

Making Supercomputers Smart: the Moscow State University Experience

Sergey Sobolev, Vladimir Voevodin

Moscow State University, Research Computing Center

sergeys@parallel.ru

HPC in MSU: the Ancient History



2 KOps "Strela" Computer, 1956

HPC in MSU: the Ancient History



4.5 KOps "Setun" Ternary Computer, 1961

HPC in MSU: the Ancient History



20 KOps "BESM-4" Computer, 1966

HPC in MSU: the Ancient History



1 MOps "BESM-6" Computer, 1979

HPC in MSU: the Middle Ages



First MSU Computing Clusters, 2001

HPC in MSU: the Middle Ages



166 GFlops "Leo" Cluster, 2005

HPC in MSU: the Middle Ages



704 GFlops HP "Ant" Cluster, 2006

HPC in MSU: the Middle Ages

60 TFlops "Chebyshev", 2007



HPC in MSU: the Modern Period



1.7 PFlops "Lomonosov", 2009

HPC in MSU: the Modern Period



4.9 PFlops “Lomonosov-2”, 2018

Very Simple but Fundamental Questions Behind Parallel Computing

How to solve problems faster?



Parallel computing, pipelining...

How to solve problems **much faster?**
efficient million

How to organize the work of a team of several people/cores/CPU's...?



Theory / Practice...



SMP



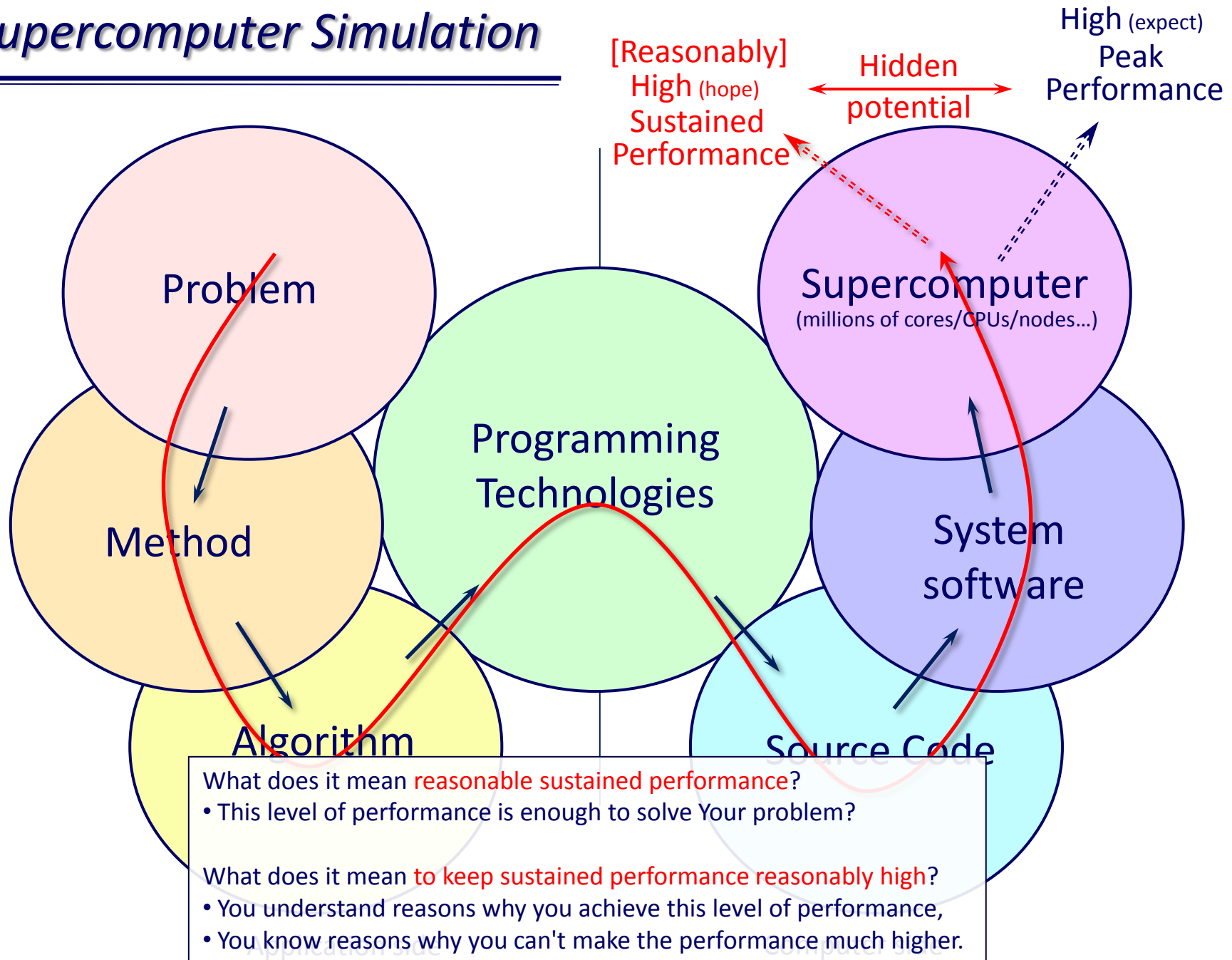
MPP




Synchronicity / Asynchrony / Models...

Various computer architectures...

Supercomputer Simulation







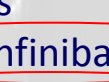

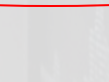


Supercomputer Centers Today

- 
- A photograph of a supercomputer center showing multiple racks of hardware. The racks are dark-colored with blue and yellow indicator lights. The word "ПЛАТФОРМЫ" (Platforms) is visible on the front of the racks. The system is housed in a large, industrial-looking environment with a curved ceiling and complex wiring.
- Huge potential,
 - Very high cost,
 - Technological complexity,
 - Difficult support and maintenance,
 - Diversity of architectures,
 - Complexity of architectures.

Supercomputer Centers Today

(MSU Supercomputer “Lomonosov” as an example)

What does “efficiency of supercomputers” mean? I need to know (control) everything...

Peak Performance	1.7 Pflops	
Linpack Performance	901.9 Tflops	
Efficiency	53 %	
Compute nodes (Intel, x86)	5 104	
Compute nodes (GPU)	1 065	
Intel Xeon (X5570/X5670)	12 346	
GPU (NVIDIA X2070)	2 130	
X86 Cores, total	52 168	
GPU Cores, total	954 240	
RAM	92 TBytes	
Interconnect	QDR 4x Infiniband / 10 GE	
Data Storage System	1.75 Pbytes, Lustre, NFS, ...	
Operating System	Clustrx T-Platforms Edition	
Footprint (supercomputer)	252 m ²	
Power Consumption	2.7 MW	
Launch Year (Last Upgrade)	2009 (2012)	

Software
stack
components

Deep
memory
hierarchy

Users

Projects

MSU Supercomputing Center today:

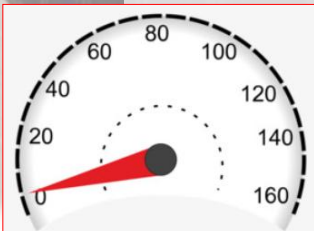
Users: 2955

Projects: 880

MSU Faculties / Institutes : 21

Institutes of RAS : 95

Russian Universities: 102



← special actions are desperately needed to prevent almost-zero speed/efficiency !

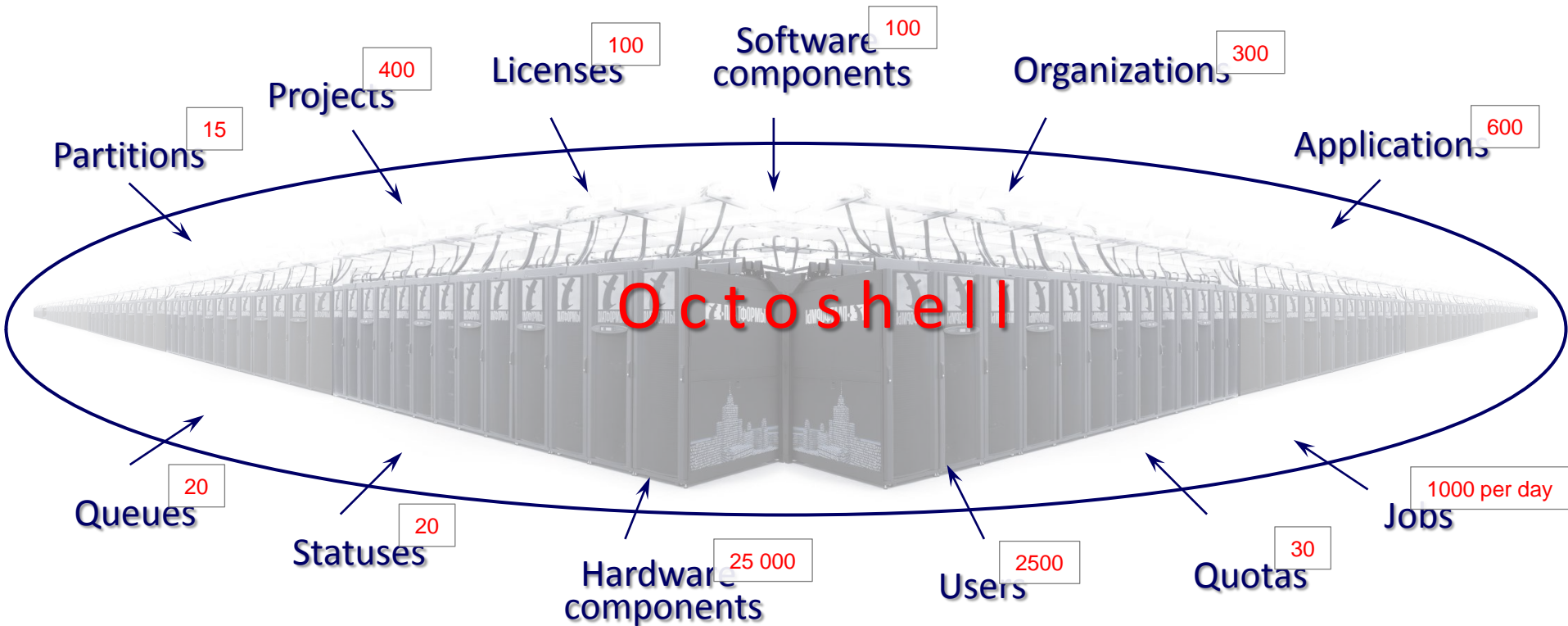
How to make Supercomputers Smart

(not just powerful)

- We must control everything what is necessary to control efficiency permanently and exactly
- We need guarantee of coincidence between our expectations and reality
- We must describe everything that needs to be controlled
- MSU experience: smart software and analytical techniques
 - Octoshell for users/projects management, support, etc.
 - DiMMon for monitoring
 - Octotron to control the components state
 - Analytical tools

Octoshell: Overcoming Complexity of Supercomputing Centers

(to describe everything that needs to be controlled)



DiMMon: Total Monitoring of MSU Supercomputers

(to control efficiency permanently and exactly)

Requirements for the supercomputer monitoring:

- we need to know: what, where, when,
- scalability: thousands computing nodes, dozens sensors per node,
- high frequency: a few seconds and less,
- active and passive modes,
- ...

A smart approach to monitoring:

- **on-the-fly analysis:** all relevant information should be extracted from the monitoring data before it's stored in a database;
- **on-site analysis:** monitoring data must be processed where the data were obtained (process first, move data (if necessary) later);
- **dynamic reconfiguration of monitoring systems:** the monitoring system must be capable to change dynamically its configuration, depending on the current load on the supercomputer and the specific analysis objectives.

There is no problem with monitoring of the Lomonosov/Lomonosov-2 supercomputers...

Octotron: Supercomputer's Configuration and Control

(coincidence between our expectations and reality)

Large numbers in supercomputers: processors, nodes, other HW&SW components

Every component may fail at any time

The Octotron is aimed to eliminate the after-effects of failures by automated reactions

The main Octotron idea is the total supercomputer description – **the model of supercomputer**

The model represents our expectation.
Monitoring data shows reality.



Analytics: Two Main Targets

We have **full information on all applications** executed on MSU supercomputers...

Two main targets are:

- 1. To help users** to find problems with efficiency of their application and to improve the efficiency if possible
- 2. To help administration** to estimate overall supercomputer efficiency

Analytics: Efficiency of Applications

We need to help users to find problems with efficiency of their application and to improve the efficiency if possible

- Examine **all** applications
- **On-the-fly** analysis
- Input data for analysis include:
 - Performance monitoring (DiMMon)
 - Task manager (Slurm)
 - Used libraries (XALT)
 - Other analytic tools
 - Machine learning based tools to find applications with low efficiency

Analytics: Efficiency of Applications

Octoshell

Рабочий кабинет

Кабинет администратора

Справка

vadim@parallel.ru

Выход

rus

eng

Профиль

Поддержка

Проекты

Перерегистрации

Пакеты

Статистика

Эффективность

Комментарии

Информация о завершенных задачах

На данной странице вы можете посмотреть информацию о ваших задачах, а также оценить эффективность их выполнения. Для отображения только интересных задач укажите ниже требуемые фильтры.

Показаны задачи: 0..19 из 19

Нет скрытых проблем с производительностью.

	Найденные проблемы	ID задачи	Начало счета	Конец счета	Статус	Число узлов	Время счета (часы)	Размер задачи (ЦПУ-часы)	Загрузка ЦПУ	Загрузка ГПУ	Load average	IPC	Получено байт по MPI (МБ/с)	Передано байт по MPI (МБ/с)
		697858	2018-07-25 13:12:09	2018-07-25 13:36:56	cancelled	1	0.4	5.8	86.7	0.0	25.4	0.36	0.0	0.0
		697859	2018-07-25 13:12:09	2018-07-25 13:36:56	cancelled	1	0.4	5.8	83.9	0.0	24.7	0.35	0.0	0.0
		697857	2018-07-25 13:12:06	2018-07-25 13:36:56	cancelled	1	0.4	5.8	55.2	0.0	18.7	0.36	0.0	0.0
		697867	2018-07-25 13:40:02	2018-07-25 14:23:28	completed	1	0.7	10.1	34.7	0.0	10.7	0.46	0.0	0.0

Заметный дисбаланс внутри узлов по использованию памяти.



Efficiency tab in Octoshell shows analysis results for all user applications

Analytics: Efficiency of Applications

Two similar runs:

- All input parameters are the same.
- Run time and MPI data transfers intensity are different.
- Root cause: weak network locality (6 switches instead of 3)

Найденные проблемы	ID задачи	Начало счета	Конец счета	Статус	Число узлов	Время счета, в часах	Размер задачи (ЦПУ-часы)	Загрузка ЦПУ	Загрузка ГПУ	Load average	IPC	Получено байт по MPI, в МБ
	CENSORED	2018-10-20 07:37:52	2018-10-21 11:46:24	completed	24	28.1	 9455.8	47.1	0.0	14.0	1.68	550.0
	CENSORED	2018-10-20 11:11:53	2018-10-21 17:18:01	completed	24	30.1	 10114.3	46.9	0.0	14.0	1.71	514.2

- Задача активно работает с MPI сетью, но сетевая локальность плохая (узлы СК расположены далеко друг от друга).
- Задача запущена в разделе для GPU задач, однако практически не использует графические процессоры.
- Слишком маленькие средние размеры ФС IB пакетов при достаточно высокой интенсивности использования коммуникационной сети.

Analytics: Abnormal Application Behavior

Общая информация

Суперкомпьютер	lomonosov-2
ID задачи	CENSORED
Логин	CENSORED
Статус завершения задачи	COMPLETED
Раздел суперкомпьютера	compute
Число ядер	336
Число узлов	24
Постановка в очередь	10/11/18 18:02:15
Начало счета	10/11/18 19:35:17
Конец счета	10/12/18 05:20:15
Время счета (часы)	9.7

Строка запуска **CENSORED CENSORED CENSORED CENSORED CENSORED**

Производительность

Метрика	Значение	Общая оценка
Средняя загрузка ЦПУ (%)	98.57	good
Average LoadAVG	1819.40	low
Среднее IPC	1.15	good
Средняя загрузка ГПУ (%)	0.00	low
Интенсивность передачи данных по MPI (МБ/с)	0.00	low
Интенсивность чтения из файловой системы (МБ/с)	0.00	low
Интенсивность записи в файловую систему (МБ/с)	0.00	low

Базовые свойства









В задаче мало MPI коммуникаций
Слишком низкая загрузка процессора при данном уровне loadavg
Задача активно работает с памятью
Задача имеет низкую локальность обращений в память

EXTREMELY HIGH!

Найденные потенциальные проблемы с эффективностью

В данном разделе приведен список проблем с эффективностью, которые были найдены для данной задачи. Для каждой проблемы приведено ее описание (какой признак возникновения проблемы был обнаружен), предположение (в чем, на наш взгляд, может заключаться причина возникновения проблемы) и рекомендация (что мы советуем сделать для ее устранения). Во многих случаях в рекомендации указано, какой тип дальнейшего анализа стоит проводить; реализацию этого функционала планируется выполнить в будущем.

Возможность оценки корректности и/или изменения обнаруженных проблем с эффективностью также планируется добавить в ближайшем будущем. Сейчас эта возможность реализована только на общей странице со списком задач.

Тип	Описание	Предположение	Рекомендация
   	Задача запущена в разделе для GPU задач, однако практически не использует графические процессоры.	Неправильно выбран раздел для задачи.	Рекомендуется сменить раздел.
   	Задача выполняется аномально неэффективно.	Задача работает некорректно или зависла.	Рекомендуется проверить корректность запуска и при необходимости отменить его.

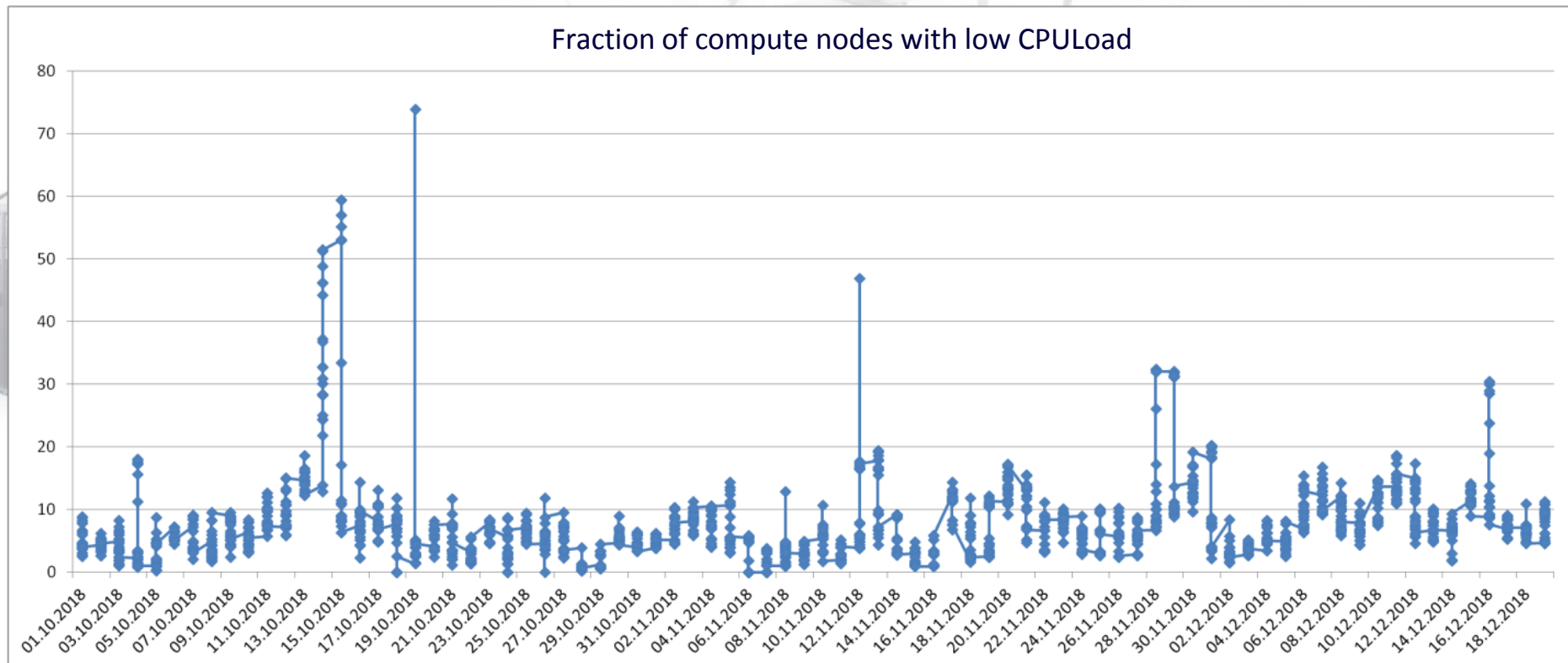
Analytics: Overall Supercomputer Efficiency

We need to help administration to estimate overall supercomputer efficiency

- Slices as main type of data presentation
- Warnings about critical events
- Input data for analysis include:
 - Performance monitoring (DiMMon)
 - Task manager (Slurm)
 - Used libraries (XALT)
 - Other analytic tools
 - Machine learning based tools to find applications with low efficiency
 - Projects, organizations, subject areas (Octoshell)
 - Compilers and linked libraries
 - Hardware and software failures (Octotron)
 - File system performance

***Analytics:** Usage of Lomonosov-2 Compute Nodes*

We have **full information** on hardware components of MSU supercomputers...

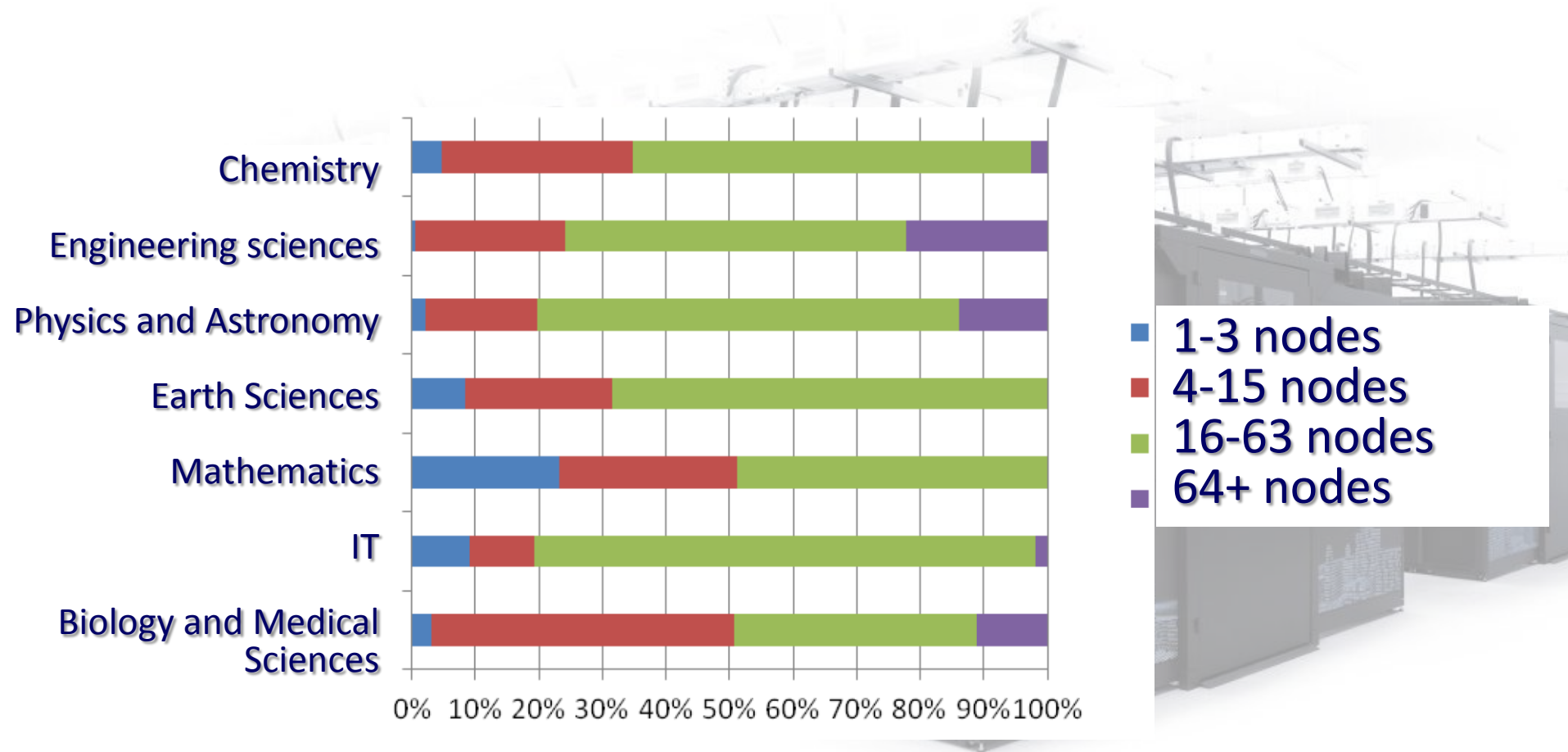


Period of time: 01.oct.18 – 18.dec.18.

Fraction of Lomonosov-2 compute nodes with CPUload below 10%.

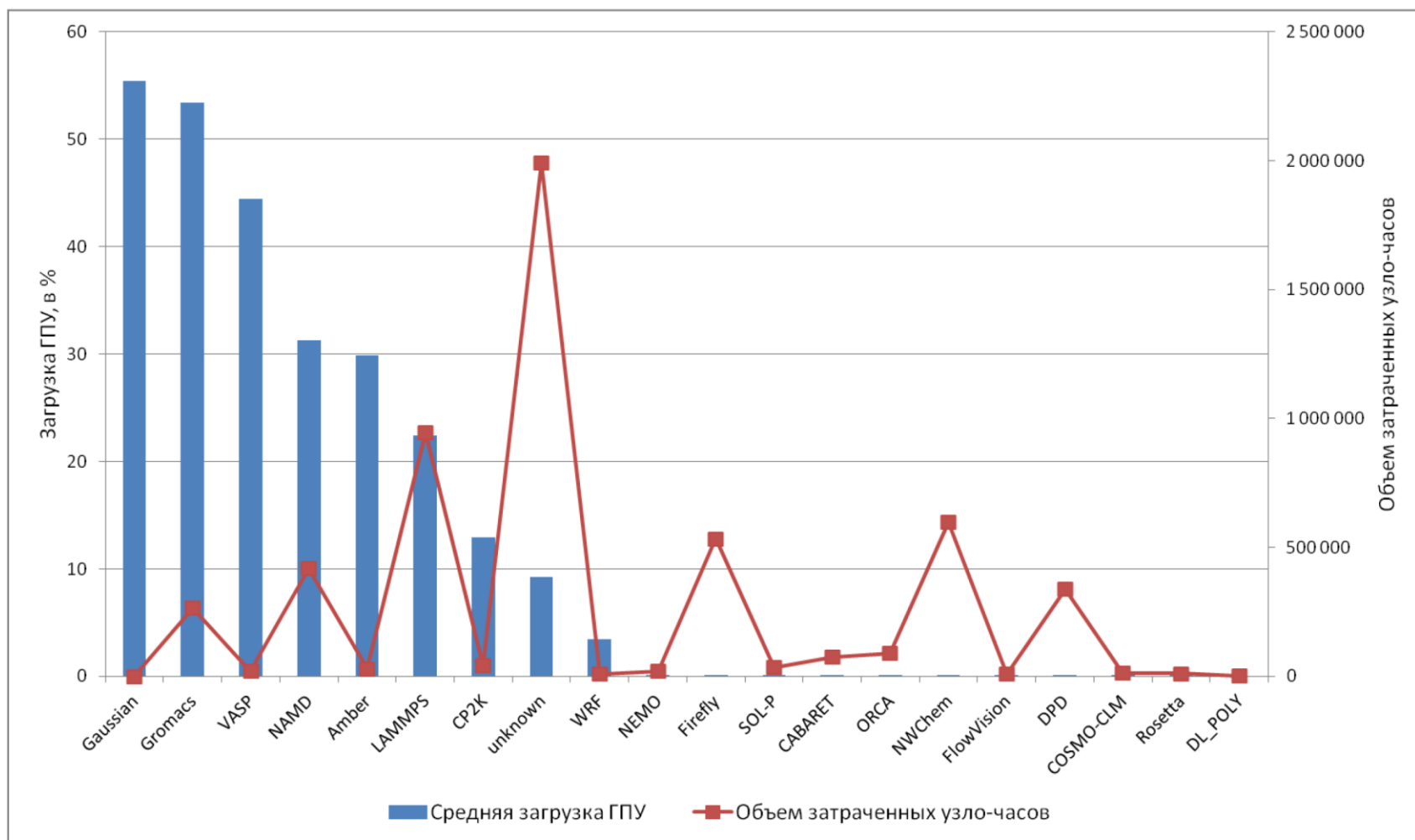
There are several points per each day since data are collected every hour.

Analytics: Application Sizes by Subject Areas



Core-hours for different subject areas (Lomonosov-2, 1st half of 2019)

Analytics: GPU Usage by Software Packages

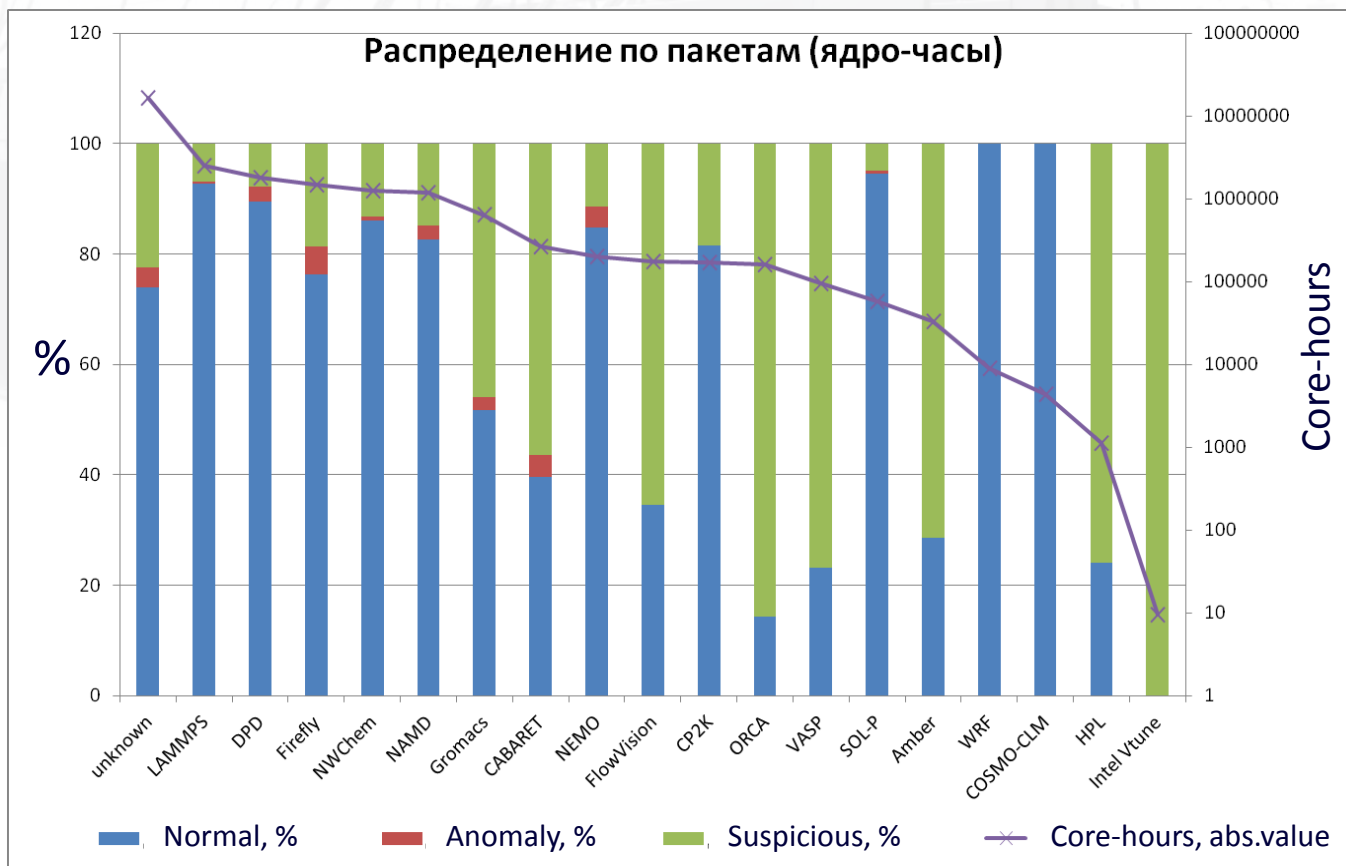


GPU load for software packages (Lomonosov-2, 1st half of 2019)

Analytics: Software Packages Efficiency (using XALT software)

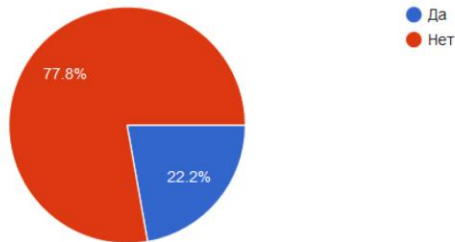
We have **full information on software components** at MSU supercomputers
(also on users, projects, organizations, etc.) ...

Lomonosov-2: October,9 – December,20 (2018):

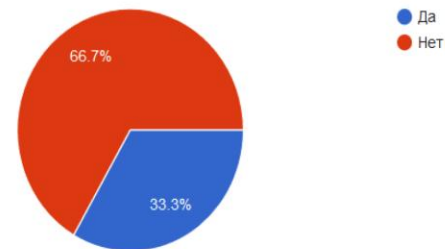


Overall Supercomputer Efficiency???

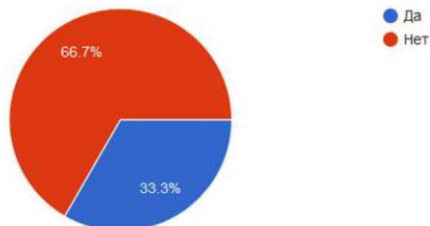
Do you know your Top5 applications with the lowest CPU load?



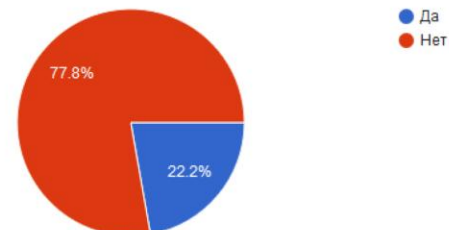
Do you use any tools for regular efficiency reports?



Do you collect statistics of software packages used?



Do you know the fractions of compute-intensive, data-intensive and communication-intensive applications?



Administrators survey results (RuSCDays'19)

Making Supercomputers Smart: the Moscow State University Experience

Thank you!

Also thanks to Vladimir Voevodin, Vadim Voevodin, and Dmitry Nikitenko