

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

GENERAL QUESTIONS

Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. 2020. Т. 23, № 3. С. 241—247.
DOI: 10.17073/1609-3577-2020-3-241-247

УДК 621.315.61

Вопросы выбора показателей эффективности функционирования высокопроизводительного вычислительного комплекса на примере ЦКП «Информатика» ФИЦ ИУ РАН

© 2020 г. А. А. Зацаринный, К. И. Волович, С. А. Денисов,
Ю. С. Ионенков[§], В. А. Кондрашев

*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук,
ул. Вавилова, д. 44, корп. 2, Москва, 119333, Россия*

Аннотация. Рассмотрена методика, позволяющая оценить эффективность высокопроизводительной платформы для научных исследований. Оценка проводится на примере центра коллективного пользования (ЦКП) «Информатика», ФИЦ ИУ РАН, при решении задач синтеза новых материалов. Основной задачей ЦКП «Информатика» является проведение научных исследований с использованием программно-технических средств ЦОД ФИЦ ИУ РАН, в том числе в интересах сторонних организаций и научных коллективов. Представлена общая характеристика ЦКП «Информатика», включая основные характеристики его научного оборудования, организацию работы и его возможности. Гибридный высокопроизводительный вычислительный комплекс ФИЦ ИУ РАН (ГВБК) является составной частью ЦОД ФИЦ ИУ РАН и входит в ЦКП «Информатика». ГВБК предоставляет вычислительные ресурсы в виде облачных услуг «Программное обеспечение как сервис» — SaaS и «Платформа как сервис» — PaaS. С помощью специальных технологий исследователям предоставляются научные сервисы в виде предметно-ориентированных программ. На основе анализа структуры и принципов функционирования ЦКП «Информатика» разработаны базовые показатели эффективности ЦКП, учитывающие его специфику и характеризующие различные аспекты деятельности (развития, деятельности, результативности). Оценка эффективности ЦКП заключается в расчете на основе разработанных показателей некоторых сводных (обобщенных) показателей, которые характеризуют эффективность функционирования ЦКП в различных областях. Также вычисляется интегральный показатель, показывающий эффективность ЦКП в целом. Для получения сводных показателей эффективности и интегрального показателя эффективности предложено использовать методы среднего взвешенного и анализа иерархий. Рассмотрен порядок определения частных показателей эффективности. Отмечены особенности выбора показателей эффективности ЦКП при решении задач синтеза новых материалов, характеризующие возможности вычислительного комплекса по созданию среды виртуализации (пиковая производительность вычислительной системы, реальная производительность вычислительной системы на специализированных тестах, загрузка оборудования прикладными задачами, эффективность программного кода).

Ключевые слова: центр коллективного пользования, эффективность, показатель, услуга, научный сервис

Введение

В настоящее время во всем мире наблюдается тенденция интенсивного развития информационных технологий. Фактически, эффективность экономики определяется получением знаний и совершенствованием технологий во всех областях науки и техники. Информационные технологии являются признанным лидером по инновациям и общественному интересу. Эти технологии позволяют кардинально изменить подходы к обеспечению государственного управления, общественной жизни, правопорядка и

безопасности. Также информационные технологии кардинально меняют подходы к проведению научных исследований и изысканий. Особое значение для

Зацаринный Александр Алексеевич — доктор техн. наук, профессор, заместитель директора, e-mail: AZatsarinny@ipiran.ru; **Волович Константин Иосифович** — канд. техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: kvolovich@frccsc.ru; **Денисов Сергей Анатольевич** — ведущий инженер, e-mail: sdenisov@frccsc.ru; **Ионенков Юрий Сергеевич**[§] — канд. техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: UIonenkov@ipiran.ru; **Кондрашев Вадим Адольфович** — канд. техн. наук, заместитель директора, e-mail: vkondrashev@frccsc.ru

[§] Автор для переписки

применения таких подходов приобретает создание цифровой исследовательской инфраструктуры современной технологической базы. При этом одним из приоритетных направлений развития научно-технологического комплекса России являются центры коллективного пользования (ЦКП).

Создание ЦКП объясняется невозможностью одновременного обновления материально-технической базы научных организаций. По этой причине в некоторых научных организациях создаются ЦКП, которые за счет бюджетных средств оснащаются новейшими техническими средствами, предоставляемыми в коллективное пользование. Таким образом, ЦКП имеет возможность обеспечить проведение широкого спектра прикладных и фундаментальных научных исследований на основе современных материально-технических средств базовой организации, в том числе в интересах сторонних лиц и организаций.

Интересной актуальной задачей является оценка качества функционирования ЦКП. В настоящее время руководящие документы определяют минимальный перечень показателей, которые характеризуют качество функционирования ЦКП. Этот перечень является общим для всех видов ЦКП и включает в себя следующие показатели:

- уровень загрузки оборудования (в том числе в интересах третьих лиц);
- число организаций, использующих ЦКП;
- доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых в возрасте до 39 лет;
- сведения о результатах интеллектуальной деятельности, полученных с использованием научного оборудования ЦКП, в том числе количество публикаций о результатах исследований [1].

Учитывая отличия ЦКП по условиям функционирования, целевой направленности, видам предоставляемых сервисов, составу оборудования, используемым ресурсам и материалам, а также системам жизнеобеспечения, для оценки деятельности ЦКП требуются более полные перечни, включающие, наряду с обязательными, дополнительные, специфические для каждого ЦКП показатели.

Ниже рассмотрены методы формирования перечня показателей эффективности, а также методы их расчета на примере ЦКП «Информатика» ФИЦ ИУ РАН [2].

Общее описание ЦКП «Информатика»

Деятельность ЦКП «Информатика» направлена на обеспечение современными высокоэффективными вычислительными ресурсами научных коллективов, ученых, предприятий для решения прикладных и фундаментальных научных и технических задач.

В состав ЦКП «Информатика» входят два гибридных высокопроизводительных вычислительных комплекса (ГВБК), имеющих архитектуру IBM Power 9 и Intel x64, а также виртуальная инфраструктура на основе серверов архитектуры Intel x64 (15 узлов). Каждый ГВБК оснащен графическими ускорителями (GPU) NVIDIA Tesla V100. Оба комплекса и виртуальная инфраструктура объединены в высокопроизводительный гибридный вычислительный кластер сетью Infiniband производительностью 100 Гб/с.

В настоящее время кластер достигает пиковой производительности 160 TFlops по операциям двойной точности, при решении задач глубокого обучения пиковая производительность оценивается в 2,5 PFlops.

В состав ЦКП также входит система хранения данных емкостью 1000 Тб.

Предоставление пользователям вычислительных ресурсов ЦКП осуществляется в соответствии со следующими принципами:

- предоставление вычислительных ресурсов в виде облачных услуг;
- поддержка параллельного исполнения пользовательских расчетных заданий и приложений, которое обеспечивает максимальную загрузку вычислительных узлов кластера;
- формирование базового набора утилит и библиотек, применяемых пользователями для разработки программного обеспечения и выполнения научных расчетов;
- предоставление пользователям инструмента формирования индивидуальной вычислительной среды за счет развертывания дополнительного программного обеспечения, системных и прикладных библиотек и интегрированных сред исполнения;
- возможность преобразования пользовательских индивидуальных вычислительных сред в облачные сервисы и предоставление их другим пользователям ЦКП «Информатика».

Перечисленные выше принципы реализуются за счет применения в ЦКП облачных технологий, технологий виртуализации, технологий формирования и предоставления научных сервисов.

Высокопроизводительные вычислительные комплексы гибридной архитектуры обладают мощными вычислительными ресурсами, которые могут быть предоставлены пользователям и научным коллективам. Современная политика предоставления ресурсов базируется на облачных технологиях. Ресурсы могут предоставляться в следующих режимах:

- «Программное обеспечение как сервис» (SaaS, *Software as a Service*);
- «Платформа как сервис» (PaaS, *Platform as a Service*);

– законченный научный сервис в виде предметно-ориентированных программ услуги (**RaaS**, *Research as a Service*) [3].

Потребители услуг вычислительного комплекса — пользователи ЦКП — в этом случае получают не просто доступ к ресурсам, а полный набор инструментов и услуг, позволяющий разрабатывать собственное программное обеспечение, проводить отладку программных систем и модулей, мониторить выполнение программ, управлять вычислительными заданиями, хранить исходные данные и результаты работы.

Для обеспечения параллельного исполнения вычислительных задач используются возможности системы управления вычислительными заданиями. Правила загрузки и выполнения задач на серверах комплекса разрабатываются с таким расчетом, чтобы снизить конкуренцию между заданиями за аппаратные ресурсы и одновременно обеспечить максимальную загрузку ресурсов ЦКП «Информатика».

Дополнительно для обеспечения максимальной загрузки вычислительного комплекса вводятся организационные меры и правила функционирования. Эти возможности закладываются в систему управления вычислительными заданиями при вводе в действие и эксплуатации ГВВК.

Меры и правила обеспечивают:

- размещение задач на компонентах вычислительного комплекса;
- выполнение задач в интерактивном и пакетном режимах [4];
- приоритизацию задач;
- управление вычислительными ресурсами, предоставление заданиям вычислительных компонентов (ядер CPU, GPU, RAM и др.).

Технические и организационные меры управления вычислительным процессом обеспечивают снижение периода ожидания заданий в очередях и позволяют проводить параллельное выполнение нескольких вычислительных заданий

Политики и правила управления вычислительными заданиями позволяют снизить время ожидания заданий в очередях и обеспечить загрузку оборудования ЦКП в соответствии с действующими нормативами.

В вычислительной среде пользователь имеет возможность получить базовый набор утилит и программных библиотек, а также индивидуальную среду моделирования, созданную на основе технологий виртуальной контейнеризации.

При необходимости создания собственной индивидуальной среды пользователю обеспечивается доступ к виртуальному *docker* [5] контейнеру, в котором предустановлено необходимое пользователю программное обеспечение и имеется возможность

установки дополнительного ПО, используя права суперпользователя.

Формирование индивидуальной среды средствами виртуализации решает проблемы, связанные с возможной несовместимостью различного программного обеспечения, и обеспечивает параллельное выполнение разнородных пользовательских задач [6—8].

Рассмотренный выше способ предоставления вычислительных ресурсов в качестве облачного сервиса классифицируется как облачная услуга **PaaS**, под которой подразумевается, что провайдер предоставляет программные и технические ресурсы для развертывания приложений пользователей.

Конвертация вычислительной среды пользователя в облачный сервис открывает возможность для предоставления облачной услуги нового типа — **RaaS**. Из сформированной программной среды для решения задач пользователя может быть создан базовый контейнер. В этом случае пользователи облачного сервиса получают готовое программное обеспечение **RaaS**, имеют возможность загружать исходные данные и выполнять научные расчеты, основываясь на существующих предметно-ориентированных программах без разработки и настройки необходимого им программного обеспечения.

Перечисленные подходы к организации вычислительного процесса позволяют:

- привлекать в ЦКП «Информатика» научные коллективы, научные и коммерческие организации, решающие разнородные задачи из различных областей науки и техники;
- обеспечивать высокую загрузку вычислительных ресурсов путем параллельного выполнения вычислительных заданий;
- получать научные, научно-практические и иные результаты с применением вычислительного оборудования ЦКП;
- получить экономическую выгоду.

Методические подходы к оценке эффективности ЦКП «Информатика»

Под эффективностью системы понимается степень достижения целей, поставленных при ее создании [9].

Для принятия решения о степени достижения требуемой цели необходим критерий эффективности — правило, позволяющее сопоставлять стратегии, характеризующиеся различной степенью достижения цели, и осуществлять их выбор из множества допустимых [10].

Критерий эффективности системы (изделия) определяется множеством показателей. Под показателем понимается характеристика, описываемая

количественно и позволяющая оценить свойство этой системы с какой-либо одной стороны [11].

Обобщенную оценку эффективности целесообразно строить путем композиции показателей эффективности отдельных аспектов деятельности ЦКП с учетом их вклада в общую его эффективность.

Выбор показателей эффективности целесообразно осуществлять исходя из следующих соображений [12]:

- соответствие показателей целям разработки и назначению системы;
- измеримость с помощью существующих физических величин. Желательно выбирать показатели, которые могут быть выражены количественно;
- выбор оптимального числа показателей, так как при их малом числе не в полной мере учитываются целевые функции системы, а с ростом числа показателей возрастает трудоемкость оценки;
- показатели эффективности по возможности должны учитывать требования, регламентируемые действующими нормативно-техническими документами.

ЦКП «Информатика» используется при решении задач синтеза новых материалов, которые требуют больших объемов вычислительных ресурсов, что обеспечивается применением высокопроизводительных вычислительных комплексов с гибридной архитектурой. При этом применяются индивидуальные среды исполнения на основе технологий виртуализации, что позволяет предоставить пользователю полностью готовую среду для выполнения расчетов.

В этом плане для оценки эффективности ЦКП «Информатика» при решении задач синтеза новых материалов особое значение приобретает первоочередной учет и выбор технических показателей эффективности ЦКП. Технические показатели характеризуют возможности вычислительного комплекса по созданию среды виртуализации (пиковая производительность вычислительной системы, реальная производительность вычислительной системы на специализированных тестах, загрузка оборудования прикладными задачами, эффективность программного кода — показатели производительности компонентов алгоритма (процедур и циклов) в условиях естественных ограничений вычислительной системы — производительности памяти и пиковой производительности вычислительного блока).

Анализ особенностей ЦКП «Информатика», в том числе при решении задач синтеза новых материалов, позволяет выделить три группы показателей, характеризующих различные стороны деятельности ЦКП:

- показатели развития;
- показатели деятельности;
- показатели результативности.

Показатели развития позволяют оценить соответствие структуры ЦКП его задачам, число пользователей (внутренних и внешних), численность и квалификацию сотрудников ЦКП, эргономические характеристики, наличие нормативной и технической документации.

Показатели деятельности характеризуют следующие технические и технологические возможности ЦКП:

- характеристики оборудования;
- возможности системы хранения данных;
- временные характеристики работы ЦКП (время доступа к ЦКП; среднее время решения задач);
- время загрузки ЦКП (в процентах от максимально возможного времени работы оборудования ЦКП);
- время работы ЦКП в интересах третьих лиц (в процентах от фактического времени работы оборудования).

Третья группа показателей выделяется для оценки результативности деятельности ЦКП. К таким показателям могут быть отнесены следующие:

- число выполненных научных исследований (в рамках государственного задания, грантов, договорных работ и т. д.);
- число публикаций о результатах исследований, подготовленных с помощью ЦКП;
- стоимость выполненных работ и услуг ЦКП (под услугой ЦКП понимается проведение исследований по договорам возмездного оказания услуг или на безвозмездной основе);
- использование оборудования ЦКП (отношение стоимости выполненных работ и услуг к стоимости оборудования ЦКП).

Общая эффективность ЦКП определяется следующим образом: на основе частных показателей рассчитываются три обобщенных показателя, характеризующих приведенные выше стороны функционирования ЦКП и интегральный показатель, показывающий эффективность ЦКП в целом.

С точки зрения возможности практического применения методик на различных стадиях жизненного цикла систем для расчета обобщенных показателей эффективности целесообразно использование методов среднего взвешенного и анализа иерархий [13—17]. Для этих методов характерны простота и возможность работы с большой размерностью данных, к тому же они апробированы. Кроме того, метод анализа иерархий ориентирован на нечеткие оценки, что более просто для экспертов, чем точные количественные оценки.

Частные показатели эффективности могут определяться следующим образом:

- по отдельным методикам. Например, в работе [18] представлен пример расчета надежности гибридного вычислительного комплекса,

а в работе [19] — методический подход к оценке производительности вычислительного комплекса при решении задач моделирования;

– как отношение реального значения показателя к требуемому $\mathcal{E}_i = N/N_{\text{тр}}$ [20—22]. Реальные значения показателей определяются по результатам деятельности ЦКП и соотносятся с плановыми (требуемыми) значениями;

– экспертным путем по десятибалльной шкале с последующим нормированием и приведением к значениям от 0 до 1.

Весовые коэффициенты определяются экспертным путем с использованием математических методов (метод ранжирования, метод приписывания баллов, метод парного сравнения и т. п.) [23—25].

Общий методический подход к оценке эффективности ЦКП в целом представлен в работе [26]. В рамках данного подхода предложены конкретные действия лиц, осуществляющих такую оценку, начиная со сбора исходных данных и заканчивая расчетом обобщенных показателей эффективности и интегрального показателя эффективности ЦКП.

На основе анализа полученных результатов формулируются рекомендации по совершенствованию отдельных характеристик ЦКП и повышению его эффективности в целом.

Заключение

Изложенные в статье методические подходы позволяют оценить эффективность применения ЦКП «Информатика» для научных исследований, а также его вклад в обеспечение научных исследований в различных областях, в том числе и при решении задач синтеза новых материалов.

Предложен расширенный по сравнению с определенными нормативными документами перечень показателей эффективности ЦКП, включая обобщенные и частные показатели, учитывающие его развитие, деятельность и итоги работы. Представлены предложения по расчету обобщенных показателей эффективности.

Рассмотренный подход используется для ежегодной оценки деятельности ЦКП «Информатика». На его основе разрабатываются рекомендации по планированию и совершенствованию его деятельности, а также по определению тематики научных исследований.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 17 мая 2016 (01 октября 2018 г. с доп. и изм.) г. № 429 «О требованиях к центрам коллективного пользования научным оборудованием и уникальным научным установкам, которые созданы и (или) функционируют которых обеспечивается с привлечением бюджетных средств, и правилах их функционирования». URL: <https://base.garant.ru/71402960/>
2. Центр коллективного пользования «Информатика». URL: <http://www.freesc.ru/ckp>

3. Кондрашев В. А., Волович К. И. Управление сервисами цифровой платформы на примере услуги высокопроизводительных вычислений // Международная научная конференция «Математическое моделирование и информационные технологии в инженерных и бизнес-приложениях». Воронеж, 2018. С. 217—223.

4. Zatsarinny A. A., Kondrashev V. A., Sorokin A. A. Approaches to the organization of the computing process of a hybrid high-performance computing cluster in the digital platform environment // 5th International Conference on Information Technologies and High-Performance Computing (ITHPC 2019). CEUR Workshop Proceedings, 2019. V. 2426. P. 12—16. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2426/paper2.pdf>

5. Zatsarinny A. A., Gorshenin A. K., Kondrashev V. A., Volovich K. I., Denisov S. A. Toward high performance solutions as services of research digital platform // 13th International Symposium «Intelligent Systems» (INTELS 2018). St. Petersburg, 2019. P. 622—627.

6. Volovich K. I., Denisov S. A., Shabanov A. P., Malkovsky S. I. Aspects of the assessment of the quality of loading hybrid high-performance computing cluster // 5th International Conference on Information Technologies and High-Performance Computing (ITHPC 2019). CEUR Workshop Proceedings, 2019. V. 2426. P. 7—11. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2426/paper1.pdf>

7. Ding F., an Mey D., Wienke S., Zhang R., Li L. A study on today's cloud environments for HPC applications // In: Helfert M., Desprez F., Ferguson D., Leymann F. (Eds.) Cloud Computing and Services Science. CLOSER 2013. Cham: Springer, 2014. P. 114—127. DOI: 10.1007/978-3-319-11561-0_8

8. Волович К. И., Денисов С. А., Мальковский С. И. Формирование индивидуальной среды моделирования в гибридном высокопроизводительном вычислительном комплексе // Известия вузов. Материалы электронной техники. 2019. Т. 22, № 3. С. 197—201. DOI: 10.17073/1609-3577-2019-3-197-201

9. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2009. 14 с.

10. Надежность и эффективность в технике: справочник. В 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / Под ред. В. Ф. Уткина. М.: Машиностроение, 1988. 328 с.

11. ГОСТ 24.702-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2009. 6 с.

12. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С. Некоторые методические аспекты выбора показателей эффективности информационных систем // Системы высокой доступности. 2019. Т. 15, № 4. С. 19—26.

13. Окунев Ю. Б., Плотников В. Г. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи. М.: Связь, 1976. 183 с.

14. Бомас В. В., Судаков В. А., Афонин К. А. Поддержка принятия многокритериальных решений по предпочтениям пользователя. СПИР DSS/UTES: монография / Под общ. ред. В. В. Бомаса. М.: Изд-во МАИ, 2006. 169 с.

15. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.

16. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С., Шабанов А. П. К вопросу о сравнительной оценке эффективности ситуационных центров // Системы и средства информатики. 2013. Т. 23, № 2. С. 170—186. DOI: 10.14357/08696527130212

17. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С. К вопросу оценки эффективности автоматизированных систем с использованием метода анализа иерархий // Системы и средства информатики. 2015. Т. 25, № 3. С. 161—178. DOI: 10.14357/08696527150310

18. Зацаринный А. А., Гаранин А. И., Кондрашев В. А., Волович К. И., Мальковский С. И. Оценка надежности гибридного высокопроизводительного вычислительного комплекса при решении научных задач // Системы и средства информатики. 2019. Т. 29, № 2. С. 135—147. DOI: 10.14357/08696527190212

19. Волович К. И. Оценка загрузки гибридного вычислительного комплекса при выполнении задач моделирования в материаловедении // Материалы II Международной конференции «Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов» (МММЭК-2020). М.: МАКС Пресс, 2020. С. 30—33.

20. Саркисян С. А., Голованов Л. В. Прогнозирование развития больших систем. М.: Статистика, 1975. 192 с.

21. Соломонов Ю. С., Шахтарин Ф. К. Большие системы: гарантийный надзор и эффективность / Под ред. Ю. С. Соломонова. М.: Машиностроение, 2003. 368 с.

22. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С. Метод выбора варианта построения информационно-телекоммуникационной системы // Системы и средства информатики. 2019, Т. 29, № 3. С. 114—126. DOI: 10.14357/08696527190310

23. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2007. 392 с.

24. Семенов С. С. Оценка качества и технического уровня сложных систем: практика применения метода экспертных оценок. М.: Ленанд, 2019. 352 с.

25. Бомас В. В., Судаков В. А. Поддержка субъективных решений в многокритериальных задачах: монография. М.: Изд-во МАИ, 2011. 173 с.

26. Зацаринный А. А., Волович К. И., Денисов С. А., Ионенков Ю. С., Кондрашев В. А. Методические подходы к оценке эффективности центра коллективного пользования «Информатика» // Системы высокой доступности. 2020. Т. 16, № 2. С. 44—51. DOI: 10.18127/j20729472-202002-04

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №18-29-03091 и №19-29-03051мк.

Статья поступила в редакцию 11 ноября 2020 г.

Izvestiya vuzov. Materialy elektronnoi tekhniki = Materials of Electronics Engineering. 2020, vol. 23, no. 3, pp. 241—247. DOI: 10.17073/1609-3577-2020-3-241-247

Choice of HPC cluster performance indicators for the example of the “Informatika” Center for Collective Use of the FRC CSC RAS

A. A. Zatsarinny, K. I. Volovich, S. A. Denisov, Yu. S. Iononkov[§], V. A. Kondrashev

*Federal Research Center «Computer Science and Control» of the Russian Academy of Science,
44-2 Vavilov Str., Moscow 119333, Russia*

Abstract. This article discusses a methodology for assessing the effectiveness of a high-performance research platform. The assessment is carried out for the example of the “Informatika” Center for Collective Use (CCU) established at the Federal Research Center of the Institute of Management of the Russian Academy of Sciences, for solving new materials synthesis problems. The main objective of the “Informatika” Center for Collective Use is to conduct research using the software and hardware of the data center of the FRC IU RAS, including for the benefit of third-party organizations and research teams. The general characteristics of the “Informatika” Center for Collective Use are presented, including the main characteristics of its scientific equipment, work organization and capabilities. The hybrid high-performance computing cluster of the FRC CSC RAS (HHPCC) is part of the data center of the FRC IU RAS and also part of the “Informatika” Center for Collective Use. HHPCC provides computing resources in the form of cloud services as software (SaaS) and platform (PaaS) services. With the aid of special technologies, scientific services are delivered to researchers in the form of subject-oriented applications. Based on the analysis of the structure and operation principles of the Informatika Center, key performance indicators of the Center have been developed taking into account its specific tasks in order to characterize its various activity aspects (development, activities and performance). CCU efficiency evaluation implies calculation, on the basis of the developed indicators, of overall (generalized) indicators that characterize the CCU operation efficiency in various areas. An integral indicator is also calculated showing the overall CCU efficiency. To develop the overall performance indicators and the integral performance indicator, it is suggested to use the methods of weighted average and analysis of hierarchies. The procedure of determining partial performance indicators has been considered. Specific features of the choice of CCU performance indicators for solving new materials synthesis problems have been identified that characterize computing complex capabilities in the creation of a virtualization environment (peak performance of a computing system, real performance of a computing system on specialized tests, equipment loading with applied tasks and program code efficiency).

Keywords: center for collective use; performance; indicator; service; scientific service

References

1. Decree of the Government of the Russian Federation of May 17, 2016 (October 01, 2018 with additional amendments) No. 429 “On the requirements for centers for the collective use of scientific equipment and unique scientific installations, which are created and/or the operation of which is ensured with the involvement of budget funds, and the rules of their functioning”. (In Russ.). URL: <https://base.garant.ru/71402960/>

2. Shared Use Center “Informatics”. (In Russ.). URL: <http://www.frccsc.ru/ckp>

3. Kondrashev V. A., Volovich K. I. Service management of a digital platform using the example of high-performance computing services. *International Scientific Conference “Mathematical Modeling and Information Technologies in Engineering and Business Applications”*. Voronezh, 2018, pp. 217—223. (In Russ.)

4. Zatsarinny A. A., Kondrashev V. A., Sorokin A. A. Approaches to the organization of the computing process of a hybrid

Information about authors:

Alexander A. Zatsarinny: Dr. Sci (Eng.), Professor, Deputy Director (AZatsarinny@ipiran.ru); **Konstantin I. Volovich:** Cand. Sci. (Eng.), Senior Scientist (kvolovich@frccsc.ru); **Sergej A. Denisov:** Principal Engineer (sdenisov@frccsc.ru); **Yurij S. Iononkov[§]:** Cand. Sci. (Eng.), Senior Scientist (Ulononkov@ipiran.ru); **Vadim A. Kondrashev:** Cand. Sci. (Eng.), Deputy Director Federal Research Center (vkondrashev@frccsc.ru)

[§] Corresponding author

high-performance computing cluster in the digital platform environment. *5th International Conference on Information Technologies and High-Performance Computing (ITHPC 2019)*. CEUR Workshop Proceedings, 2019, vol. 2426, pp. 12—16. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2426/paper2.pdf>

5. Zatsarinny A. A., Gorshenin A. K., Kondrashev V. A., Volovich K. I., Denisov S. A. Toward high performance solutions as services of research digital platform. *13th International Symposium "Intelligent Systems" (INTELS 2018)*. St. Petersburg, 2019, pp. 622—627.

6. Volovich K. I., Denisov S. A., Shabanov A. P., Malkovsky S. I. Aspects of the assessment of the quality of loading hybrid high-performance computing cluster. *5th International Conference on Information Technologies and High-Performance Computing (ITHPC 2019)*. CEUR Workshop Proceedings, 2019, vol. 2426, pp. 7—11. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2426/paper1.pdf>

7. Ding F., an Mey D., Wienke S., Zhang R., Li L. A study on today's cloud environments for HPC applications. In: Helfert M., Desprez F., Ferguson D., Leymann F. (Eds.) *Cloud Computing and Services Science. CLOSER 2013*. Cham: Springer, 2014, pp. 114—127. DOI: 10.1007/978-3-319-11561-0_8

8. Volovich K. I., Denisov S. A., Malkovsky S. I. Creating of an individual modeling environment in a hybrid high-performance computing system. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Materialy Elektronnoi Tekhniki = Materials of Electronics Engineering*. 2019, vol. 22, no. 3, pp. 197—201. (In Russ.). DOI: 10.17073/1609-3577-2019-3-197-201

9. GOST 34.003–90. Information technology (IT). Set of standards for automated systems. Automated systems. Terms and Definitions. Moscow: Standartinform, 2009, 14 p. (In Russ.)

10. *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike. T. 3. Effektivnost' tekhnicheskikh sistem* [Reliability and efficiency in engineering: handbook. Vol. 3. Efficiency of technical systems]. Moscow: Mashinostroenie, 1988, 328 p. (In Russ.)

11. GOST 24.702–85. Unified system of standards for automated control systems. The effectiveness of automated control systems. Basic provisions. Moscow: Standartinform, 2009, 6 p. (In Russ.)

12. Zatsarinny A. A., Ionenkov Yu. S. Some methodological aspects of the choice of performance indicators of information systems. *High available systems*, 2019, vol. 15, no 4, pp. 19—26. (In Russ.)

13. Okunev Yu. B., Plotnikov V. G. *Printsipy sistemnogo podkhoda k proektirovaniyu v tekhnike svyazi* [Principles of a systematic approach to design in communication technology]. Moscow: Svyaz', 1976, 183 p. (In Russ.)

14. Bomas V. V., Sudakov V. A., Afonin K. A. *Podderzhka prinyatiya mnogokriterial'nykh reshenii po predpochteniyam pol'zovatelya. SPPR DSS/UTES* [Support for making multi-criteria

decisions based on user preferences. DSS/UTES]. Moscow: MAI, 2006, 172 p. (In Russ.)

15. Saati T. *Prinyatie reshenii. Metod analiza ierarhii* [Decision-making. Hierarchy analysis method]. Moscow: Radio i svyaz', 1993, 278 p. (In Russ.)

16. Zatsarinny A. A., Ionenkov Yu.S., Shabanov A. P. On a comparative evaluation of situational centers efficiency. *Systems and Means of Informatics*, 2013, vol. 23, no. 2, pp. 170—186. (In Russ.). DOI: 10.14357/08696527130212

17. Zatsarinny A. A., Ionenkov Yu. S. Regarding automated systems efficiency evaluation using analytic hierarchy process. *Systems and Means of Informatics*, 2015, vol. 25, no. 3, pp. 161—178. (In Russ.). DOI: 10.14357/08696527150310

18. Zatsarinny A. A., Garanin A. I., Kondrashev V. A., Volovich K. I., Malkovsky S. I. Evaluation of reliability of the hybrid high-performance computing complex in solution of scientific problems. *Systems and Means of Informatics*, 2019, vol. 29, no. 2, pp. 135—147. (In Russ.). DOI: 10.14357/08696527190212

19. Volovich K. I. Assessment of the load of a hybrid computing complex when performing modeling tasks in materials science. *Proc. II International Conference "Mathematical Modeling in Materials Science of Electronic Components" (MMMEC-2020)*. Moscow: MAKS Press, 2020, pp. 30—33. (In Russ.)

20. Sarkisyan S. A., Golovanov L. V. *Prognozirovaniye razvitiya bol'shikh sistem* [Forecasting the development of large systems]. Moscow: Statistika, 1975, 192 p. (In Russ.)

21. Solomonov Yu. S., Shakhtarin F. K. *Bol'shie sistemy: garantiyni nadzor i effektivnost'* [Large systems: warranty supervision and efficiency]. Moscow: Mashinostroenie, 2003, 368 p. (In Russ.)

22. Zatsarinny A. A. Ionenkov Yu. S. The method of selecting a variant of the construction of information and telecommunication systems. *Systems and Means of Informatics*, 2019, vol. 29, no. 3, pp. 114—126. (In Russ.). DOI: 10.14357/08696527190310

23. Larichev O. I. *Teoriya i metody prinyatiya reshenii* [Decision theory and methods]. Moscow: Logos, 2007, 392 p. (In Russ.)

24. Semenov S. S. *Otsenka kachestva i tekhnicheskogo urovnya slozhnykh sistem: praktika primeneniya metoda ekspertnykh otsenok* [Assessment of the quality and technical level of complex systems: the practice of applying the method of expert assessments]. Moscow: Lenand, 2019, 352 p. (In Russ.)

25. Bomas V. V., Sudakov V. A. *Podderzhka sub'ektivnykh reshenii v mnogokriterial'nykh zadachakh* [Support for subjective solutions in multi-criteria tasks]. Moscow: MAI, 2011, 173 p. (In Russ.)

26. Zatsarinny A. A., Volovich K. I., Denisov S. A., Ionenkov Y. S., Kondrashev V. A. Methodological approaches to evaluating the effectiveness of the center collective use "informatics". *High available systems*, 2020, vol. 16, no. 2, pp. 44—51. DOI: 10.18127/j20729472-202002-04

Acknowledgments

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research within the framework of research projects No. 18–29–03091 and No. 19–29–03051mk.

Received November 11, 2020

* * *