



EuroCC 2 Latvija



**HPC aprēķinu veikšanu ar MATLAB uz
videokartēm un MATLAB integrāciju ar citām
programmēšanas valodām: C/C++ un Python**

asoc.prof. Māris Terauds



Superdatora izmantošana

KOPĒJIE SISTĒMAS PARAMETRI

35 skaitļošanas mezgli

2736 CPU kodoli

25 TB RAM (līdz 2 TB uz vienu procesu)

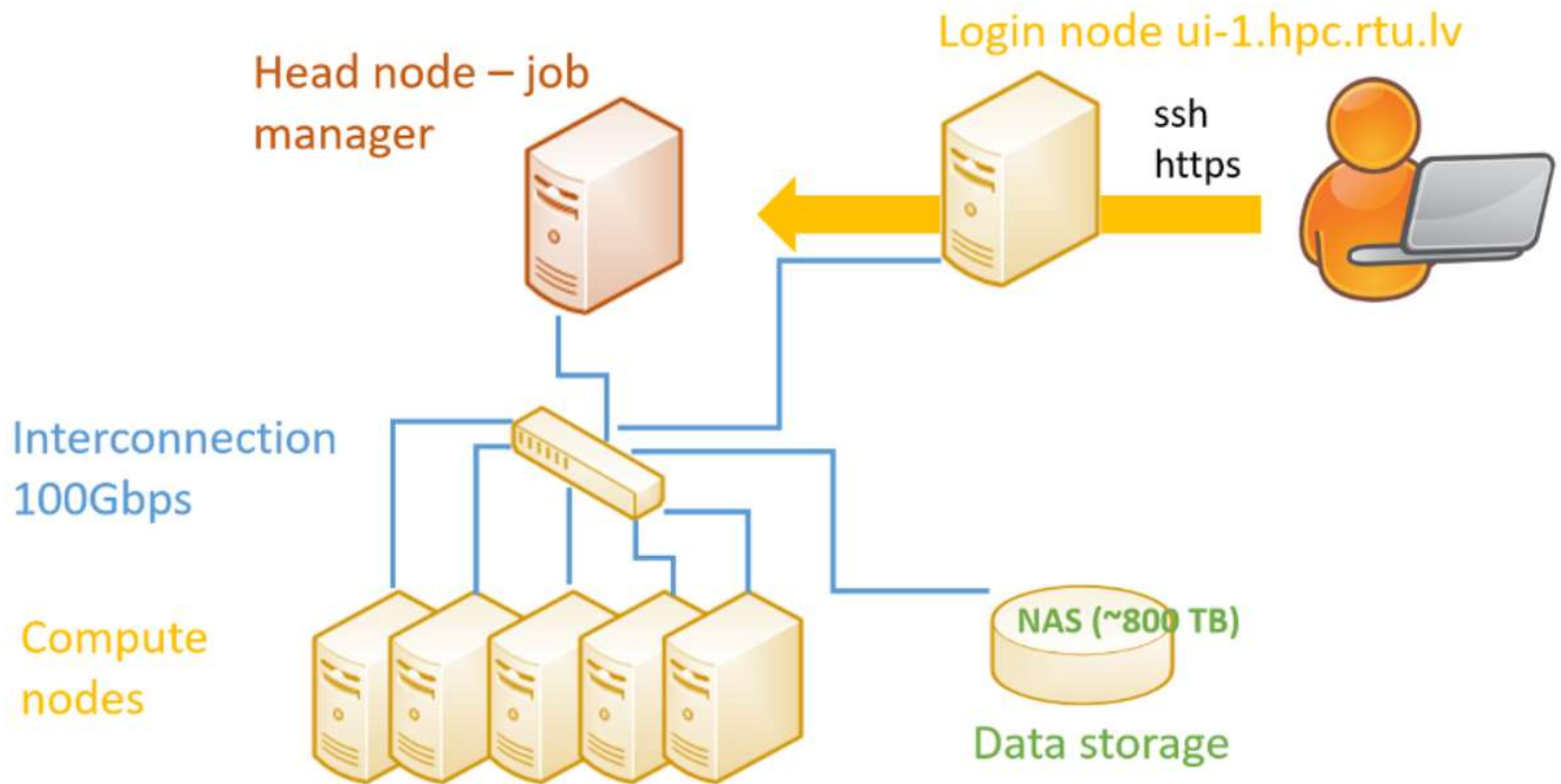
28 grafiskie paātrinātāji (GPU)

240 TFlops kopējā veiktspēja (134 Tflops x86 + 106 Tflops GPU)

1.6 PB datu glabāšanas vieta

10-100 Gb/s piekļuves tīkls

56-200 Gb/s Infiniband mezglu starpsavienojums



Superdatora izmantošanas scenāriji

Pārejot uz rēķināšanas mezgla
(pašlaik esam uz login-node)
Palaižot matlabu tur
un pildot uzdevumus tur, kā
Parasti mēs to darām klasē uz
Sava datora

Palaižot matlabu uz login-node
vai no virtuālās mašīnas, vai
no sava matlabā (to
konfigurējot), un iesūtot
uzdevumus
no paša matlabā kā job-failus

Sagatavojot jau visu iepriekš,
Failā run_job.sh
un sūtot speciālus
Job no termināļa, nemaz matlabu
nepalaižot

Izmantosim šo



Kā piekļūt HPC?

SuperS

+ Add resource

Organizations

Projects

Resources **10**

Resources in all visible projects

- All resources **10**
- Virtual Desktops **8**
- HPC **2**
- Analysis portals
- Private clouds
- Storage
- Show 1 more

Marketplace

Search...

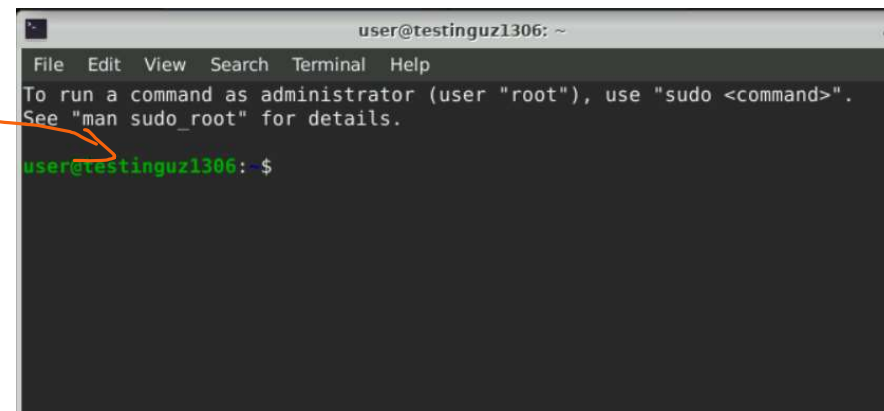
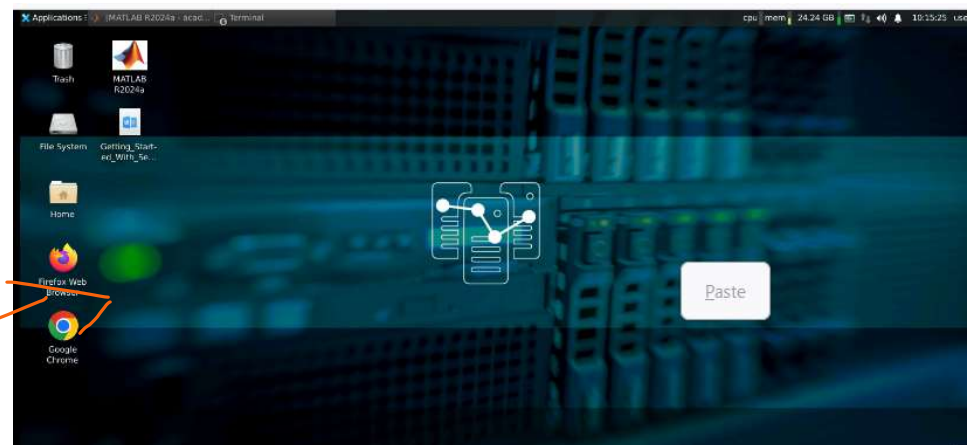
View Edit

MR **Māris Tērauds**
@ maris.terauds@rtu.lv

User dashboard Credentials Notifications Permission requests

Roles and permissions

Scope type	Scope name
Project	levadkurss Matlab 2025
Project	RTR207 Elektroinženieru matemātikas datorrealizācija





Ielogošanās Waldur portālā

Waldur login

- Jūsu interneta pārlūka rakstam adresi: **nohap.hpc-net.lv**
- Izvēlamies **Sign in with RTU HPC**
- Izvēlēsimies **MyAccessID**
- tad atkarība no login veida:
 - Ortusa login lauciņā **Login With:** sākam rakstīt savas universitātes nosaukumu, parādīsies (Riga Technical University (office 365))
 - Eparakstam izvēlēsimies **Login with eIDAS** kur izvēlēsimies Latviju

Waldur login

Sadaļā Resources -> Virtual Desktops nospiežam Add un izveidojam virtuālo mašīnu

The screenshot shows the Waldur login interface. On the left, a dark green sidebar contains navigation links: Organizations, Projects, Resources (highlighted with a red '1'), Analysis portals, Private clouds, and Storage. Under 'Resources', there are buttons for 'All resources' (10), 'Virtual Desktops' (8, highlighted with a red '2'), and 'HPC' (2). The main content area is titled 'Virtual Desktops' and features a search bar, an 'Import' button, and an 'Add' button. Below this is a table listing virtual desktop resources.

☐	Name	Offering	Organization	Project	Actions
☐	testing-uz-1306_final	Virtuāla Darba Virsma	ALDP projekts	RTR2 Elektrotehnika	⋮
☐	testing_uz_1306	Virtuāla Darba Virsma	RTU HPC Centre	leva Matli	⋮
☐	Matlab_2024a_full_60_MT_meg	Virtuāla Darba Virsma	RTU HPC Centre	leva Matli	⋮
☐	Matlab2024a_full(sign_in_req)_hpc-integration_60_raw_add_python	Virtuāla Darba Virsma	RTU HPC Centre	leva Matli	⋮

Wā

Add resource

Select an organization and project, then choose a category, an offering, and follow the prompts

1 RTU HPC Centre

2 Ievadkurss Matlab 2025

Categories

3

Virtual Desktops

 3 offerings

Offerings

4

JHT

 Jupyter Hub (test)
JupyterHub is an open-source graphical programming environment

VLDV

 Virtuāla Darba Virsma

VLDV

 Virtuāla Darba Virsma (Windows) testing

Additional configuration

Select desktop image *



Matlab2024a_fullsigninreq_hpcintegration_python_60_raw



Select flavor *

large 4vCPU-8GB-CEPH



Select disk size *

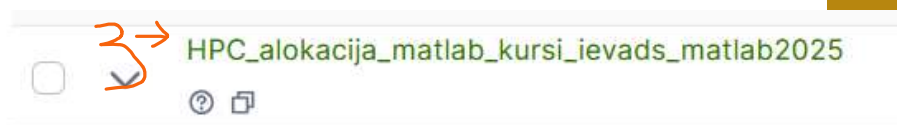
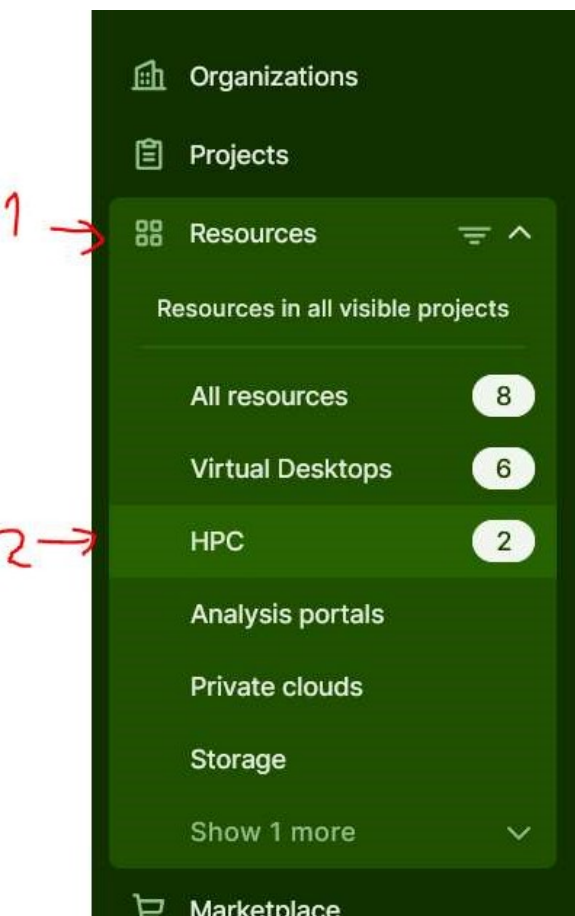
60



Sadaļa name – ierakstiet kaut ko saistītu ar jūsu vārdu , jo pēc tam mašīna būs jāatrod starp visu lietotāju izveidotajiem, un būs grūti atrast savu.

Termination data: droši vien izveidojiet kaut ko saistītu ar 19-06-2025

Waldur login



Te vajadzētu atrast un
piefiksēt savu user name:
Your user name: hpc_____
Piefiksējiet šo informāciju, to
izmantosim vēlāk.



Matlab izmantošana uz videokartēm

Turpinām ar prezentāciju

CPU un GPU atšķirības



GPU ierīces indentifikācija

gpuDeviceTable

gpuDevice

tf = canUseGPU

gpuDeviceCountgpuDeviceTable
("available")

<https://www.mathworks.com/help/parallel-computing/run-matlab-functions-on-a-gpu.html>

GPU ierīces indentifikācija

gpuArray

gpuDeviceTable

gpuDevice

tf = canUseGPU

gpuDeviceCountgpuDeviceTable
("available")

<https://www.mathworks.com/help/parallel-computing/run-matlab-functions-on-a-gpu.html>

RUN matlab on GPU

Lielāka daļa funkciju atbalsta palaišanu uz videokartes

Tos, pēc semināra, varēs apskatīties šeit:

<https://www.mathworks.com/help/parallel-computing/run-matlab-functions-on-a-gpu.html>

Šoreiz mēs palaidīsim

Matlab + GPU

1. Sagatavošanas darbi:

```
A = rand(1000);
```

% tiek izveidota
1000x1000 elementu matrica

2. Dati tiek sūtīti uz GPU

```
A_gpu = gpuArray(A);
```

pārsūtītā uz %matrica tiek
videokarti

3. Tiek veiktā rēķināšana uz videokartes

```
B_gpu = A_gpu*A_gpu';
```

4. Dati tiek atgriezti no GPU

```
B = gather(B_gpu)
```

Element-wise operācijas

Ja ir paredzāmas operācijas kurus secīgi veic kāda masīvu elementiem, tad mēs pielietojam arrayfun.

```
A = gpuArray([1, 2, 3, 4]);
```

```
B = gpuArray([10, 20, 30, 40]);
```

```
% Define a function that takes two inputs
```

```
f = @(x, y) x + y.^2;
```

```
% Apply element-wise using arrayfun
```

```
C = arrayfun(f, A, B);
```

$$C(i) = A(i) + B(i)^2$$

Atmiņas monitorings

```
g = gpuDevice;  
disp(g.FreeMemory);  
disp(g.TotalMemory);
```

Atmiņas atbrīvošana

Atmiņas aizņemšana

Double un single precizitātes operācijas

```
% Create a large matrix      d
N = 5000;
% Double precision
A_double = gpuArray.rand(N, 'double');
tic;
B_double = A_double * A_double';
toc;
% Single precision
A_single = gpuArray.rand(N, 'single');
tic;
B_single = A_single * A_single';
toc;
```

Lai pārliccinātos kā Matlab var lietot GPU

canUseGPU



Matlab + C

1.MEX faili (MATLAB Executable):

1. C/C++ kods tiek kompilēts kā MEX fails.
2. To var izsaukt tieši no MATLAB kā funkciju.
3. Ļoti noderīgi, ja nepieciešama ātra izpilde.

2.MATLAB Coder:

1. Ģenerē C/C++ kodu no MATLAB koda.
2. Noder iegulto sistēmu izstrādē vai veikspējas uzlabošanai.

3.DLL izmantošana:

1. C valodā rakstītas dinamiskās bibliotēkas (DLL) var tikt izmantotas MATLAB vidē.

Matlab + Python



Ātrdarbība

Profiler (Run and Time)

tic, toc



Praktiskā sesija

Tiklīdz virtuālā mašīna ir izveidota, mēs piekļūsim pie tās:

Resources -> Virtual Desktops -> atrodam savu virtuālo mašīnu

	Name	Offering	Organization	Project	State	Created at	Actions
☐	Matlab_2024a_full_60_MT_meg	Virtuāla Darba Virsma	RTU HPC Centre	levadkurss Matlab 2025	OK	2025-06-10 21:24	⋮
☐	Matlab2024a_full(sign_in_req)_hpc-integration_60_raw_add_python	Virtuāla Darba Virsma	RTU HPC Centre	levadkurss Matlab 2025	OK	2025-06-10 09:39	⋮
☐	jauna_virtuāla_MT	Virtuāla Darba Virsma	ALDP projekts	RTR207 Elektroinženieru matemātikas datorrealizācija	OK	2025-06-06 15:40	⋮
☐	JelizavetaPalcevskas_HPC_MatLAB	Virtuāla Darba Virsma	RTU HPC Centre	levadkurss Matlab 2025	OK	2025-04-07 16:15	⋮
☐	Vija_JursevicaHPC_07042025	Virtuāla Darba Virsma	RTU HPC Centre	levadkurss Matlab 2025	OK	2025-04-07 16:10	⋮
☐	aldp-pro-1-rtr207-e-1-virtuala-1-1	Virtuāla Darba Virsma	ALDP projekts	RTR207 Elektroinženieru matemātikas datorrealizācija	OK	2025-03-24 11:10	⋮

Spiežam uz tās, tad parādīsies poga Access Resource

Spiežam uz linka

Getting started

To access **aldp-pro-1-rtr207-e-1-virtuala-1-1**, please select one of the supported methods from dropdown on the right

[Access resource](#)

Piekluvē ar ssh atslēgām

Šajā seminārā veiksīm pieslēgšanu pie HPC centra datoriem uzreiz no matlaba. Lai to izdarītu matlabam jābūt attiecīgi konfigurētam (un versijai jāatbilst konfigurācijai). Līdz ar to to imitēsim ar virtuālās mašīnas matlabiem. Konfigurācijas failus un instrukcijas, lai tas viss strādātu no darba datora, varēs paprasīt HPC centram.

1. Piekluve pie HPC ir iespējama tikai ar atslēgām
2. Application->Terminal Emulator
3. Terminālī rakstam **ssh-keygen**
4. Jautājumā par file name spiežam (enter)
5. Passphrase nebūs – spiežam enter (laikam vēlreiz prasīs)

Lai nokopētu publisko atslēgu rakstam

```
cat ~/.ssh/id_rsa.pub
```

Atslēgu iekrāsojam nokopējam



```
user@testinguz1306:~$ cat ~/.ssh/id_rsa.pub
ssh-rsa AAAAB3NzaC1yc2EAAAADAQABAAQgQC1hr3a8
9nE9xxWJDtYCB0J1ItteLvd60+2Y+YZTb35NF7SP/ONl701fUxL4vvML1pK2QbX2952DvExtDSaEoBJY
GfeBxhLs+jiiEY/VaFYl52dvmX06tXRHwktxiSNPttfSXU9hk7CKiQPk95ioz0LMafVVhWsodHH/CRzN
MipdmzFJB2eJ0YkSUam8f0qxGb03xvX3z09muaw/Wt51FeCXC4NiyVADnt+EnhWd10HZkrP4Mpsis9f0
0PCFuPj9JHSb1scW0pX5WVqoUncY7s86YYx12Nu/6oGq25fupW+VWBDvcKg3job33Mic7dY76SL/WiI
D66VHXDpsn6sro8iPqrzJC4Tyt2Fb0N7w807gjm/ZJIkaE/piH6+61r9EK+LBgxbI2r0TgbEQmkvm4Pd
UN0MSUVrxnQKZBPHkGLX/HfvHHhV8aYIb+9iG80kg10LsviqmQzH6Co+Lj6EwBamGp+seoE= user@te
stinguz1306
```

Piekluvē ar ssh atslēgām

Tad ejam uz citu interneta pārluka tab, kur bija atvērts logošanas portāls (nohap.hpc-net.lv), tajā atdodam sevi (augšējā labajā stūrī)

1.Klikšķinām uz vārda -> 2.Credentials -> 3.SSH keys

4.Add key

Lauciņā **Public key** (5) ieliekam iepriekšējā slaidā iekopēto atslēgu.

Key name (6) – brīvā formā ierakstam atslēgas nosaukumu (piem. mana atslēga)

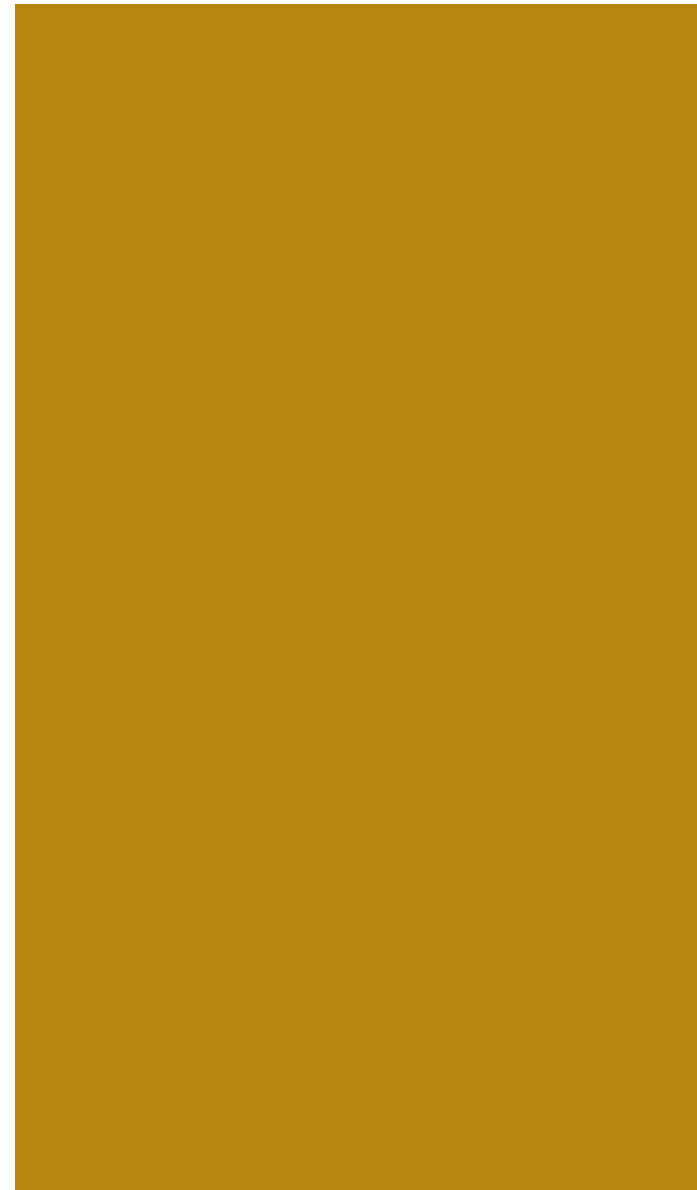
Import Key (7)

Atslēgas importam būs vajadzīgas ~5min, līdz ar to darīsim nākamās aktivitātes

The collage consists of several overlapping screenshots from the HPC portal. The top-left screenshot shows the 'Resources' sidebar with 'HPC' selected. The top-right screenshot shows the user profile 'Māris Tērauds' with a red circle around the 'MT' initials and the number '1'. The middle-left screenshot shows the 'Getting started' page with 'SSH keys' highlighted by a red '3'. The middle-right screenshot shows the 'User dashboard' with 'Credentials' highlighted by a red '2'. The bottom-left screenshot shows the 'Import public key' dialog with 'Key name' (6) and 'Public key' (5) fields, and the 'Import key' button (7). The bottom-right screenshot shows the 'Add key' button (4) and a table of existing keys with 'Remove' buttons.

Piekļuvē ar ssh atslēgām (3)

Tā kā atslēgas importēšana sistēma aizņems kādas 5 min, vēlāk turpināsim darbu ar to , pagaidām vienkārši darbosimies matlabā.





Uzdevuma palaišanas uz videokartes

Piemēra funkcija - Mandelbrot Set

Mandelbrot Set

$$z_{k+1} = z_k^2 + z_0, \quad k = 0, 1, \dots$$

Mandelbrota kopa ir slavens fraktālis, kas sastāv no tiem komplekso skaitļu c , kuriem iterācija:

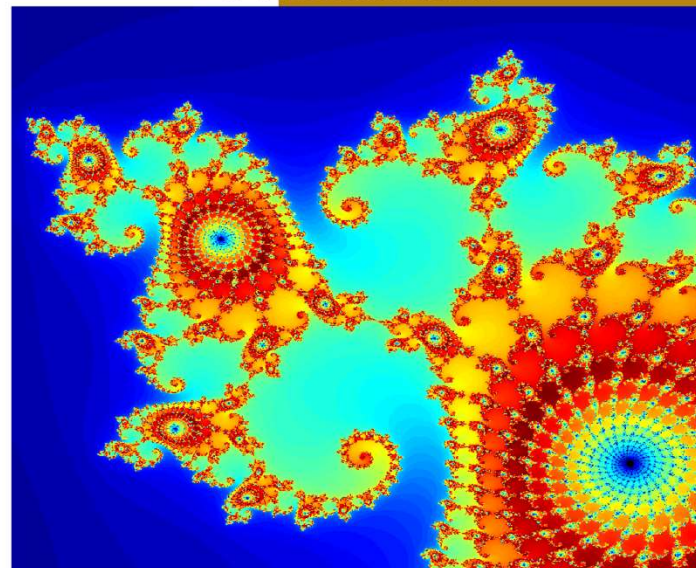
$$z_{n+1} = z_n^2 + c, z_0 = 0$$

$$z_{n+1} = z_n^2 + c,$$

$$z_0 = 0$$

neizraisa bezgalīgu pieaugumu (t.i., paliek ierobežota)

CPU Execution: 23.476 s



Failu pārnešana ar Midnight Commander

Ir sagatavotā mape ar failiem. Lai piekļūtu tai:

Virtuālā mašīnā palaižam termināli:

Applications -> terminal

Tajā rakstam **mc**

Atvērsies Midnight Commander

Faili kas ir vajadzīgi šodienai tiek glabāti attālinātā serverī. Tiekam līdz tam

Left -> Shell Link

Tajā rakstam

[xstudent@213.175.92.15:30022](#)

Šādi mēs piekļūsim attālinātam serverim , uz kura glabāsies faili.

Password: **RTU2024lab** (mazie, lielle burti ir svarīgi), kad jūs rakstīsiet password linux vidē neradīsies ne zvaigznes, nekas vispār, vienkārši ierakstiet un nospiediet enter)

Failu pārnešana ar Midnight Commander

Tad midnight commander kreisajā daļā atvērsies faili kas ir uz attālinātā servera. Mūsu uzdevums ir uzlikt mapi:

/home/EIMDR/GPU_seminars2

Lai pārvietotos direktorija uz augšu jāspiež zīme /.. (att.1.)

Esot home spiežot bultiņu uz augšu, vai page up nonākam līdz EIMDR (att.2.)

Tad enter, un izvēlēsimies GPU_seminars2

MP

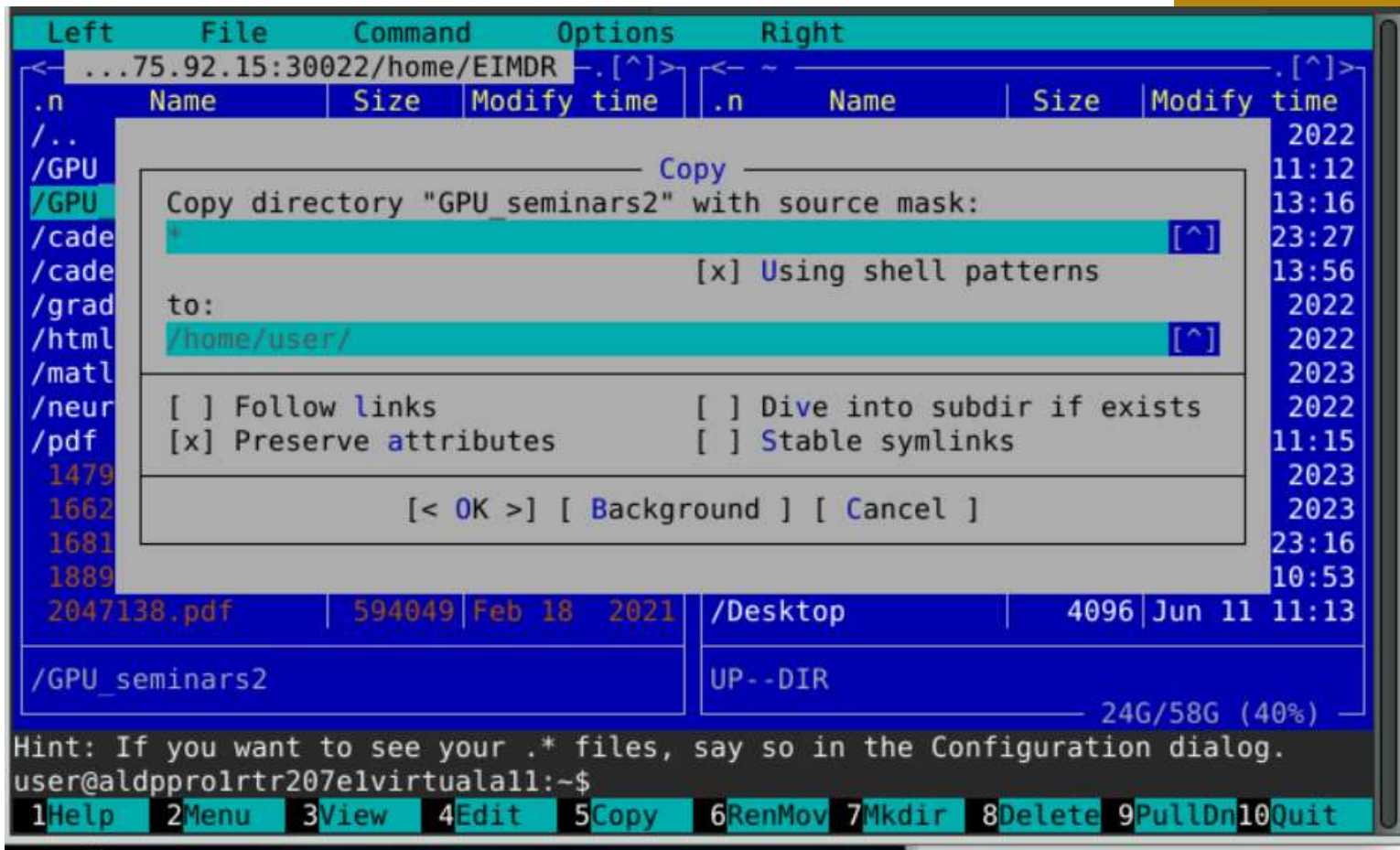
```
Left File Command Options Right
<-- .92.15:30022/home/xstudent --> <-- .[^]>
.n Name Size Modify time .n Name Size Modify time
.. UP--DIR May 31 15:18 .. UP--DIR Aug 26 2022
.cache 18 May 29 16:18 .MATLABConnector 4096 Mar 24 11:12
.config 39 May 29 16:19 .MathWorks 4096 Jan 7 13:16
.java 19 May 29 16:18 .cache 4096 Jun 10 23:27
.local 19 May 29 16:18 .config 4096 Jun 11 13:56
.matlab 20 May 29 16:18 .dbus 4096 Aug 26 2022
.mozilla 39 Mar 3 2020 .gnupg 4096 Aug 26 2022
.pki 19 May 29 16:19 .java 4096 Oct 17 2023
Downloads 6 May 29 16:19 .local 4096 Aug 26 2022
makrs 6 May 31 13:45 .matlab 4096 Mar 24 11:15
marks 6 May 31 13:45 .mozilla 4096 Oct 17 2023
shared 19 May 31 13:47 .pki 4096 Oct 17 2023
.Xauthority 54 May 31 14:06 .pyenv 4096 Jun 10 23:16
.bash_history 51 May 31 17:17 .ssh 4096 Apr 4 10:53
.bash_logout 18 Nov 24 2021 /Desktop 4096 Jun 11 11:13
UP--DIR UP--DIR
24G/58G (40%)
fish: done.
user@aldpprolrtr207elvirtualall:~$
1Help 2Menu 3View 4Edit 5Copy 6RenMov 7Mkdir 8Delete 9PullDn10Quit
```

```
Left File Command Options Right
<-- .@213.175.92.15:30022/home --> <-- .[^]>
.n Name Size Modify time .n Name Size Modify time
.. UP--DIR Jun 11 16:48 .. UP--DIR Aug 26 2022
/171REC048 92 Nov 2 2022 .MATLABConnector 4096 Mar 24 11:12
/181RDB210 92 Nov 2 2022 .MathWorks 4096 Jan 7 13:16
/181REB344 92 Nov 2 2022 .cache 4096 Jun 10 23:27
/181REB345 92 Nov 2 2022 .config 4096 Jun 11 13:56
/181REB346 92 Nov 2 2022 .dbus 4096 Aug 26 2022
/181REB357 92 Nov 2 2022 .gnupg 4096 Aug 26 2022
/181RMB003 92 Nov 2 2022 .java 4096 Oct 17 2023
/EIMDR 4096 Jun 8 17:07 .local 4096 Aug 26 2022
/cadence 20 May 31 14:28 .matlab 4096 Mar 24 11:15
/grader 6 May 31 14:36 .mozilla 4096 Oct 17 2023
/hansi 92 Dec 6 2023 .pki 4096 Oct 17 2023
/harki 275 Dec 13 2023 .pyenv 4096 Jun 10 23:16
/harko 4096 Dec 20 2023 .ssh 4096 Apr 4 10:53
/harme 4096 Dec 20 2023 /Desktop 4096 Jun 11 11:13
/EIMDR UP--DIR
24G/58G (40%)
Hint: If you want to see your .* files, say so in the Configuration dialog.
user@aldpprolrtr207elvirtualall:~$
1Help 2Menu 3View 4Edit 5Copy 6RenMov 7Mkdir 8Delete 9PullDn10Quit
```

Izvēlēsimies GPU_seminars2, tad spiežam F5 lai kopētu to uz labo pusi.

Labajā pusē ir pašreizējais dators.

Left	File	Command	Options	Right																																																																																																																																																																
<code>< ...75.92.15:30022/home/EIMDR .[^]></code>				<code>< ~ .[^]></code>																																																																																																																																																																
<table><thead><tr><th>.n</th><th>Name</th><th>Size</th><th>Modify</th><th>time</th></tr></thead><tbody><tr><td>/..</td><td></td><td>UP--DIR</td><td>May 31</td><td>15:18</td></tr><tr><td>/GPU seminars</td><td></td><td>4096</td><td>Jun 8</td><td>16:54</td></tr><tr><td>/GPU seminars2</td><td></td><td>4096</td><td>Jun 11</td><td>08:48</td></tr><tr><td>/cadence2024</td><td></td><td>4096</td><td>Dec 27</td><td>22:21</td></tr><tr><td>/cadence2025</td><td></td><td>86</td><td>May 21</td><td>22:38</td></tr><tr><td>/grader</td><td></td><td>142</td><td>May 31</td><td>14:40</td></tr><tr><td>/html</td><td></td><td>89</td><td>Mar 3</td><td>2022</td></tr><tr><td>/matlab2022</td><td></td><td>6</td><td>Apr 15</td><td>2022</td></tr><tr><td>/neural_networks</td><td></td><td>4096</td><td>May 29</td><td>09:38</td></tr><tr><td>/pdf</td><td></td><td>6</td><td>Apr 17</td><td>2022</td></tr><tr><td>147998.pdf</td><td></td><td>52628</td><td>Feb 18</td><td>2021</td></tr><tr><td>1662219.pdf</td><td></td><td>153325</td><td>Feb 18</td><td>2021</td></tr><tr><td>168130.pdf</td><td></td><td>428824</td><td>Feb 18</td><td>2021</td></tr><tr><td>1889909.pdf</td><td></td><td>816289</td><td>Feb 18</td><td>2021</td></tr><tr><td>2047138.pdf</td><td></td><td>594049</td><td>Feb 18</td><td>2021</td></tr></tbody></table>	.n	Name	Size	Modify	time	/..		UP--DIR	May 31	15:18	/GPU seminars		4096	Jun 8	16:54	/GPU seminars2		4096	Jun 11	08:48	/cadence2024		4096	Dec 27	22:21	/cadence2025		86	May 21	22:38	/grader		142	May 31	14:40	/html		89	Mar 3	2022	/matlab2022		6	Apr 15	2022	/neural_networks		4096	May 29	09:38	/pdf		6	Apr 17	2022	147998.pdf		52628	Feb 18	2021	1662219.pdf		153325	Feb 18	2021	168130.pdf		428824	Feb 18	2021	1889909.pdf		816289	Feb 18	2021	2047138.pdf		594049	Feb 18	2021				<table><thead><tr><th>.n</th><th>Name</th><th>Size</th><th>Modify</th><th>time</th></tr></thead><tbody><tr><td>/..</td><td></td><td>UP--DIR</td><td>Aug 26</td><td>2022</td></tr><tr><td>/.MATLABConnector</td><td></td><td>4096</td><td>Mar 24</td><td>11:12</td></tr><tr><td>/.MathWorks</td><td></td><td>4096</td><td>Jan 7</td><td>13:16</td></tr><tr><td>/.cache</td><td></td><td>4096</td><td>Jun 10</td><td>23:27</td></tr><tr><td>/.config</td><td></td><td>4096</td><td>Jun 11</td><td>13:56</td></tr><tr><td>/.dbus</td><td></td><td>4096</td><td>Aug 26</td><td>2022</td></tr><tr><td>/.gnupg</td><td></td><td>4096</td><td>Aug 26</td><td>2022</td></tr><tr><td>/.java</td><td></td><td>4096</td><td>Oct 17</td><td>2023</td></tr><tr><td>/.local</td><td></td><td>4096</td><td>Aug 26</td><td>2022</td></tr><tr><td>/.matlab</td><td></td><td>4096</td><td>Mar 24</td><td>11:15</td></tr><tr><td>/.mozilla</td><td></td><td>4096</td><td>Oct 17</td><td>2023</td></tr><tr><td>/.pki</td><td></td><td>4096</td><td>Oct 17</td><td>2023</td></tr><tr><td>/.pyenv</td><td></td><td>4096</td><td>Jun 10</td><td>23:16</td></tr><tr><td>/.ssh</td><td></td><td>4096</td><td>Apr 4</td><td>10:53</td></tr><tr><td>/Desktop</td><td></td><td>4096</td><td>Jun 11</td><td>11:13</td></tr></tbody></table>	.n	Name	Size	Modify	time	/..		UP--DIR	Aug 26	2022	/.MATLABConnector		4096	Mar 24	11:12	/.MathWorks		4096	Jan 7	13:16	/.cache		4096	Jun 10	23:27	/.config		4096	Jun 11	13:56	/.dbus		4096	Aug 26	2022	/.gnupg		4096	Aug 26	2022	/.java		4096	Oct 17	2023	/.local		4096	Aug 26	2022	/.matlab		4096	Mar 24	11:15	/.mozilla		4096	Oct 17	2023	/.pki		4096	Oct 17	2023	/.pyenv		4096	Jun 10	23:16	/.ssh		4096	Apr 4	10:53	/Desktop		4096	Jun 11	11:13
.n	Name	Size	Modify	time																																																																																																																																																																
/..		UP--DIR	May 31	15:18																																																																																																																																																																
/GPU seminars		4096	Jun 8	16:54																																																																																																																																																																
/GPU seminars2		4096	Jun 11	08:48																																																																																																																																																																
/cadence2024		4096	Dec 27	22:21																																																																																																																																																																
/cadence2025		86	May 21	22:38																																																																																																																																																																
/grader		142	May 31	14:40																																																																																																																																																																
/html		89	Mar 3	2022																																																																																																																																																																
/matlab2022		6	Apr 15	2022																																																																																																																																																																
/neural_networks		4096	May 29	09:38																																																																																																																																																																
/pdf		6	Apr 17	2022																																																																																																																																																																
147998.pdf		52628	Feb 18	2021																																																																																																																																																																
1662219.pdf		153325	Feb 18	2021																																																																																																																																																																
168130.pdf		428824	Feb 18	2021																																																																																																																																																																
1889909.pdf		816289	Feb 18	2021																																																																																																																																																																
2047138.pdf		594049	Feb 18	2021																																																																																																																																																																
.n	Name	Size	Modify	time																																																																																																																																																																
/..		UP--DIR	Aug 26	2022																																																																																																																																																																
/.MATLABConnector		4096	Mar 24	11:12																																																																																																																																																																
/.MathWorks		4096	Jan 7	13:16																																																																																																																																																																
/.cache		4096	Jun 10	23:27																																																																																																																																																																
/.config		4096	Jun 11	13:56																																																																																																																																																																
/.dbus		4096	Aug 26	2022																																																																																																																																																																
/.gnupg		4096	Aug 26	2022																																																																																																																																																																
/.java		4096	Oct 17	2023																																																																																																																																																																
/.local		4096	Aug 26	2022																																																																																																																																																																
/.matlab		4096	Mar 24	11:15																																																																																																																																																																
/.mozilla		4096	Oct 17	2023																																																																																																																																																																
/.pki		4096	Oct 17	2023																																																																																																																																																																
/.pyenv		4096	Jun 10	23:16																																																																																																																																																																
/.ssh		4096	Apr 4	10:53																																																																																																																																																																
/Desktop		4096	Jun 11	11:13																																																																																																																																																																
/GPU_seminars2				UP--DIR																																																																																																																																																																
				24G/58G (40%)																																																																																																																																																																
Hint: If you want to see your .* files, say so in the Configuration dialog.																																																																																																																																																																				
user@aldpprolrtr207elvirtualall:~\$																																																																																																																																																																				
1Help 2Menu 3View 4Edit 5Copy 6RenMov 7Mkdir 8Delete 9PullDn10Quit																																																																																																																																																																				



Sākumā nedarbosies terminālī rakstīsim komandas!

```
rm -rf ~/.MathWorks
```

```
rm -rf ~/.matlab
```

Matlab

Kad mc vairs nav vajadzīgs, to var minimizēt ar Ctrl+o

Tagad klikšķinot uz ikonas

palaižam matlab

Matlabā komandas logā

(Command Window) rakstam

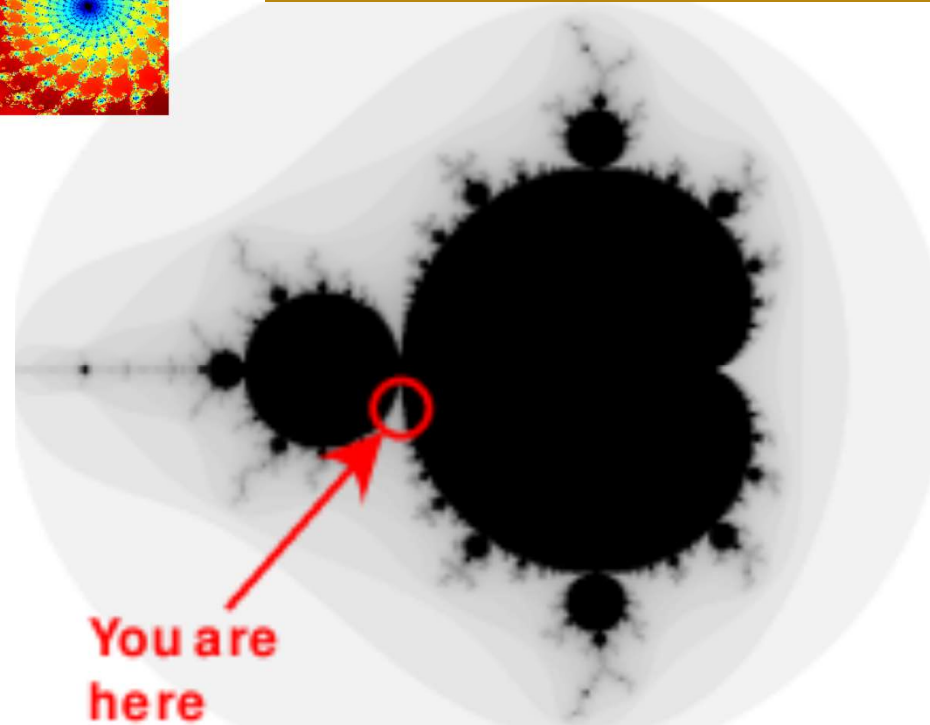
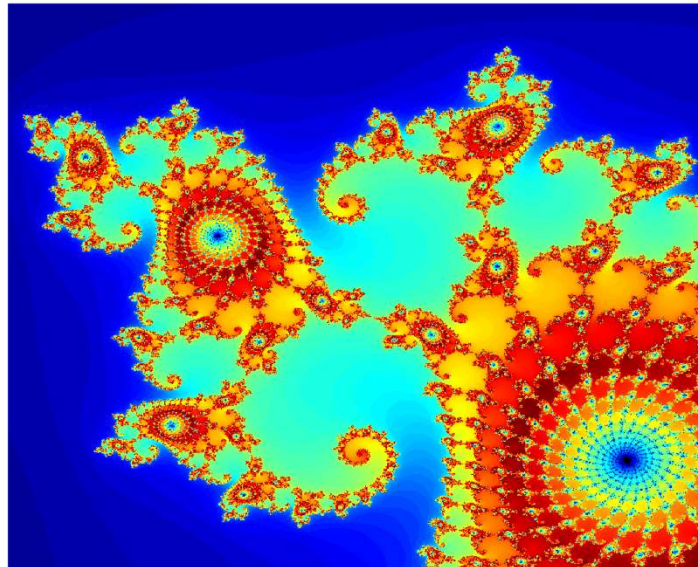
```
cd GPU_seminars2
```

Un atvērsim pirmo failu



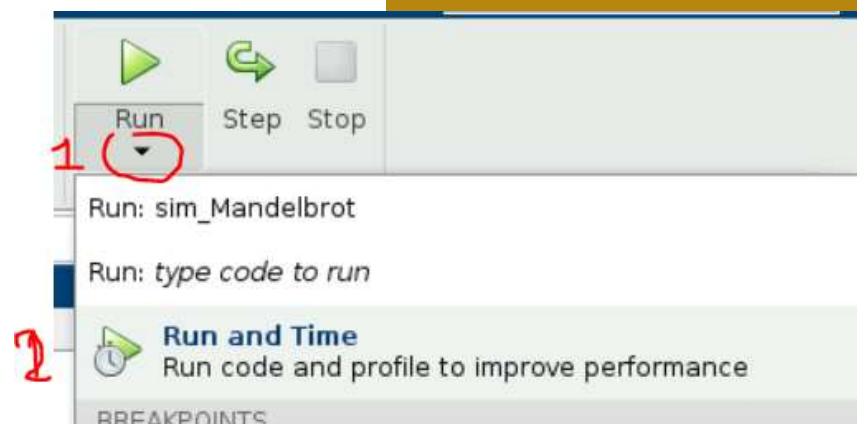
Atvērsim pirmo failu
edit sim_Mandelbrot
edit draw_Mandelbrot

Palaidīsim draw_Mandelbrot
Tas fails izsauc sim_Mandelbrot
un uzzīmē redzāmo figure
Tā ir ļoti maza daļa
no visas Mandelbrota kopas. Jautājums kā varētu paātrināt
rēķinus, lai uzzīmētu arvien lielāku kopas daļu.



Programmas ātrdarbības analīze

Mūsu šodienas stāsts ir pār ātrdarbību. Pirms ķerties tam kā mēs paātrinām failu uz superdatora, palaižam profiler jeb Run and time. Tas parādīs visas lēnas un ātrās vietas mūsu programmai. (palaidīsim sim_Mandelbrot)



sim Mandelbrot	1	5.955	0.062	
sim Mandelbrot>Mandelbrot fun	1	3.965	3.954	
imagesc	1	1.850	0.738	
newplotimagewrapper	1	1.103	0.020	

```

0.004      1   26  count = ones(size(z0));
< 0.001    1   27  z = z0;
           28
< 0.001    1   29  for n = 0:maxIterations
2.417    501   30      z = z.*z + z0;
1.229    501   31      inside = abs(z)<=2;
0.272    501   32      count = count + inside;
< 0.001    501   33  end
           34

```

Tātad kritiskākā vieta ir for cikls, un rēķināšana tajā.

Klastera konfigurēšanā

Nākamās uzdevumos veiksīm uz rēķināšanas klastera.

Darbs uz klastera var noritēt gan interaktīvajā, gan uzdevumu sūtīšanas režīmā. Interaktīvais režīms būtu ja mēs palaistu matlab tieši uz vajadzīgās rēķināšanas nodes.

Cits paņēmieni ir sagatavot uzdevumus un sūtīt. Šoreiz sūtīsim uzdevumus tieši no matlab (tos var sūtīt arī no termināļa). Šoreiz tā ir virtuālā mašīna, bet tikpat labi tas varētu būt arī jūsu lokālais dators ar attiecīgo konfigurācijas failu.

Pirmā uzdevuma sūtīšana uz HPC Piekluvē caur ssh atslēgām(turpinājums)

1 Komandlogā rakstam `configCluster` norādīsim lietotāja vārdu kas bija jāiegaumē 9.slaidā.

2 Tad rakstam: `c = parcluster;` lai nokonfigurētu klāsteri. To jāveic tikai pašu pirmo reizi.

Tad varam sūtīt uzdevumus uz klāsteri, rakstam:

```
job = c.batch(@pwd,1,{}, 'CurrentFolder', '.', 'AutoAddClientPath', false)
```

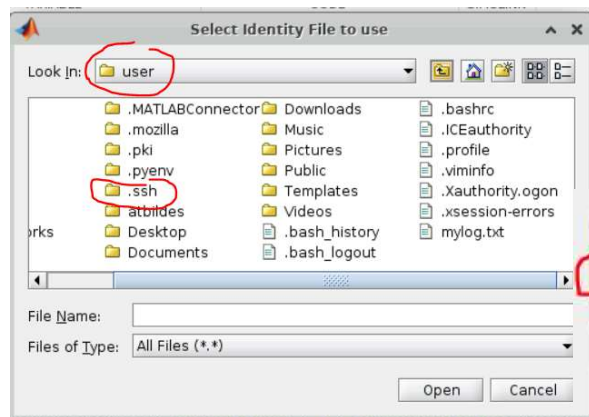
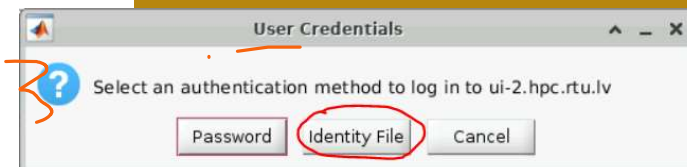
3 Parādīsies dialogs kurā būs jāizvēlas Identity File

Tag būs jāizvēlas privātā ssh atslēga (4.att) user->.ssh ->id_rsa

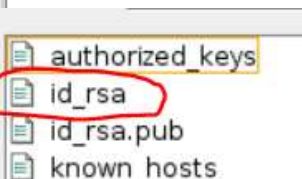
Command Window

New to MATLAB? See resources for [Getting Started](#).

```
>> configCluster  
fx Username on RUDENS (e.g. jdoe):  
Complete. Default cluster profile set to "Rudens R2024a".  
2 >> c = parcluster;
```



5.tā kā paroles nebija būs jāizvēlās «no»



iesūtītais uzdevums

Ko tad mēs sūtījām. Mēs iesūtījām funkciju `pwd`, kas vienkārši parāda darba direktoriju. Pie palaišanas mēs norādām cik ir ieejas un izejas argumenti

```
job=c.batch(@pwd,1,{},'CurrentFolder','.', 'AutoAddClientPath',false);
```

leejas argumenti
(to nav)

izejas argumentu skaits

Pārējie parametri nav svarīgi, bet tiem jābūt lai viss darbotos, kur izpildīt failu, un vai kopēt izpildāmo failu ceļus.

Rezultātu iegūšana

Rezultātu iegūšana parādīta uz bildes

State – vai uzdevums jau izpildījās

fetchOutputs – iegūt izejas argumentus

diary – parada paziņojumus

Bet labāk tos izmēģināsim uz nākamā piemēra.

```
>> job.State  
  
ans =  
    'finished'  
  
>> job.fetchOutputs  
  
ans =  
    1x1 cell array  
    {'/mnt/home/hpc00229'}  
  
>>  
>> job.diary  
--- Start Diary ---  
--- End Diary ---  
$ >> |
```

Iegūsim kādu informāciju par rēķināšanas klāsteri

Nedaudz apskatīsim klasterī. Kāda videokarte ir uzinstalētā, vai varam to izmantot, un kā saucas klasteris. To visu apkopojam failā

node_info

Fails palaiž bet, tas automātiski nenožīmē kā videokarte būs, jo HPC centram ir rēķināšanas mezgli gan ar gan bez videokartes.

Tiklīdz palaists, ir jāpaskatās uz rezultātiem:

```
job2 = c.batch(@node_info,3,{'CurrentFolder','.'},...  
'AutoAddClientPath',false);
```

job2.State

job2.diary

atb = job2.fetchOutputs,

Pievēršam uzmanību videokartes neesamībai un hostname, to visu izskaidos nākamais slaidis

```
function [atb1,atb2,atb3] = node_info  
% iegūsim informāciju par tekošo direktoriju  
atb1 = pwd;  
% te prasīsim esošās videokartes parametrus  
atb2 = gpuDevice;  
% te prasīsim vai varam izmantot videokarti  
atb3 = canUseGPU;  
% ar izsaukuma zīmi var izpildīt operācionālās  
% sistēmas komandas  
!hostname
```

Mezгла vārds	Tips	Fiziskā atmiņa (RAM)	CPU	Kodolu skaits	GPU skaits	Lokāls disks	Parametri (qsub features)
wn01	compute-smp high mem	1.48 TB	Gold 6140	72	0	/scratch	dell vasara highmem centos7 largescratch
wn02-wn11	compute	384 GB	Gold 6154	36	0	/scratch	dell vasara centos7 largescratch gold6154
wn44	compute-gpu	512 GB	Gold 6348	56	4	/scratch 5.8 TB	lenovo gpu a100
wn45-wn55	compute	128 GB	E5-2680 v3	24	0	/scratch	dell rudens centos7
wn43, wn56-wn58	compute-gpu	128 GB	E5-2680 v3	24	2	/scratch	dell rudens gpu k40 centos7
wn59-wn60	compute-gpu	192 GB	Gold 6130v	32	4	/scratch	vasara vasara-32 gpu v100 centos7
wn61	compute high-mem	2 TB	Epyc 7F72	48	0	/scratch 1.8 TB	epyc7f72 largescratch
wn62-wn64	compute	512 GB	Epyc 7713	128	0	/scratch	epyc epyc7713 centos7

<https://hpc.rtu.lv/hpc/klastera-rokasgramata/klasteru-tehniskais-apraksts/>

Pielāgosim darbam ar GPU

Lai varētu rēķināt uz videokartes, norādīsim papildus parametrus:

```
c.AdditionalProperties.GPUsPerNode=1;
```

```
c.AdditionalProperties.Feature='l40s';
```

Palaižam vēlreizi iepriekšējo funkciju:

```
job2 = c.batch(@node_info,3,{},'CurrentFolder','.','...',  
'AutoAddClientPath',false);
```

```
job2.State
```

```
job2.diary
```

```
atb = job2.fetchOutputs,
```


Tātad pārveidosim mūsu failu darbam ar GPU: pārsauksim to

edit sim_Mandelbrot

Save as -> sim_Mandelbrot_GPU

Tad klikšīnam uz pirmo rindu ar funkcijas nosaukumu labo taustiņu un **Replace function name by name**, (funkcijas nosaukumam un faila nosaukumam ir jāsakrīt).

```
function [x,y,count,sec]=sim_Mandelbrot  
tic  
maxIterations = 500;  
gridSize = 1000;
```

Replace function name by file name. Alt+Enter

Suppress Message... >

Open Message or Expand Details Ctrl+M

```
function [x,y,count,sec]=sim_Mandelbrot_GPU  
tic  
maxIterations = 500;  
gridSize = 1000;
```

Tātad pārveidosim mūsu failu darbam ar GPU:

Sākumā izdalīsim rēķināšanu atsevišķajā funkcijā.

Failā iekrāsojam rindiņas no **select from this** līdz **select till this**

Spiežam ar labo taustīnu un **Convert to Local Function**

Uzreiz rakstam jauno nosaukumu

process_mandelbrot_element

to kas ir funkcijas iekšā rēķināsim uz videokartes

```
[xGrid,yGrid] = meshgrid(x,y);
count = process_mandelbrot_element(xGrid,yGrid,maxIterations);
function count = process_mandelbrot_element(xGrid,yGrid,maxIterations)
% select from this
z0 = complex(xGrid,yGrid);
%
```

```
[xGrid,yGrid] = meshgrid(x,y);
% select from this
z0 = complex(xGrid,yGrid);
%
count = ones(size(z0));
z = z0;
for n = 0:maxIterations
    z = z.*z + z0;
    inside = abs(z)<=2;
    count = count + inside;
end
count = log(count);
% select till this
```

Evaluate Selection in Command Window	F9
Open Selection	Ctrl+D
Help on Selection	F1
Cut	Ctrl+X
Copy	Ctrl+C
Paste	Ctrl+V
Wrap Comments	Ctrl+J
Comment	Ctrl+R
Uncomment	Ctrl+Shift+R
Duplicate Line(s)	Ctrl+Shift+C
Change Case	Ctrl+Shift+A
Smart Indent	Ctrl+I
Convert to Function	
Convert to Local Function	
Section Break	Ctrl+Alt+Enter

Tagad vajadzētu datus aizsūtīt uz GPU. Lai to izdarītu visus funkcijas ieejas datus sūtītīsim uz GPU ar **gpuArray**

```
y = linspace(ylim(1),ylim(2),gridSize);
```

```
[xGrid,yGrid] = meshgrid(x,y);
```

```
count = process_mandelbrot_element(xGrid,yGrid,maxIterations);
```

```
function count = process_mandelbrot_element(xGrid,yGrid,maxIterations)
```

t.i. vietā «1» iestarpinām

```
xGrid = gpuArray(xGrid);
```

```
yGrid = gpuArray(yGrid);
```

```
maxIterations = gpuArray(maxIterations);
```

Tad izejas datus , kas ir count – sūtīt no GPU

t.i. «2» rakstīt `count = gather(count);`

Tiklīdz viss gatavs iesūtam

```
job3 = c.batch(@sim_Mandelbrot_GPU,3,{},'CurrentFolder','.',...  
'AutoAddClientPath',false);
```

Uzmanību, ja rakstīsiet vienā rindā, ... nav vajadzīgi

```
job3.diary pievērst uzmanību izpildes laikam.
```

Veiksim turpmākos uzlabojumus ar GPU: pārsauksim to

edit sim_Mandelbrot_GPU

Save as -> sim_Mandelbrot_GPU2

Tad klikšīnam uz pirmo rindu ar funkcijas nosaukumu labo taustiņu un **Replace function name by name**, (funkcijas nosaukumam un faila nosaukumam ir jāsakrīt).

```
function [x,y,count,sec]=sim_Mandelbrot+  
tic  
maxIterations = 500;  
gridSize = 1000;
```

Replace function name by file name. Alt+Enter

Suppress Message... >

Open Message or Expand Details Ctrl+M

Tātad pārveidosim mūsu failu darba ar GPU:

Šajā versijā pievērsīsim uzmanību tam, kā visa darbība notiek ar vektoriem, un atceramies, kā mēs darbībai ar vektoriem (pasvītroti) ir labāk izmantot arrayfun.

```
function count = process_mandelbrot_element(xGrid,yGrid,maxIterations)
% select from this
z0 = complex(xGrid,yGrid);
%
count = ones(size(z0));
z = z0;
for n = 0:maxIterations
    z = z.*z + z0;
    inside = abs(z)<=2;
    count = count + inside;
end
count = log(count);
```

Tātad `process_mandelbrot_element` aizvietojam ar `arrayfun`

```
count = arrayfun(@process_mandelbrot_element, xGrid,yGrid,maxIterations);
```

```
23 yGrid = gpuArray(yGrid);  
24 maxIterations = gpuArray(maxIterations);  
25  
26 count = process_mandelbrot_element(xGrid,yGrid,maxIterations);  
27  
28 count = gather(count);  
29 function count = process_mandelbrot_element(xGrid,yGrid,maxIterations)  
30 % select from this
```

Apakšējo rindu mainām uz augšējo

Vēl izmaiņas

Vēl nelielas izmaiņas, dēļ tā kā arrayfun neatbalsta ones..

```
19     maxIterations = gpuArray(maxIterations);
20
21     → z0 = complex(xGrid,yGrid);
22     count = ones(size(z0));
23     count = gpuArray(count);
24     count = arrayfun(@process_mandelbrot_element, ...
25                     xGrid,yGrid,maxIterations,count);
26
27     count = gpuArray(count);
28     function count = process_mandelbrot_element(xGrid,yGrid,maxIterations,count)
29     % select from this
30     %
31     z0 = complex(xGrid,yGrid);
32     %count = ones(size(z0));
33
34     z = z0;
```


Palaižam

```
job3 =  
c.batch(@sim_Mandelbrot_GPU2,3,{}, 'CurrentFolder', '.', .  
.. 'AutoAddClientPath', false);
```

P.S. Ja gadījumā neiznāca – pareizā versija
atbildes/sim_Mandelbrot_GPU2

Optimizēsim vēl

Tālākie optimizācijas soli nav tik uzskatāmi, bet for cikls, tiek aizvietots uz while, tad tam būs vajadzīgs mazāks iterāciju skaits.

sim_Mandelbrot_GPU3

Atkāribā no atlikušā laika to var palaist

Visbeidzot visātrākā realizācija

Kritiskais koda gabals tiek aizvietots ar C++ cuda kodu.

Lai varētu to palaist mums ir vajadzīgi cu faili.

Viens no tiem ir parādīts nākamajā slaidā. Tā struktūra nav sarežģīta un to var uzrakstīt manuāli. Matlabā ir atrodami piemēri kā tos failus rakstīt.

Tiklīdz tas fails ir izveidots, mēs varam ģenerēt nepieciešamos papildus failus, matlabā rakstam:

```
mexcuda -ptx processMandelbrotElement.cu
```

(PTX fails CUDA ir starpkods, kas ļauj optimizēt GPU kodu un kompilēt dažādām NVIDIA ierīcēm izpildes laikā.)

Izveidosies ptx fails.

Tad mēs varam sūtīt uzdevumu pildīties uz klasteri.

Diemžēl šeit radījās problēmas ar realizāciju, un piemērs netiek piedāvāts

```

#include <stdio.h>
#include <cuda_runtime.h>

// This function is executed by each thread in the CUDA kernel.
__global__ void processMandelbrotElement(const double* xGrid, const double* yGrid, int maxIterations, int* count, int numElements) {
    // Get the index of the element being processed by this thread.
    int index = blockDim.x * blockIdx.x + threadIdx.x;

    // Check if the index is within the bounds of the input data.
    if (index < numElements) {
        // Get the x and y coordinates for the current element.
        double c_real = xGrid[index];
        double c_imag = yGrid[index];

        // Initialize the complex number and iteration count.
        double z_real = 0.0;
        double z_imag = 0.0;
        int iterations = 0;

        // Perform the Mandelbrot set calculation.
        while (iterations < maxIterations && (z_real * z_real + z_imag * z_imag) < 4.0) {
            double z_real_temp = z_real * z_real - z_imag * z_imag + c_real;
            z_imag = 2 * z_real * z_imag + c_imag;
            z_real = z_real_temp;
            iterations++;
        }

        // Store the iteration count in the output array.
        count[index] = iterations;
    }
}

```



Matlab papildināšana ar C un python

Arējo valodu intefeisi

Categories

C++ with MATLAB

Directly call C/C++ library functionality from MATLAB or write modern C++ programs that call MATLAB functions

Java with MATLAB

Directly call Java[®] library functionality from MATLAB or write Java programs that work with MATLAB

Python with MATLAB

Directly call Python[®] library functionality from MATLAB or write Python programs that work with MATLAB

.NET with MATLAB

Directly call .NET library functionality from MATLAB or write .NET programs that work with MATLAB

COM with MATLAB

Access COM components from MATLAB or write COM programs that work with MATLAB

Web Services with MATLAB

Communicate with Web services from MATLAB using HTTP (Hypertext Transfer Protocol) or WSDL (Web Services Description Language)

C with MATLAB

Directly call C library functionality from MATLAB using `calllib` or write C programs that call MATLAB functions using `mxArray` to access or create MATLAB variables in C

Fortran with MATLAB

Write Fortran subroutines that work with MATLAB

Matlab + C, C++ faili

Paņemsim failu `add_numbers.c`

Varam to atvērt, paskatīties kas ir ieskšā, bet būtībā, ka tas ir kods kas generē divu skaiļu saskaitīšanu

```
mex add_numbers.c
```

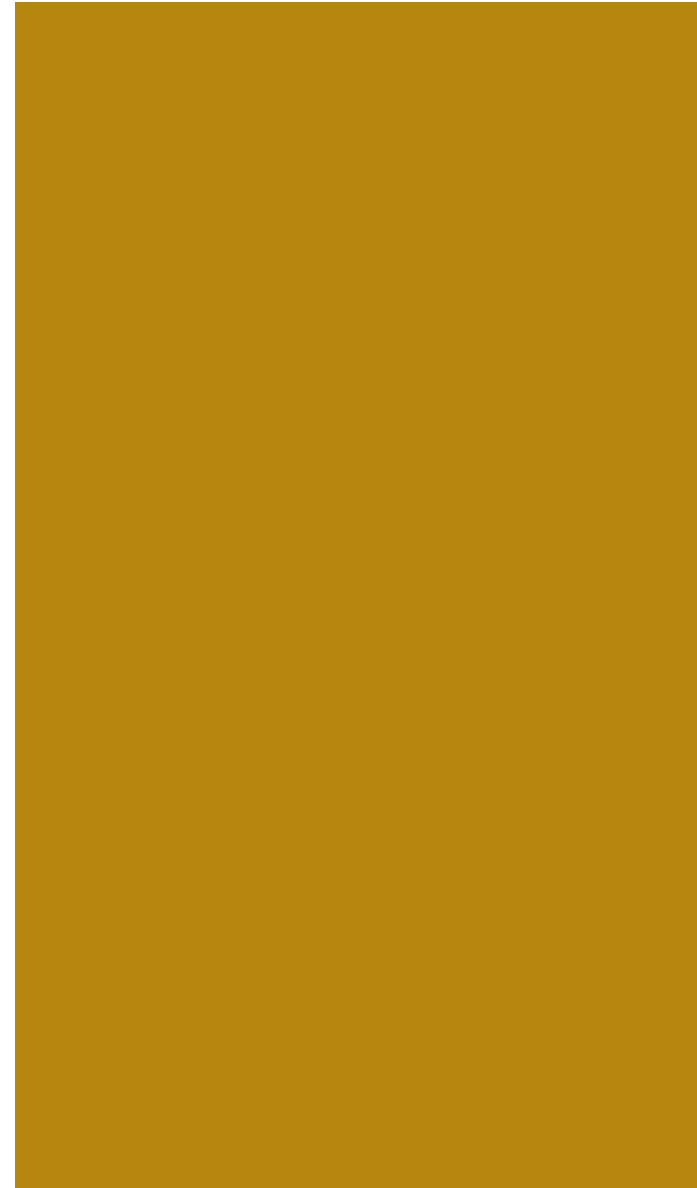
Pēc kompilācijas mēs varam izsaukt:

```
result = add_numbers(3, 5);  
disp(result); % Output: 8
```

Izmēģināt ar piedāvātiem failiem

Matlab + C, C++ faili

To pašu izmēģināt ar arrayProduct.cpp

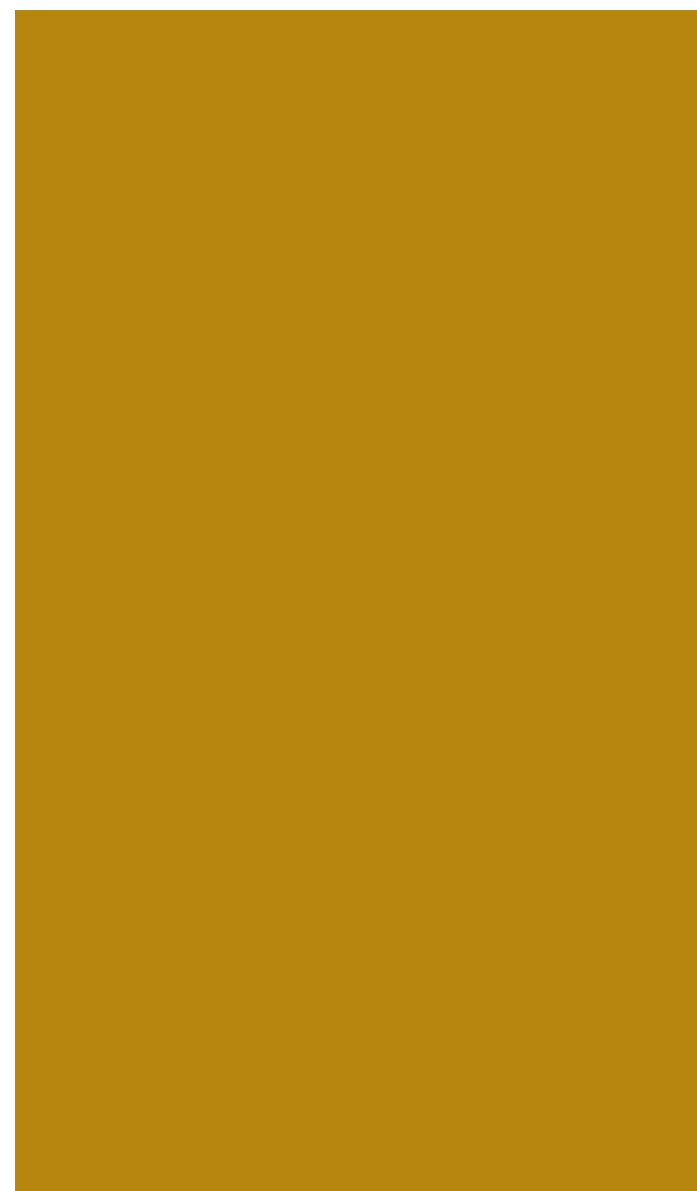


Python izmantošana

Komandu izmantošana

Funkciju/skriptu izmantošana

Datu izmantošana



Lai izmantotu Pythonu matlabā jābūt uzinstallētam Pythonam

Rakstam:

```
pyenv('Version', '/home/user/.pyenv/versions/3.10.13/bin/python');
```

Šajā komandā mēs tieši norādām ceļu līdz pythona instalācijai.

Tad jau mēs varam izsaukt pythonu no matlabā:

```
py.print('hello from matlab')
```

Līdzīgi varam izpildīt parejas komandas.

Python izmantošana

Šeit mēs rēķināsim kvadrātsakni no 16 pythonā.

```
result = py.math.sqrt(16)
```

Pythona bibliotēkas izmantošana:

```
np = py.importlib.import_module('numpy');
```

```
a = np.array({1,2,3});
```

Pythona faila palaišana:

```
py.runpy.run_path('Mandelbrot_py.py')
```

Izejas argumentu iegūšana no pythona faila

```
result = py.runpy.run_path('Mandelbrot_py.py');
```

Paldies par dalību seminārā



EuroCC Latvija