ownership), bir texnologiya həllinin (superkompüter sisteminin) bütün ömrü boyunca istifadəçiyə başa gələn ümumi xərclərin, o cümlədən ilkin və istismar xərclərinin, pulun zaman dəyəri nəzərə alınmaqla cəmini ifadə edir.

Məsələn, Oak Ridge National Laboratory (ORNL)-də istifadə edilən “Frontier” superkompüterləri təkcə hesablama gücü ilə deyil, həm də səmərəli enerji və infrastruktur idarəçiliyi görə dünyanın ən güclü sistemlərindən biri sayılır. ORNL-də TCO-nun azaldılması məqsədilə yüksək performanslı, lakin enerji cəhətdən daha qənaətlı AMD EPYC prosessorlarından istifadə olunur və binanın soyutma sistemi xüsusi maye dövranı ilə təchiz olunub.

Qrafik1.Superkompüter Mərkəzlərinin İnfrastruktur Elementləri



Mənbə: Müəlliflər tərəfindən hazırlanıb.

Superkompüter mərkəzlərinin infrastrukturuları üçün TCO aşağıdakı əsas elementləri əhatə edir:

- Hesablama, saxlama və şəbəkə avadanlıqlarının (kabellər, switch-lər və s.) alınması,
- Proqram təminatının ilkin və davamlı lisenziyalasdırılması,
- Yeni bina tikintisi və ya mövcud obyektlərin genişləndirilməsi (xüsusilə enerji təminatının uyğunlaşdırılması),
- Havalandırma və soyutma sistemlərinin qurulması,
- Elektrik infrastruktur: enerji paylayıcı bloklar (PDU), transformatorlar, UPS-lər, generatorlar və s.,
- Bütün sistemlərin (avadanlıq, proqram təminatı, elektrik və soyutma) quraşdırılması,
- Bütün sistemlərin texniki baxımı və dəstəyi,
- Proqram təminatının mütəmadi yenilənməsi və dövrü (aylıq, illik) lisenziya haqları,
- İcarəyə götürülmüş avadanlıqlar və ya obyektlərlə bağlı xərclər,

- İstismar müddətində yaranan enerji xərcləri,
- İstifadə müddəti sonunda avadanlıqların utilizasiyası ilə bağlı xərclər [11].

Enerji istifadəsi effektivliyi-PUE (Power Usage Effectiveness), bu anlayış superkompüter mərkəzlərində enerji idarəçiliyinin əsas göstəricilərindən biridir. Bu göstərici mərkəzə daxil olan ümumi elektrik enerjisinin nə qədər hissəsinin bilavasitə IT yükləri üçün istifadə edildiyini ölçür. Məsələn, Leibniz Supercomputing Centre (LRZ) Almaniyada “SuperMUC-NG” sistemi üçün isti su ilə soyutma texnologiyasından istifadə edir. Bu texnologiya nəticəsində mərkəz PUE göstəricisini 1.1 dərəcədə azlada bilmiş və eyni zamanda binanın ümumi istilik enerjisini qışda digər obyektlərin qızdırılmasında istifadə etmişdir.

PUE-nin riyazi tərfi belədir[12]:

$$\text{PUE} = \frac{\text{Məlumat/Superkompüter Mərkəzinin Ümumi Enerji İstehlakı}}{\text{IT Avadanlığının Enerji İstehlakı}}$$

IT Avadanlığının Enerji İstehlakı

Superkompüterlərin Səmərəlilik yalnız enerji və maliyyə ilə məhdudlaşmır. Superkompüter mərkəzləri həmçinin proqram təminatının avtomatlaşdırılması və iş yükünün balanslaşdırılması kimi texniki aspektlərə də önəm verir. NERSC (National Energy Research Scientific Computing Center) konteyner texnologiyası olan Shifter vasitəsilə istifadəçilərə öz mühitlərini sadə şəkildə yaratmaq imkanı verir. Bu yanaşma proqram təminatının quraşdırılması və uyğunlaşdırılması üçün sərf olunan vaxtı minimuma endirir və sistemdə boş dayanıqlığın qarşısını alır. Bu, həm də daha çox sayda işin paralel icrasına şərait yaradır.

Superkompüter mərkəzlərinin səmərəliliyini artırmaq üçün texniki, maliyyə və enerji baxımından çoxşaxəli strategiyalar həyata keçirilir. TCO və PUE kimi göstəricilər yalnız xərcləri optimallaşdırmaqla kifayətlənmir, həm də davamlı və çevik infrastrukturun qurulmasına xidmət edir. Bu sahədə aparıcı mərkəzlərin təcrübəsi göstərir ki, yüksək performans yalnız texniki güc deyil, eyni zamanda ağıllı idarəetmənin nəticəsidir.

Virtual iş mühitləri: mühitləri superkompüter mərkəzlərində vacib rol oynayır, çünki onlar yüksək məhsuldarlıqlı hesablama resursları ilə işləyən tədqiqatçılar, proqramçılar və analitiklər üçün səmərəli, təhlükəsiz və əməkdaşlığa əsaslanan mühitlər yaradır. Beləliklə, istifadəçilər fiziki olaraq HPC infrastrukturuna daxil olmadan mürəkkəb hesablama, məlumat analizi və proqram təminatının hazırlanması işlərini həyata keçirə bilirlər [6].

Virtual iş mühitinin vacibliyinin əsas səbəblərindən biri **əlçatanlıqdır**. Superkompüterlər adətən asanlıqla daxil olmaq mümkün olmayan ixtisaslaşdırılmış obyektlərdə yerləşir. Virtual iş mühitləri tədqiqatçılara dünyanın istənilən yerindən bu sistemlərə qoşulmaq, işlər göndərmək, prosesləri izləmək və məlumatları vizuallaşdırmaq imkanı yaradır. Bu uzaqdan giriş imkanı coğrafi baxımdan ayrı-ayrı yerlərdə olan komandaların məhsuldarlığını və əməkdaşlığını xeyli artırır.

Bunun real bir nümunəsi ABŞ-da yerləşən **Argonne Milli Laboratoriyasıdır**. Bu laboratoriya dünyanın aparıcı superkompüter mərkəzlərindən birini idarə edir. Onlar Theta və Aurora kimi HPC sistemləri ilə birgə virtual iş mühitlərindən istifadə edərək tədqiqatçılara proqram hazırlığı və analiz üçün uzaqdan çıxış imkanı verirlər. Onların “Cooley” vizuallaşdırma klasterinə tez-tez belə virtual iş mühitləri vasitəsilə uzaqdan daxil olunaraq məlumatların vizuallaşdırılması həyata keçirilir.

Texas Advanced Computing Center virtual iş mühitləri təqdim edir. Onların “TACC Visualization Portal” platforması tədqiqatçılara şəxsi kompüterə yükləmədən məlumat və simulyasiyalarla real vaxtda qrafik əsaslı qarşılıqlı əlaqə yaratmağa imkan verir.

Superkompüter mərkəzlərində virtual iş mühitləri uzaqdan çıxışı, əməkdaşlığı, təhlükəsizliyi və ümumi əməliyyat səmərəliliyini yaxşılaşdırmaq üçün əsas vasitədir. Argonne Milli Laboratoriyası, **Texas Advanced Computing Center** kimi böyük təşkilatların bu texnologiyadan istifadə etməsi onun elmi tədqiqat və innovasiyalar sahəsində real təsirini göstərir.

Virtual iş mühiti texnologiyası superkompüter simulyasiyalarının sürətinə və səmərəliliyinə mühüm təsir göstərir. Bu, yüksək məhsuldarlıqlı hesablama resursları ilə istifadəçi qarşılıqlı əlaqəsini optimallaşdırır, iş axınının idarə olunmasını yaxşılaşdırır və proqram təminatının konfigurasiyası və məlumatların ötürülməsi ilə bağlı əlavə yükləri azaldır [14]. Qısaca, virtual iş mühiti texnologiyası simulyasiya prosesinin bütün mərhələlərini — inkişaf, test, icra və analiz — daha sürətli, səmərəli və daha geniş istifadəçi kütləsi üçün əlçatan edir.

SUPERKOMPÜTER MƏRKƏZLƏRİNİN FƏALİYYƏT ELEMENTLƏRİ

Müasir dövrdə yüksək performanslı hesablama sahəsində superkompüter mərkəzləri elmi tədqiqatların, sənaye tətbiqlərinin, meteoroloji proqnozların, süni intellektin və bir çox mürəkkəb hesablamaların aparılmasında əvəzsiz rol oynayır. Bu mərkəzlərin səmərəli fəaliyyəti üçün müxtəlif fəaliyyət elementləri qarşılıqlı əlaqədə işləyir. Bu məqalədə superkompüter mərkəzlərinin əsas fəaliyyət elementləri və onların funksional əhəmiyyəti təhlil edilir.

Hesablama infrastrukturunu (Compute Infrastructure): Fəaliyyətin əsasını təşkil edən elementlərdən biri hesablama qovşaqlarıdır. Bu qovşaqlar çox nüvəli prosessorlar (CPU-lar) və yüksək sürətli qrafik prosessorlar (GPU-lar) vasitəsilə paralel şəkildə çalışaraq mürəkkəb riyazi modelləri emal edir. Məsələn, AMD EPYC, Intel Xeon və NVIDIA A100 kimi prosessorlar dünya üzrə ən güclü superkompüterlərdə geniş istifadə olunur.

Yaddaş və saxlama sistemləri (Memory & Storage): Superkompüterlər çox böyük həcmdə məlumatlar ilə işləyir. Bu məlumatların emalı və saxlanması üçün sürətli yaddaş və paralel fayl sistemləri istifadə olunur, RAM və SSD sürətli keçici yaddaş kimi istifadə olunur. Lustre, GPFS (IBM Spectrum Scale) kimi fayl sistemləri isə böyük verilənlərin effektiv idarəsi üçün tətbiq olunur.

Şəbəkə və qarşılıqlı əlaqə (Network & Interconnects): Hesablama qovşaqları arasında yüksək sürətli məlumat mübadiləsi üçün aşağı gecikməli və yüksək ötürmə qabiliyyətli qarşılıqlı əlaqə sistemləri vacibdir. InfiniBand, Cray Slingshot, NVIDIA NVLink kimi texnologiyalar məlumatların paralel şəkildə ötürülməsini və proqramların ölçülməsini təmin edir.

Proqram təminatı və əməliyyat mühiti: Superkompüterlərin səmərəli fəaliyyəti üçün düzgün proqram təminatı strukturu qurulmalıdır:

- Əsasən Linux əsaslı (CentOS, Rocky, Ubuntu) əməliyyat sistemləri istifadə olunur.
- İş yükü planlaşdırıcıları: SLURM, PBS, LSF və s.
- Elmi kitabxanalar və kompilyatorlar(kod tərcüməçisi): OpenMPI, CUDA, Intel MKL və s.
- Konteyner texnologiyaları: Singularity və ya Docker kimi sistemlər proqramların portativliyini və təkrar istifadəsini təmin edir.

Soyutma və enerji effektivliyi sistemləri: Superkompüterlər yüksək temperatur və enerji sərfiyyatı yaradır. Ona görə də enerji idarəetməsi və soyutma sistemləri onların fasiləsiz və təhlükəsiz işləməsi

üçün vacibdir. Hava və ya maye əsaslı soyutma texnologiyaları, AI əsaslı enerji optimallaşdırma həllərindən istifadə edilir.

İstifadəçi və idarəetmə platformaları: İstifadəçilər üçün rahat interfeyslər, hesablama resurslarının paylanması və istifadəçi fəaliyyətinin izlənməsi üçün idarəetmə və monitorinq alətləri fəaliyyət elementləri sırasında yer alır. Web portallar, komanda sətri interfeysləri və hesabat sistemləri daxildir.

Təhlükəsizlik və monitorinq: Superkompüterlər çox vaxt həssas və strateji məlumatlarla işlədiyi üçün kibertəhlükəsizlik kritik fəaliyyət elementidir:

- Şəbəkə firewall-ları
- İstifadəçi kimlik yoxlanışı və şifrələmə
- Hücumların aşkarlanması və qarşısının alınması sistemləri
- Ətraf Mühitin Monitorinqi, temperatur, rütubət və hava axını üçün sensorlar.

İnsan Resursları və Texniki Dəstək: Bu mərkəzlərdə çalışan mühəndislər, sistem administratorları, HPC proqramçılar və təhlükəsizlik mütəxəssisləri superkompüterin fasiləsiz fəaliyyətini təmin edən əsas insan resurslarıdır. Eyni zamanda təlimlər, sənədlər və texniki dəstək xidmətləri istifadəçilərin bu resurslardan effektiv istifadə etməsinə kömək edir.

Superkompüter mərkəzlərinin fəaliyyət elementləri qarşılıqlı və inteqrasiyalı şəkildə işləyərək mürəkkəb elmi, texniki və sənaye problemlərinin həllini mümkün edir. Hesablama resursları, proqram təminatı, şəbəkə infrastrukturundan tutmuş insan faktoruna qədər hər bir komponent bu kompleks sistemin ayrılmaz hissəsidir. Superkompüter mərkəzlərinin effektivliyi yalnız hesablama gücündən deyil, həm də aktiv elementlərin — hesablama, şəbəkə, yaddaş, proqram təminatı və infrastrukturun necə inteqrasiya olunduğundan və idarə edilməsindən asılıdır. Hesablama tələbləri artdıqca, bu komponentlər daha da mürəkkəbləşəcək və qarşılıqlı asılılıqları artacaq.

NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

Məqalədə superkompüter mərkəzlərinin səmərəliliyinin təmin edilməsi prinsiplərinin təyin etmək üçün ilk öncə mərkəzlərin tarixi inkişafın, onların subyektləri və obyektlərinə təhlil edilmişdir. Bu mərkəzlərin subyektləri, əsasən, superkompüterləri idarə edən, onları əməliyyatlar üçün istifadə edən və onların fəaliyyətinə nəzarət edən mütəxəssislərdən ibarətdir. Mərkəzlərdə işləyən avadanlıqlar, alqoritmlər, onların həcmi və hesablama gücü çox böyük olur. Bu səbəbdən, superkompüter mərkəzlərinin infrastrukturunun səmərəli şəkildə qurulması və idarə olunması çox vacibdir. Bununla yanaşı tədqiqatda superkompüterlərin fəaliyyət elementlərinə və enerji istifadəsinin effektivliyinə diqqət yetirilmişdir. Superkompüterlərin inkişafı son onilliklər ərzində böyük irəliləyişlərə məruz qalmışdır. Superkompüterlər çox yüksək enerji sərf edən avadanlıqlar olduğu üçün, onların enerji istifadəsinin optimallaşdırılması, həm ekoloji baxımdan, həm də iqtisadi baxımdan böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqsədlə, superkompüter mərkəzlərinin enerji effektivliyini artırmaq üçün müasir soyutma sistemləri və enerji idarəetmə alqoritmləri tətbiq edilir. Superkompüter mərkəzlərinin fəaliyyətinin təşkilinə dair əsas məsələlərə toxunulmuş və bir neçə mühüm nəticəyə gəlinmişdir. Superkompüter mərkəzlərinin səmərəli idarə olunması üçün aşağıdakı prinsiplər təklif edilir:

- Gələcəkdə superkomputerin yükünün artacağını nəzərə alaraq, mərkəzin qurulmasında hər bir hesablama və ya iş yükünün superkompüter tərəfindən yerinə yetirilməsi əvəzinə, bulud platformalarında mürəkkəb iş yüklərinin işləyə biləcəyi hibrid IT infrastrukturunun

yaradılmasının nəzərə alınması təklif olunur. Bununla superkompüterin yükü və soyutma üçün lazım olan enerji miqdarını azalda bilərik.

- Superkompüter mərkəzi kommersiya məqsədi ilə xidmətlər təklif edə bilər. Şirkətlər və araşdırma təşkilatlarına yüksək hesablama tələb edən kompüterlərə ehtiyacları olur. Şirkətlər üçün güclü kompüterlər əldə etmək əvəzinə yalnız ehtiyac duyduqları müddət ərzində, superkompüter mərkəzinin xidmətlərindən faydalanmağı daha məqsədəuyğun görə bilərlər. Eyni zamanda, superkompüter mərkəzlərinin icarəyə verilməsi operatorlara da mütəmadi gəlir əldə etməyə və infrastrukturlarını daha səmərəli şəkildə istifadə etməyə imkan verir.
- Superkompüter mərkəzinin səmərəli fəaliyyətinin təşkili və resurslardan effektiv istifadənin təmin edilməsi üçün dövlət-özəl əməkdaşlığı modelinin tətbiqinin nəzərə alınması məqsədəuyğundur. Bununla mərkəzin ehtiyac duyduğu insan resursları, maliyyə, texniki dəstək, proqram təminatı və metodoloji təcrübə kimi tələblər sürətli təmin oluna bilər.
- İnformasiya siyasəti və təhlükəsizliyin təmin edilməsi:
 - a. Superkompüterlərdən istifadə edən sahələr, xüsusilə dövlət sektoru, müdafiə və maliyyə sektorları yüksək təhlükəsizlik tədbirləri tələb edir. Buna görə də, superkompüter mərkəzləri yüksək səviyyədə şifrələmə və məlumatların qorunması məqsədi ilə xüsusi kiber təhlükəsizlik protokolları nəzərə alınmalıdır,
 - b. İnformasiya təhlükəsizliyi və məxfiliyin idarəetməsi yalnız daxili siyasətlə məhdudlaşmamalı; həmçinin yerli və beynəlxalq hüquqi tələblərə və standartlara (məsələn: ISO/IEC 27001) uyğun olması,
 - c. İcazəsiz girişin qarşısını almaq üçün təhlükəsizliyin təmin edilməsi, həyəcan siqnalları, biometrik skanerlər və yanğın siqnalları kimi təhlükəsizlik tədbirlərinin təmin edilməsi vacibdir,
 - d. Audit və Keyfiyyət Nəzarət sistem əməliyyatlarını, təhlükəsizlik tədbirlərini yoxlayaraq potensial riskləri və təhlükələri müəyyən edir. Beləliklə, göstərilən xidmətlərin, mövcud resursların yüksək performans və etibarlılıq səviyyəsini qorumaq məqsədilə, müntəzəm testlər və yoxlamalar sistemin dayanıqlılıq fəaliyyətini təmin edir,
 - e. Penetrasiya testi, şəbəkədəki təhlükəsizlik boşluqlarını təyin etməyə kömək edir və bu boşluqlardan istifadə edilməməsi üçün düzəlişlər və gücləndirmələr edilir. Bu proses, şəbəkənin müdafiə tədbirlərinin nə dərəcədə güclü olduğunu yoxlamaq və potensial riskləri əvvəlcədən müəyyən etmək üçün vacibdir.
- Mərkəz qurularkən insan resursları şöbəsinin davamlı təkmil işçi, ixtisaslaşma və bacarıq ehtiyaclarına uyğun fəaliyyətinin təşkilinin təmin olunması nəzərə alınmalıdır.
- Mərkəzin işlərinin fəaliyyəti təşkilində superkompüterin hesablama gücü və məlumat tutumunu əhatə edən planlamanın və performans dəyərləndirilməsinin həyata keçirilməsi nəzərə alınmalıdır.
- Superkompüterlər daha böyük məlumatları emal edərkən müxtəlif süni intellekt modellərindən istifadə edə bilər. Ağ qutu və qara qutu modelləri superkompüterlərin yüksək hesablama gücü ilə həcmi böyük məlumatları sürətlə və dəqiqliklə təhlil etməsinə

imkan verir. Əməliyyatların hansının ağ qutu modelində, hansının isə qara qutu modelində həyata keçirəcəyi əvvəlcədən təyin olunmalıdır.

- Dünya təcrübəsində superkompüter mərkəzlərinin idarə heyəti əsasən elmi dərəcəyə malik əməkdaşlardan ibarət olur. Bu səbəbdən, peşəkar heyətin formalaşdırılması üçün insan resursları siyasətində elmi dərəcəyə malik olan peşəkar işçilərə üstünlük verilməlidir,
- Universitetlər və təhsil müəssisələri ilə əməkdaşlıq edilməlidir, onların da hesablama tələbatlarının qarşılanması üçün imkan yaradılması məqsəduyğundur. Yeni hesablama və süni intellekt modellərinin tətbiqində superkompüter mərkəzində tətbiqi üçün universitetlərin potensialından istifadə olunmalıdır.
- Dünya bazarında superkompüter qurmaq üçün əvvəlcədən konfigurasiya olunmuş sistemləri təqdim edən bir neçə şirkət var. Penguin Computing, BOXX Technologies və Puget Systems kimi şirkətlər tələblərə uyğun sistemlər təqdim edə bilər, əlavə texniki dəstək və baxım xidmətlərdən faydalanmaq labüddür,
- İnformasiya menecment sisteminin idarə olunması və səmərəli istifadəsi üçün süni intellekt və maşın öyrənməsi texnologiyalarından faydalanmaq təklif olunur. Superkompüterin yüksək hesablama gücü, bu texnologiyaların tətbiqini dəstəkləyərək həcmi böyük məlumat bazalarının emalı, məlumat analitikası və proqnozlaşdırma proseslərinin sürətləndirilməsinə imkan verə bilər. Bu da təşkilatların işinin səmərəliliyini və qərar qəbul etmə sürətini artırmağa şərait yaradacaqdır.
- Superkompüterin və informasiya menecment sistemlərinin inteqrasiyasını təmin etmək üçün, bulud əsaslı texnologiyaların istifadəsinin dəstəklənməsi təklif edilir. Bu, məlumatların real vaxtda işlənməsi, saxlanması və əldə olunmasını asanlaşdıracaq, eləcə də məlumatların mərkəzləşdirilmiş və çoxşaxəli idarə edilməsini təmin edəcəkdir. Beləliklə, informasiya menecment sistemləri superkompüterlə sinxron şəkildə işləyərək daha yüksək nəticələr əldə edə bilər.
- Superkompüterlərin resurslarının səmərəliliyinin artmasını və informasiya menecment sistemlərinin davamlı təkmilləşdirilməsini təmin etmək məqsədilə, avadanlıq və proqram təminatının mütəmadi olaraq yenilənməsi və texnologiyaların inkişafı istiqamətində işlər aparılması vacibdir. Bu, həm superkompüterin gücünü, həm də informasiya menecment sistemlərinin çevikliyini artırmağa kömək edəcəkdir.

Bu təkliflər, müxtəlif sahələrdə superkompüterlərin istifadəsinin artırılması və effektiv şəkildə idarə olunması məqsədi daşıyır. Belə yanaşma sahəvi ehtiyaclara uyğun olaraq hər bir sektor üzrə xüsusi xidmətlər və adekvat tətbiq üsullarının təqdim edilməsiylə yanaşı mütəxəssislərin təlim və inkişafının təmin edilməsi superkompüterlərin səmərəli istifadəsinə gətirib çıxaracaqdır.

Azərbaycanın bu sahədə atacağı addımlar, ölkənin rəqəmsal iqtisadiyyatını inkişaf etdirəcək, məlumat əsaslı iqtisadi qərarların qəbuluna şərait yaradacaq və beynəlxalq miqyasda daha yüksək rəqabət qabiliyyəti əldə etməyə kömək edəcəkdir. Bu təkliflər, həmçinin superkompüter texnologiyalarının geniş tətbiqinin önünü açacaq, elmi tədqiqatları və innovativ inkişafı sürətləndirəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Alonso-Pérez S, Cuevas E, Pérez C, Querol X, Baldasano JM, Draxler R, De Bustos JJ (2011) Trend changes of African airmass intrusions in the marine boundary layer over the subtropical Eastern North Atlantic region in winter. *Tellus Ser B-Chem Phys Meteorol* 63(2):255–265
2. Bagirzade, M. (2023). Etymology and semantic basis of the termination of the expression (governance). *Terminology Issues*, 01, 97–100. <https://doi.org/10.59849/2663-8967.2023.1.97>
3. Balladini J, Grosclaude E, Hanzich M, Suppi R, Rexachs del Rosario D, Luque Fadón E (2010) Incidence of parallel models and scaling CPU frequency in the energy consumption of the HPC systems programming. In: XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC'10)
4. Bethel EW, Van Rosendale J, Southard D, Gaither K, Childs H, Brugger E, Ahern S (2011) Visualization at supercomputing centers: the tale of little big iron and the three skinny guys. *IEEE Comput Graph* 31(1):90–95
5. Bhandarkar SM, Arabnia HR (1995) The REFINE multiprocessor: theoretical properties and algorithms. *Parallel Comput* 21(11):1783–1806. doi:10.1016/0167-8191(95)00032-9
6. Bogdanov, Alexander V., et al. "Virtual workspace as a basis of supercomputer center." *Proceedings of the 5th International Conference on Distributed Computing and Grid-Technologies in Science and Education*, Dubna, Russia. 2012.
7. Center, O. S. (1987). Ohio supercomputer center.
8. De Filippo D, Morillo F, Fernández MT (2008) Indicadores de colaboración científica del CSIC con Latinoamérica en base de datos internacionales. [Indicators of Scientific Collaboration between CSIC and Latin America in International Databases]. *Rev Esp de Doc Cient* 31(1):66–84
9. Dongarra JJ, Bunch JR, Moler CB, Stewart GW (1979) LINPACK users' guide, SIAM. doi:10.1137/1.9781611971811
10. Dongarra JJ, Foster I, Fox G, Gropp W (2002) The sourcebook of parallel computing. Morgan Kaufmann, San Francisco, USA
11. Ellram, L. (1993). Total cost of ownership: elements and implementation. *International journal of purchasing and materials management*, 29(3), 2-11.
12. Eurotech. HPC green economics: Total cost of ownership (TCO). Eurotech. https://www.eurotech.com/dla/documents/HPCGreenEconomics_TCO.pdf#page=11.43
13. Fernbach S (1984) Supercomputers—past, present, prospects. *Future Gener Comput Syst* 1(1):23–30
14. Gankevich, Ivan, et al. "Constructing virtual private supercomputer using virtualization and cloud technologies." *Computational Science and Its Applications—ICCSA 2014: 14th International Conference*, Guimarães, Portugal, June 30–July 3, 2014, Proceedings, Part VI 14. Springer International Publishing, 2014.
15. Gaudiani A (2012) Análisis del rendimiento de algoritmos paralelos de propósito general en GPGPU [Performance analysis of parallel algorithms for general purposes in GPGPU]. Doctoral dissertation, Facultad de Informática.

- http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22691/Documento_completo_.pdf?sequence=1. Retrieved 10 Aug 2014
16. Gengler M, Ubeda S, Desprez F (1996) Initiation au parallélisme: concepts, architectures et algorithmes [Introduction to parallelism: concepts, architectures and algorithms]. Masson. ISBN 2-225-85014-3
 17. Goldberg D (1989) Genetic algorithms in search, optimization and machine learning. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA
 18. Hermes H (1969) Enumerability. Decidability. Computability. Die Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen. Band, vol 127. Springer, Berlin
 19. High Performance Computing Act of 1991 (HPCA) (1991) Act of congress promulgated in the 102nd United States Congress as (Pub.L. 102–194)
 20. Mc. Cartney S (1999) ENIAC: the triumphs and tragedies of the world's first computer. Walker & Company. ISBN: 0802713483
 21. Saunders VR, Guest MF (1982) Applications of the CRAY-1 for quantum chemistry calculations. Comput Phys Commun 26(3):389–395
 22. Schaller R (1997) Moore's law: past, present and future. Spectrum IEEE 34(6):52–59
 23. Simmons ML, Wasserman HJ (1990) Performance comparison of the CRAY-2 and CRAY X-MP/416 supercomputers. J Supercomput 4(2):153–167
 24. Singh S (2000) The code book: the secret history of codes and code-breaking: 77–85. Fourth Estate, London
 25. Stamatakis A, Aberer AJ, Goll C, Smith SA, Berger SA, Izquierdo-Carrasco F (2012) RAXML-light: a tool for computing terabyte phylogenies. Bioinformatics 28(15):2064–2066
 26. Stone H (1993) High performance computer architectures. Addison Wesley, Massachusetts, USA
 27. The Business Research Company. (2025). Supercomputers Global Market Report 2025. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/supercomputers-global-market-report>
 28. Thornton JE (1970) Design of a computer—the control data 6600, Scott Foresman & Co., Glenview, Illinois, USA
 29. Voevodin, V., & Voevodin, V. (2016). Efficiency of exascale supercomputer centers and supercomputing education. In High Performance Computer Applications: 6th International Conference, ISUM 2015, Mexico City, Mexico, March 9-13, 2015, Revised Selected Papers 6 (pp. 14-23). Springer International Publishing.
 30. Von Neumann J (1945) First draft of a report on the EDVA. Between the United States Army Ordinance Department and the University of Pennsylvania Moore School of Electrical Engineering University of Pennsylvania. Contract No. W-670-ORD-4926
 31. Wilkes MV, Renwick W (1950) The EDSAC (electronic delay storage automatic calculator). Math Comput 4(30):61–65