



Гетерогенная платформа

HybriLIT 2025

Современные подходы
к эффективным научным
вычислениям

Лаборатория информационных технологий
имени М.Г. Мещерякова,
Объединенный институт ядерных исследований



HybriLIT: современные подходы к эффективным научным вычислениям

Буклет демонстрирует возможности суперкомпьютера «Говорун», являющегося основной вычислительной составляющей гетерогенной платформы HybriLIT. А также знакомит с передовыми технологиями высокопроизводительных вычислений, рабочими процессами с ускорением на GPU, включая современные инструменты для ресурсоемких вычислений при моделировании и обработке экспериментальных данных, в том числе Big Data, в физике, биологии и исследованиях, ориентированных на ключевые проекты Объединенного института ядерных исследований.

Издание подготовлено командой гетерогенных вычислений HybriLIT и посвящено 70-летию ОИЯИ и 60-летию юбилею Лаборатории информационных технологий.

Команда HybriLIT

Руководители:

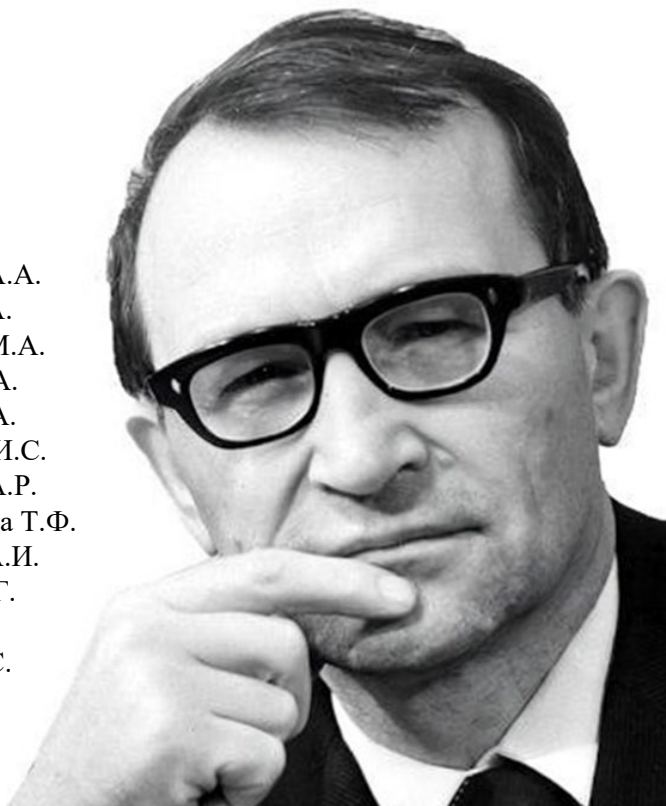
Адам Г.

Подгайный Д.В.

Стрельцова О.И.

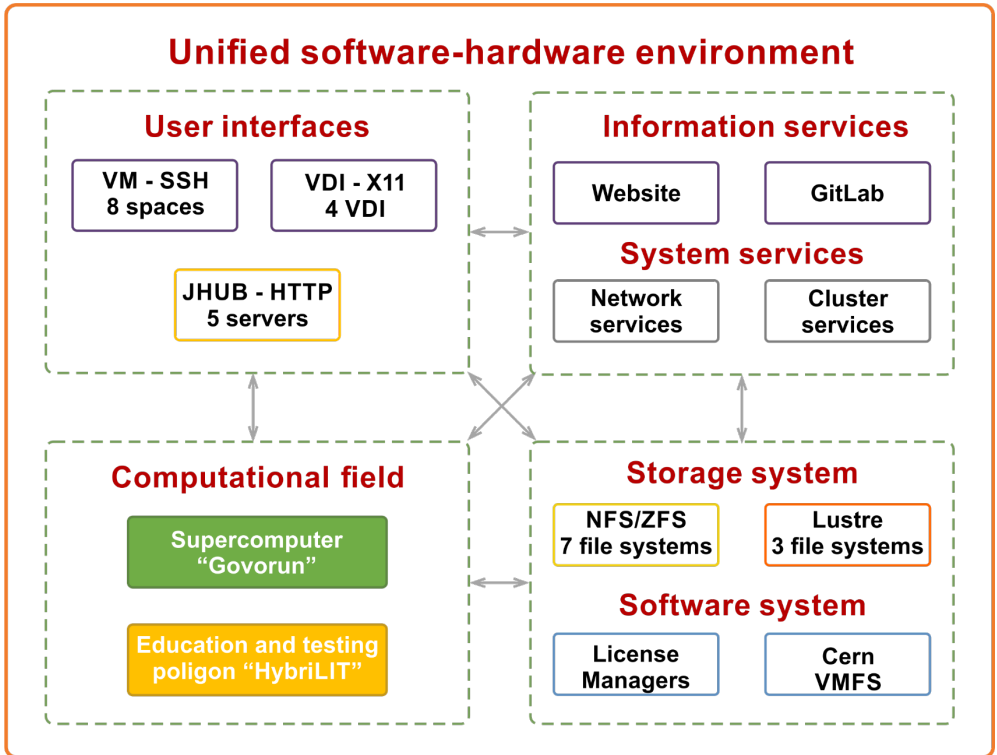
Группа HybriLIT:

Айриян А.С.	Киракосян А.А.
Аникина А.И.	Кокорев А.А.
Башашин М.В.	Любимова М.А.
Беляков Д.В.	Матвеев М.А.
Бежанян Т.Ж.	Мошкин А.А.
Буша Я.	Пелеванюк И.С.
Вальова Л.	Рахромова А.Р.
Валя М.	Сапожнокова Т.Ф.
Воронцов А.С.	Стрельцов А.И.
Габер М.И.	Торосян Ш.Г.
Заикина Т.Н.	Чижов К.А.
Земляная Е.В.	Шадмехри С.
Зув М.И.	



Гетерогенная вычислительная платформа HybriLIT

Гетерогенная вычислительная платформа HybriLIT является частью Многофункционального информационно-вычислительного комплекса Лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова ОИЯИ.



Основными компонентами Платформы являются: *вычислительное поле*, представленное суперкомпьютером «Говорун» и учебно-тестовым полигоном; *система хранения данных*, представленная рядом сетевых файловых систем (NFS/ZFS и Lustre); *система распространения программного обеспечения*, реализованная на базе менеджеров лицензий (FlexLM/MathLM) и сетевой файловой системы в режиме чтения (CernVM-FS); *пользовательские интерфейсы*, предоставляющие доступ к ресурсам Платформы в различных режимах; *системные сервисы*, обеспечивающие работу вычислительных узлов в составе кластера и суперкомпьютера; *информационные сервисы*, предназначенные для поддержки пользователей.

Гетерогенная вычислительная платформа HybriLIT

2014



Full peak performance:
140 TFlops for single precision;
50 TFlops for double precision

2018



#18 в Top50

Full peak performance:
1 PFlops for single precision
500 TFlops for double precision
9th in the current edition of the
IO500 list (July 2018)

2019



#10 в Top50

Full peak performance:
1.7 PFlops for single precision
860 TFlops for double precision
288 TB CXД
with I/O speed >300 Gb/s
17th in the current edition of the
IO500 list (July 2020)

2023



Full peak performance:
3.4 TFlops for single precision;
1.7 TFlops for double precision

2025



Full peak performance:
2.2 TFlops for double precision;
58 TFlops for half precision



Russian DC
Awards 2020 in
“The Best
IT Solution
for Data Centers”

Суперкомпьютер «Говорун»



PUE ~1,06

Power usage effectiveness



СК «Говорун» оснащен системой прецизионного жидкостного охлаждения разработанного компанией PSK. В суперкомпьютер поступает вода, охлаждённая до **45 градусов**. Пройдя весь контур суперкомпьютера, вода нагревается до **50 градусов** и возвращается в теплообменник, где охлаждается, передавая тепловую энергию в водяной контур сухой градирни.

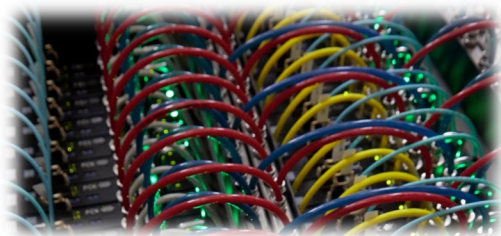
Система охлаждения имеет плавную регулировку производительности, что позволяет увеличивать или уменьшать мощность системы охлаждения в соответствии с фактической нагрузкой. Это позволяет значительно снизить энергопотребление при частичной нагрузке суперкомпьютера.

<http://hlit.jinr.ru/engineering-infrastructure/>

Общая пиковая производительность

2.2 ПФЛОПС двойной точности

58 ПФЛОПС половинной точности



более
8500
CPU ядер

21 сервер с Intel Xeon Phi

Intel Xeon Phi 7290 (72 cores @1.50 GHz), 96 GB RAM

76 серверов с Intel Xeon Scalable Gen2 (RSC Tornado TDN511)

2x Intel Xeon Platinum 8268 (24 Cores @2.90 GHz), 192 GB RAM

32 сервера Intel Xeon Scalable Gen2 (RSC Tornado TDN511S)

2x Intel Xeon Platinum 8368Q (38 Cores @2.60 GHz), 2 TB RAM

Пиковая производительность: 800 ТФЛОПС двойной точности



5 серверов с NVIDIA V100

2x Intel Xeon E5-2698 v4 (20 cores @2.20 GHz),

8x NVIDIA V100 16 GB, 512 GB RAM

5 серверов с NVIDIA A100

2x AMD EPYC 7763 (64 Cores @2.45 GHz),

8x NVIDIA A100 80 GB, 2 TB RAM

2 сервера RSC Exastream AI с графическими ускорителями Hopper H100:

2x Intel Xeon Platinum 8468 (48 Cores @2.1 GHz),

8x NVIDIA H100 80 GB, 1 TB RAM

Пиковая производительность: 58 ПФЛОПС половинной точности

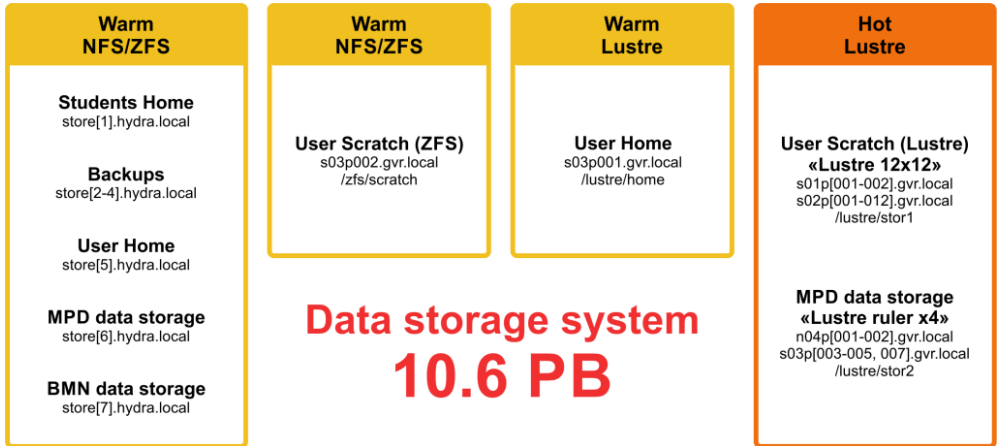
Система хранения

10.6 PB

http://hlit.jinr.ru/supercomputer_govorun/#_HardwareSG

Системы хранения данных

СК «Говорун» содержит сетевую систему хранения РСК Storage on-Demand, представляющую собой единую централизованно управляемую систему и имеет несколько уровней хранения данных — очень горячие данные, горячие данные и теплые данные.



Система хранения очень горячих данных

4x RSC Tornado TDN511S

(12x Intel Optane SSD DC P4801X 375GB M.2, IMDT) 4,2 TB

Система хранения горячих и теплых данных

14x RSC Tornado TDN511S

76x RSC Tornado TDN511

12x Intel Optane SSD DC P4801X 375GB M.2 Series

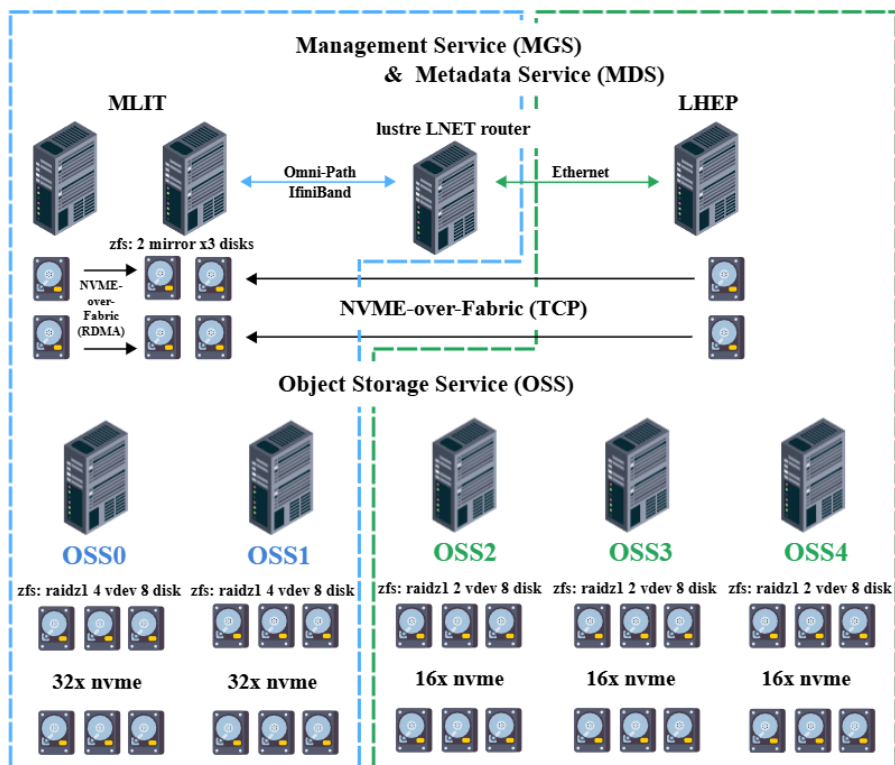
12x Intel SSD DC P4511 (NVMe, M.2)



http://hlit.jinr.ru/supercomputer_govorun/#_DataStorage

Распределенная файловая система Lustre

Распределенная файловая система Lustre состоит из двух сегментов: первый сегмент расположен в Лаборатории информационных технологий ОИЯИ, а второй сегмент в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ.



Сервера управления

2x RSC Tornado TDN711:
2x Intel Xeon Platinum 8268
96 cores @2.90GHz, 192 GB RAM,
Intel Omni-path 200 Gb/sec.



Сервера хранения

2x RSC Tornado TDN551 AFS:
2x Intel Xeon Gold 6248R
48 cores @3.00GHz, 376 GB RAM,
Intel Omni-path 200 Gb/sec,
32x Intel 30,73 TB

Объем хранилища: 1,5 PB

Сервер управления

Supermicro:
2x Intel Xeon E5-2690 v4
56 cores @2.60GHz, 256 GB RAM,
Mellanox 200 Gb/sec.



Сервера хранения

3x Supermicro:
2x Intel Xeon Gold 6230R
52 cores @2.10GHz, 786 GB RAM,
Mellanox 200 Gb/sec
16x Intel 15,36 TB

Объем хранилища: 600 TB

<http://hlit.jinr.ru/hybrilit-lustre/>

Программно-информационная среда Платформы

Все компоненты Платформы объединены единой программно-информационной средой, позволяющей пользователям применять доступные пакеты прикладных программ и разрабатывать собственные приложения, проводить расчёты с использованием различных типов вычислительных архитектур (CPU и GPU). Программно-информационная среда может быть разделена на три уровня: системный, программный и информационный.

Information Level

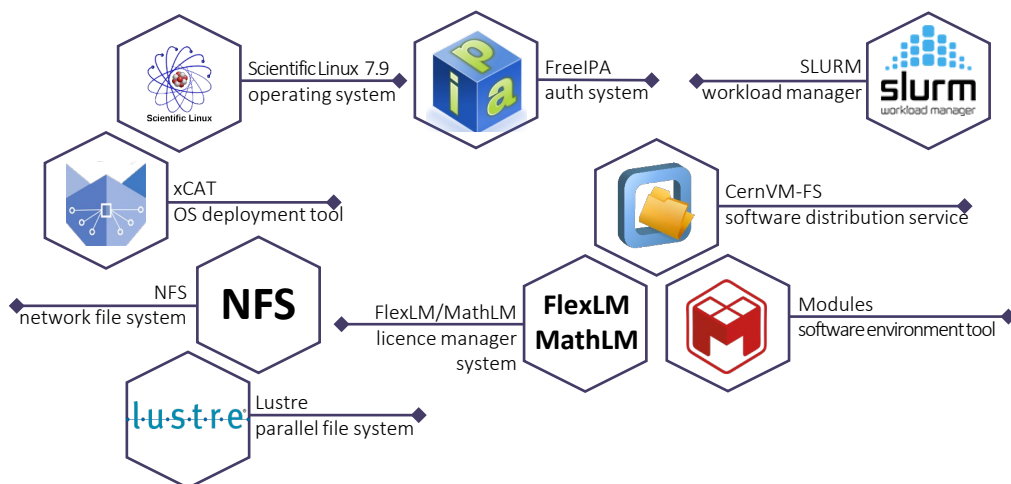
Информационный уровень включает в себя различные сервисы, которые способствуют активному и тесному взаимодействию пользователей с группой HybriLIT, предоставляют доступ к необходимой информации и позволяют обмениваться данными.

Software Level

Программный уровень содержит пакеты прикладных программ, предназначенных для обеспечения научных расчетов, инженерных вычислений, обработки и анализа данных, а также ряд специализированных сервисов (Экосистема ML/DL/HPC, Полигон для квантовых вычислений, HLIT-VDI, MOSTLIT, Полигон для работы с медицинскими данными и др.)

System Level

Системный уровень содержит базовые программные компоненты, обеспечивающие функционирование всей системы в целом, и сервисы мониторинга, позволяющие следить за работоспособностью и загруженностью Платформы.



Экосистема ML/DL/HPC

Для обеспечения работ по разработке методов и алгоритмов машинного и глубокого обучения, а также для анализа и визуализации данных, в программно-информационной среде платформы HybriLIT развернута экосистема ML/DL/HPC.

Component for educational purposes (without GPUs)

For teaching students
<https://studhub1.jinr.ru>

For conducting workshops within the framework of JINR scientific events
<https://studhub2.jinr.ru>
<https://studhub3.jinr.ru>

Component for carrying out resource-intensive computations (with GPUs)

<https://jhub1.jinr.ru>
<https://jhub2.jinr.ru>

HPC component for scientific projects (with installed specialized libraries)

BioProject services

<https://cell.jinr.ru>
<http://mostlit.jinr.ru>
<http://bio-dashboards.jinr.ru/morris>

Jupyter Books infrastructure

<http://studhub.jinr.ru:8080/jjbook>
<http://studhub.jinr.ru:8080/books>
<http://studhub.jinr.ru:8080/itschool2024>

CVAT services

<http://159.93.36.88:8080>
<http://159.93.36.67:8080>

A polygon for visualization of brain CT data

hlit-th-ct.jinr.ru

A polygon for quantum computing

<https://ampere05.jinr.ru>



На всех компонентах экосистемы установлены основные библиотеки и фреймворки для задач машинного и глубокого обучения (TensorFlow, PyTorch, Keras), позволяющие разрабатывать алгоритмы, обучать нейросетевые модели и проводить исследования как на центральных процессорах, так и на графических ускорителях в рамках среды JupyterLab.

http://hlit.jinr.ru/ecosystem-for-ml_dl_bigdataanalysis-tasks/

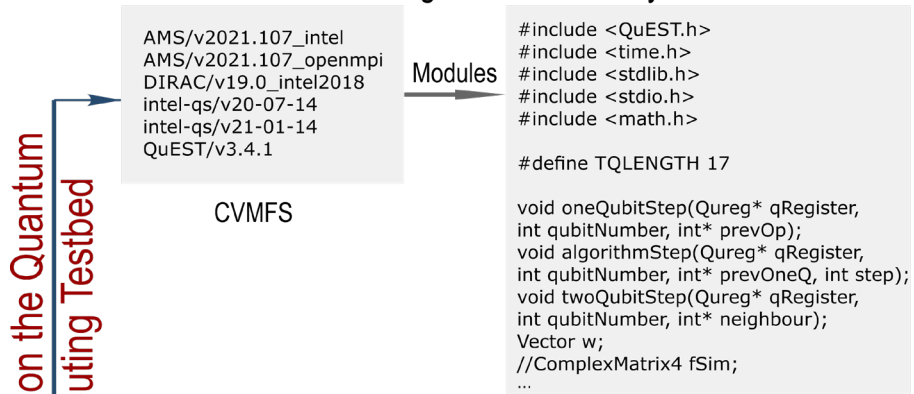
Полигон для квантовых вычислений

На ресурсах экосистемы ML/DL/HPC для решения задач, связанных с разработкой квантовых алгоритмов и применением симуляторов квантовых вычислений, функционирует Полигон для квантовых вычислений.

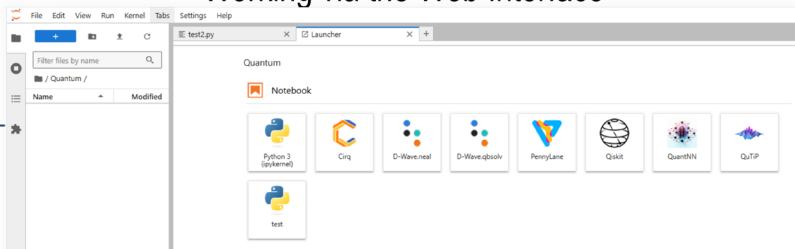
Работа на Полигоне организована в двух режимах:

- 1) с помощью планировщика задач (в режиме очередей SLURM);
- 2) в интерактивном режиме через веб-браузер.

Working via the Batch System



Working via the Web Interface



Квантовые симуляторы:

- Cirq
- Qiskit
- PennyLane
- QuTiP
- DWave.neal
- DWave.qbsolv
- QunatNN

Характеристика сервера

[<https://ampere05.jinr.ru>]:

2x AMD EPYC 7763 (64 Cores @ 2.45 GHz),
2 TB RAM,
8x NVIDIA Tesla A100 SXM4 80 GB HBM2

<http://hlit.jinr.ru/quantum-polygon/>

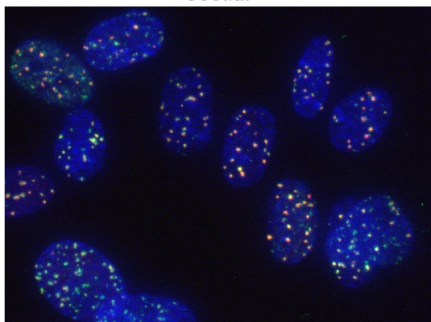
MOSTLIT. Сервис для обнаружения и анализа радиационно-индуцированных фокусов ДНК

Веб-сервис MOSTLIT разработан для автоматизации анализа радиационно-индуцированных фокусов (РИФ) в клеточных ядрах. Сервис предоставляет возможность детектировать ядра клеток на флуоресцентных изображениях, автоматически удаляя из анализа граничные и перекрывающиеся ядра, и РИФ в красном и зеленом каналах соответственно.

Upload your image

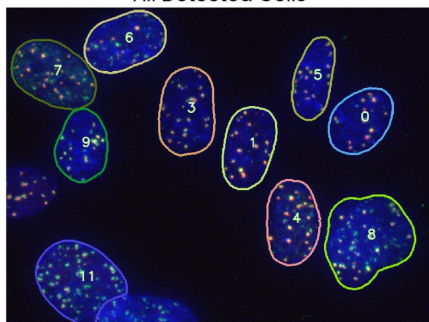
Browse file

3931.tif



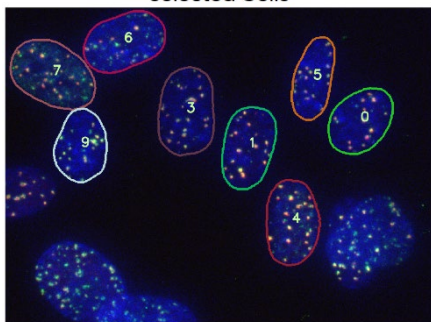
Identify Cells

All Detected Cells

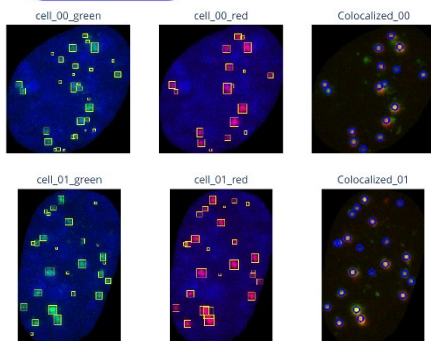


After the user chooses to delete the cell numbers 8 and 11:

Selected Cells



Detect Foci



По завершении анализа формируется таблица с числовыми характеристиками, такими как количество фокусов на клетку, площадь фокусов и показатели колокализации.

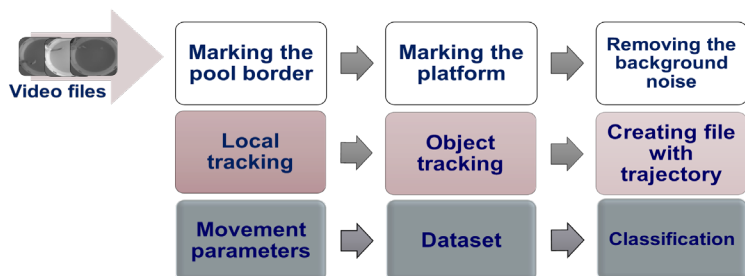
Эта работа является совместным проектом ЛИТ, ЛРБ ОИЯИ и ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

<https://mostlit.jinr.ru/>

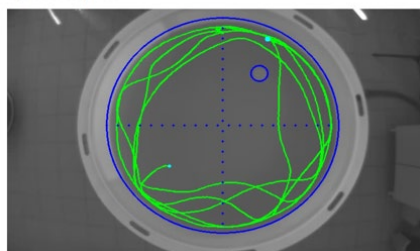
Веб-сервис для анализа траекторий мелких лабораторных животных в поведенческом тесте «Водный лабиринт Морриса»

Поведенческий тест «Водный лабиринт Морриса» направлен на исследования пространственной памяти и способности к обучению мелких лабораторных животных. В результате эксперимента накапливается огромное количество видеоматериалов. Разработка удобного инструментария позволит существенно сократить время исследований, получать более точные и расширенные количественные данные, а также траекторию экспериментального животного, которая очень информативна для данного теста.

Веб-сервис позволяет получать траекторию движения, необходимые аналитические данные движения и создает базу данных для последующей задачи классификации траекторий. Пользователь, в свою очередь, имеет возможность верификации построенной траектории.



Траектория



name	score
Total time traveled (sec)	61.0
Total distance (cm)	1635.39
FPS	30
Speed (cm/s)	71.49
First frame	26
Last frame	1856



- ✓ Разработан и протестирован алгоритм построения траекторий
- ✓ Аннотированы полученные траектории
- ✓ Создан набор данных для классификации

<http://bio-dashboards.jinr.ru/morris>

Полигон для работы с медицинскими данными

На ресурсах экосистемы ML/DL/HPC гетерогенной платформы HybriLIT функционирует полигон для работы с медицинскими данными компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) и функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) для форматов DICOM и Nifti в среде JupyterLab. Полигон позволяет читать и хранить данные с помощью установленных библиотек.



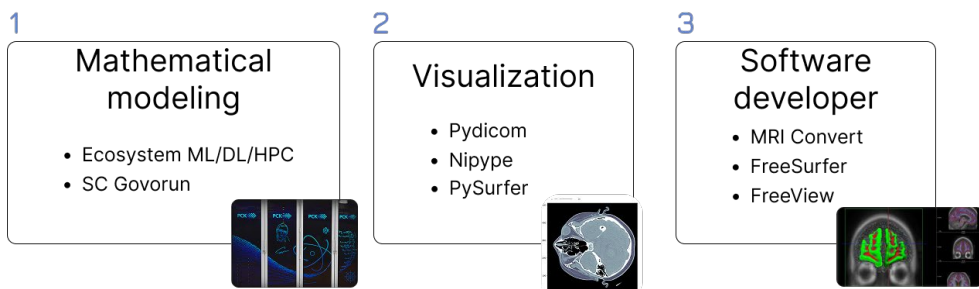
Характеристики сервера

2x Intel Xeon Gold 6126, 48 core @ 2.60 GHz,
256 GB RAM

Работа на полигоне

Доступ к полигону предоставляется из сети ОИЯИ. Для получения доступа к ресурсам полигона необходимо прислать письмо администраторам: [<aanikina@jinr.ru>](mailto:aanikina@jinr.ru), [<zuevmax@jinr.ru>](mailto:zuevmax@jinr.ru).

Для работы с установленными библиотеками на языке Python в интерфейсе JupyterLab доступно окружение **ct-mri** в виде отдельной «кнопки».



<http://hlit.jinr.ru/polygon-ct-mri/>

HLIT-VDI

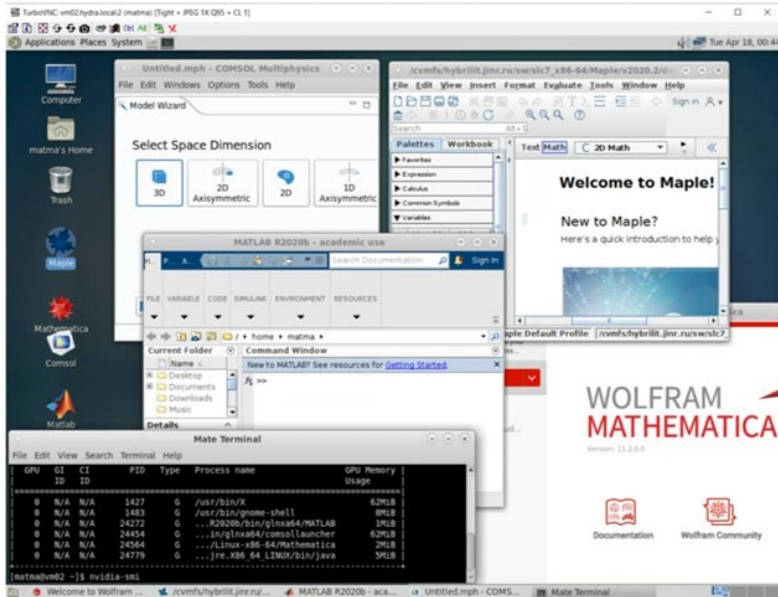
Сервис HLIT-VDI предназначен для работы с пакетами прикладных программ с графическим интерфейсом в режиме удалённого рабочего стола с помощью клиента TurboVNC Viewer на виртуальных машинах. Сервис размещён на выделенном сервере с графическим ускорителем Nvidia Tesla M60. Доступны 4 виртуальные машины.

Характеристики виртуальной машины

- 24 GB RAM
- 4x Intel Xeon E5-2697A v4
- Nvidia Tesla M60, 8 GB
- File Systems: ZFS, Lustre
- OS Centos 7.9

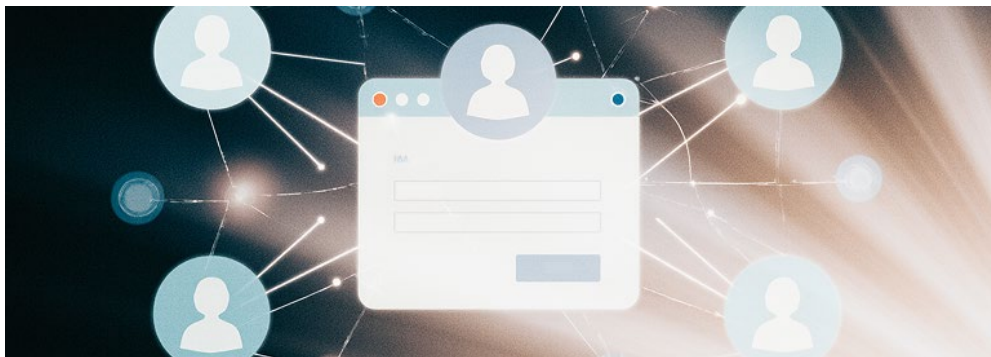
Сервис HLIT-VDI позволяет использовать в своих исследованиях сложные математические и физические пакеты, такие как Comsol, Matlab, Mathematica, Maple, Geant4, ROOT.

HLIT-VDI (Virtual Desktop Infrastructure)



<http://hlit.jinr.ru/hlit-vdi/>

Как стать пользователем Платформы



Сотрудникам ОИЯИ

Шаги:

1. Перейдите на сайт: hlit.jinr.ru → For Users → Registration.
2. Выберите тип регистрации: **Сотрудник ОИЯИ**.
3. Заполните регистрационную форму.
4. Отправьте форму и дождитесь подтверждения.
5. После одобрения на указанный e-mail придут:
 - логин;
 - инструкции по входу на Платформу.

Сотрудникам сторонних организаций

*Для внешних пользователей процедура включает дополнительное согласование.

Шаги:

1. Перейдите на сайт: hlit.jinr.ru → For Users → Registration.
2. Выберите вариант: **Пользователь сторонней организации**.
3. Заполните форму.
4. После отправки форма проходит модерацию.
5. При одобрении вы получите:
 - логин;
 - инструкции по входу на Платформу.

Для доступа к суперкомпьютеру «Говорун»

дополнительно необходимо заполнить форму «Расширенное описание задачи»
(доступна на сайте в разделе Registration).

http://hlit.jinr.ru/for_users/registration/

Как соединиться с Платформой

Для пользователей OS Windows

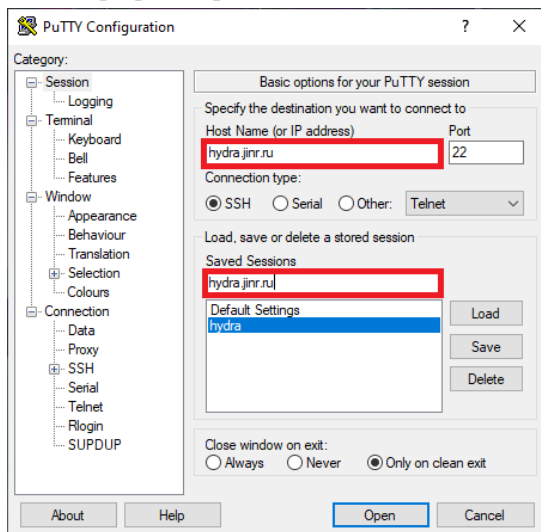
Для подключения к Платформе пользователей Windows необходимо использовать специальную программу – **SSH-клиент**, например, **PuTTY**.

Ссылка на скачивание размещена на веб-сайте:

http://hlit.jinr.ru/for_users/user_guide/#_2

Настройки PuTTY для доступа к платформе:

- В поле Host Name (или IP address) введите адрес сервера: `hydra.jinr.ru`
- В поле Saved Sessions введите имя подключения: `hydra.jinr.ru`
- Для использования удаленного графического интерфейса X11 переходим на вкладку Connection > SSH > X11 и выделяем поле Enable X11 forwarding.
- На вкладке Connection > SSH > Tunnels выделяем поле Local ports accept connections from other hosts.
- Возвращаемся на вкладку Session и нажимаем Save, чтобы сохранить все настройки.
- Нажимаем Open для подключения к платформе HybriLIT и вводим логин и пароль, полученные при регистрации.



Для пользователей OS Linux

- Запустите Terminal.
- Введите команду `ssh USERNAME@hydra.jinr.ru` (где USERNAME – логин).
- Введите пароль.

http://hlit.jinr.ru/for_users/user_guide/#_2

Работа с планировщиком задач SLURM

1. Войти на платформу HybriLIT.

2. Подключить необходимые программные пакеты.

Для расчётов на СК «Говорун» подключить модуль **GVR/v1.0-1**

Основные команды **module**:

module avail – список доступного программного обеспечения;

module add <module_name> – подключить программный пакет;

module list – вывести список подключенных программных пакетов;

module unload <module_name> – отключить программный пакет;

module clear – отключить все программные пакеты.

3. Подготовить скрипт для планировщика SLURM с требуемыми параметрами задачи.

Основные параметры:

#SBATCH -p <partition_name> – используемая очередь;

#SBATCH -n 10 – число запрашиваемых процессоров;

#SBATCH -t 60 – резервируемое время расчётов в минутах;

#SBATCH --gres=gpu:2 – число резервируемых графических ускорителей;

#SBATCH --mem=1024 – резервируемая оперативная память, в мегабайтах;

#SBATCH -N 2 – число запрашиваемых узлов.

4. Поставить задачу в очередь на счет командой

sbatch <name of the script>

Основные команды SLURM:

sinfo – состояние очередей и узлов;

sinfo -Nle – состояние очередей и узлов с их характеристиками;

squeue – статус запущенных задач;

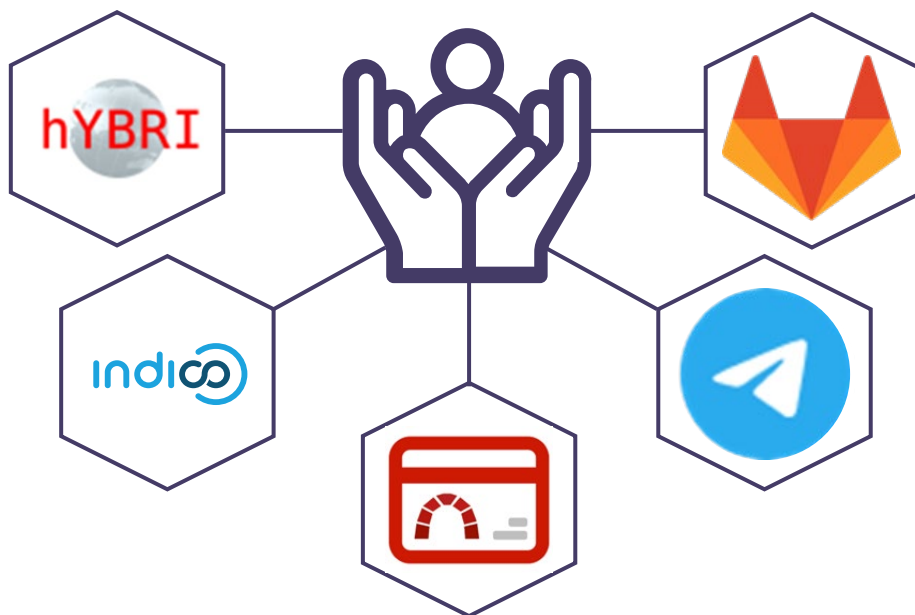
sbatch <name of the script> – отправить задачу на счет;

scancel <job_id> – убрать задачу из очереди.

5. После того как задача завершилась, в рабочей директории появляется файл с именем **slurm-<job_id>.out**, в который помещается стандартный вывод задачи (лог-файл работы программы и сообщения об ошибках, если задача завершилась неуспешно).

http://hlit.jinr.ru/for_users/user_guide/#_4

Поддержка пользователей



Веб-сайт HybriLIT содержит описание вычислительной компоненты Платформы, методические пособия и инструкции по работе с различными технологиями программирования.

http://hlit.jinr.ru/for_users/user_guide/

Система Indico применяется для организации конференций, семинаров и встреч.

<https://indico.jinr.ru/>

Сервис поддержки Project Manager HybriLIT User Support используется для взаимодействия пользователей с группой поддержки HybriLIT и предназначен для решения вопросов, возникающих у пользователей при работе на Платформе.

<https://pm.jinr.ru/projects/hybrilit-user-support>

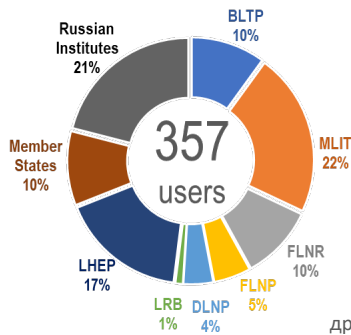
Telegram-канал HybriLIT User Support используется для информирования пользователей.

<https://t.me/hybrilit>

Сервис GitLab предназначен для совместной разработки ПО.

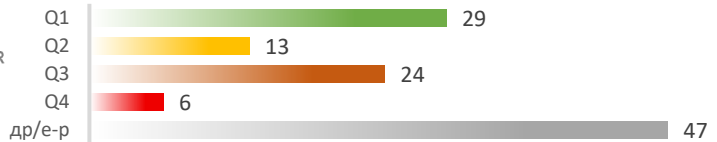
<https://git.jinr.ru/>

Платформа HybriLIT в цифрах



Результаты исследований, полученных с использованием ресурсов суперкомпьютера с 2018 года, представлены в **509** публикациях.

2024-2025 года **110** статей



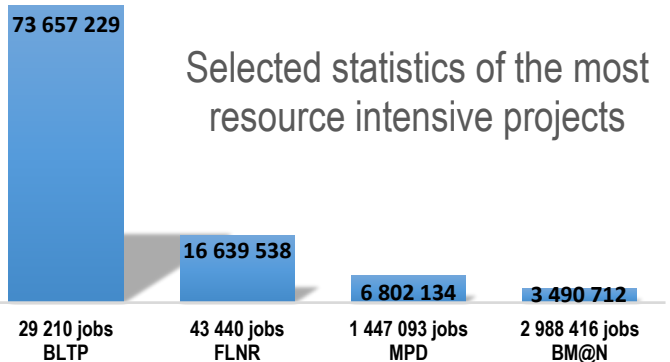
Total jobs

13,94M

Total core hours

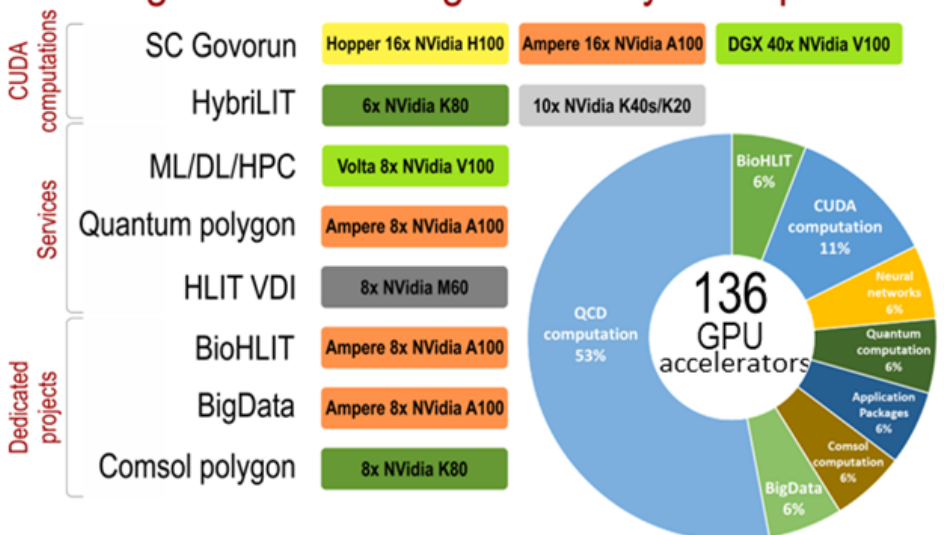
111,87M

CPU core-hours



Selected statistics of the most resource intensive projects

GPU usage at the Heterogeneous HybriLIT platform





ЛИТ ОИЯИ, Дубна
2025

