ЭКСПОНЕНТА
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Engee

Инженерный код
Engee как IDE для моделирования и анализа

Капырин Николай Игоревич
Ведущий инженер по анализу данных ЦИТМ Экспонента
Санкт-Петербург, 2025

Какие технологии заложены в инженерное IDE Engee

Engee

Engee – единственная достойная альтернатива MATLAB, Simulink, Amesim, которая может обеспечить преемственность полного ЖЦ МОП

Engee – среда для разработки сложных систем

Графики
Визуализируйте и исследуйте результаты

Анализ данных
Исследуйте, моделируйте и анализируйте данные

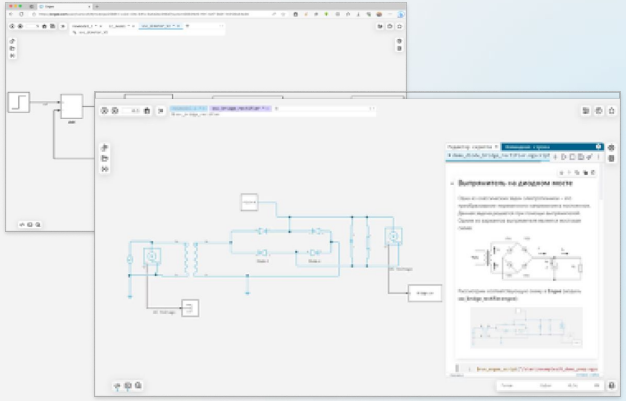
Программирование
Создавайте скрипты, функции и классы

Среда математических вычислений

Среда динамического моделирования

1D-моделирование

Генерация кода, полунатурное тестирование



Мультидоменное моделирование алгоритмов и физических систем

Многоуровневое моделирование для построения сложных архитектур систем

Автоматическая генерация кода,непрерывное тестирование

Engee – это много языков программирования

Командная строка

```
engee> using RDatasets

engee>
```

Командная строка

Командная строка | Терминал 1

```
engee:~$ python
Python 3.11.11 (main, Mar 17 2025, 21:02:09) [Clang 20.1.0 ] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> import torch
>>> torch.rand(1)
tensor([0.4838])
>>>
```

Командная строка

Командная строка | Терминал 1 | Терминал 2

```
engee:~$ matlab
MATLAB is selecting SOFTWARE rendering.

                    < M A T L A B (R) >
          Copyright 1984-2024 The MathWorks, Inc.
        R2024b Update 4 (24.2.0.2833386) 64-bit (glnxa64)
                    December 26, 2024
```

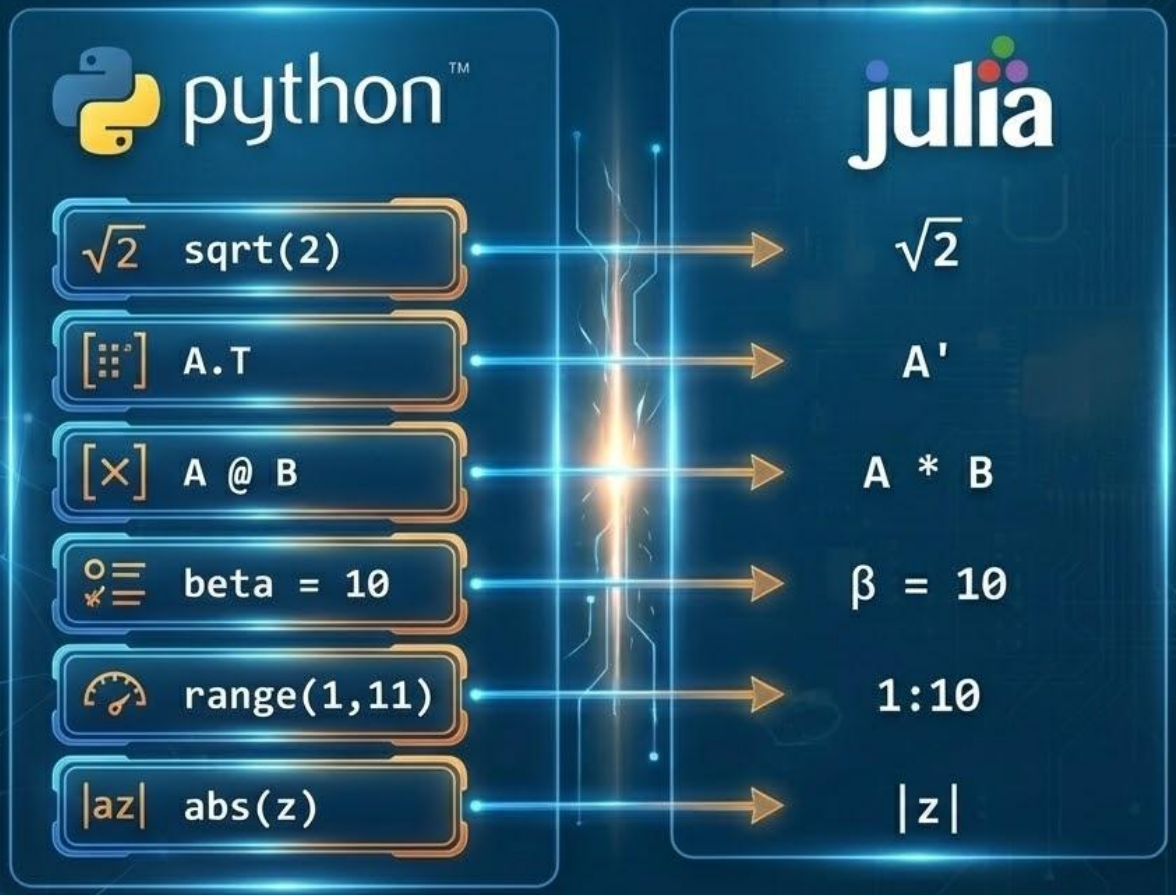
Командная строка

Командная строка | Терминал 1 | Терминал 2 | Терминал 3

```
engee:~$ gcc -v
Using built-in specs.
COLLECT_GCC=gcc
COLLECT_LTO_WRAPPER=/usr/lib/gcc/x86_64-linux
OFFLOAD_TARGET_NAMES=nvptx-none:amdgcn-amdhs
OFFLOAD_TARGET_DEFAULT=1
Target: x86_64-linux-gnu
Configured with: ../src/configure -v --with-
buntu1~22.04.2' --with-bugurl=file:///usr/sh
```

```
untu 11.4.0-1u
/README.Bugs -
```

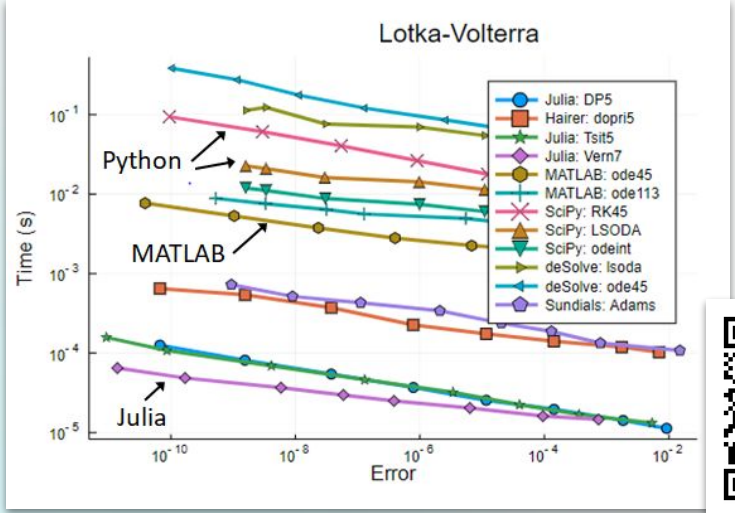
Julia – более “научный и инженерный” язык чем Python



Julia – более “*научный и инженерный*” язык чем Python

Интерпретируемый язык

Компилируемый язык



https://userpages.umbc.edu/~dfrey1/ench445/is-it-worth-the-effort-to-learn-Julia.html

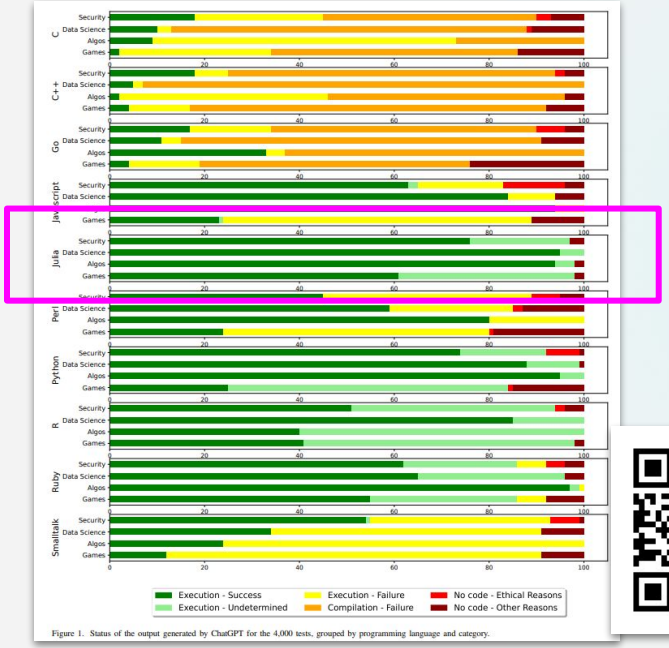
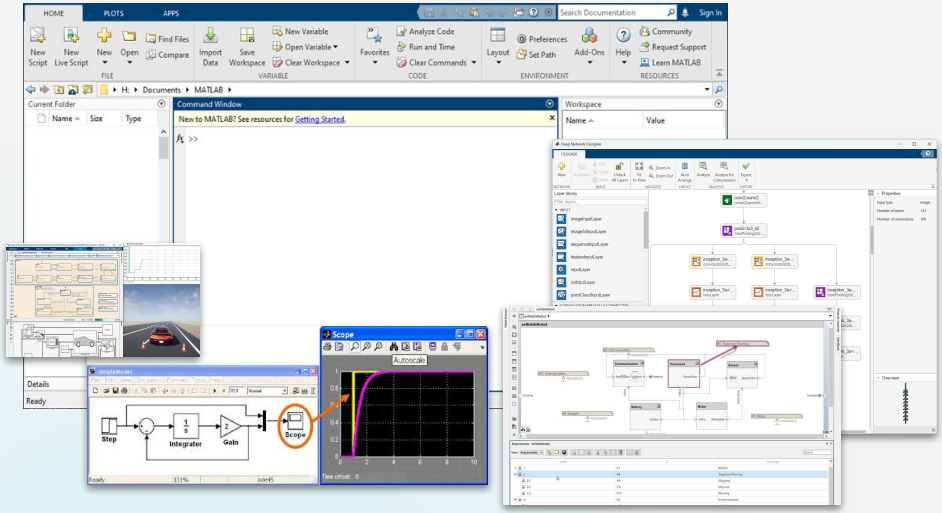
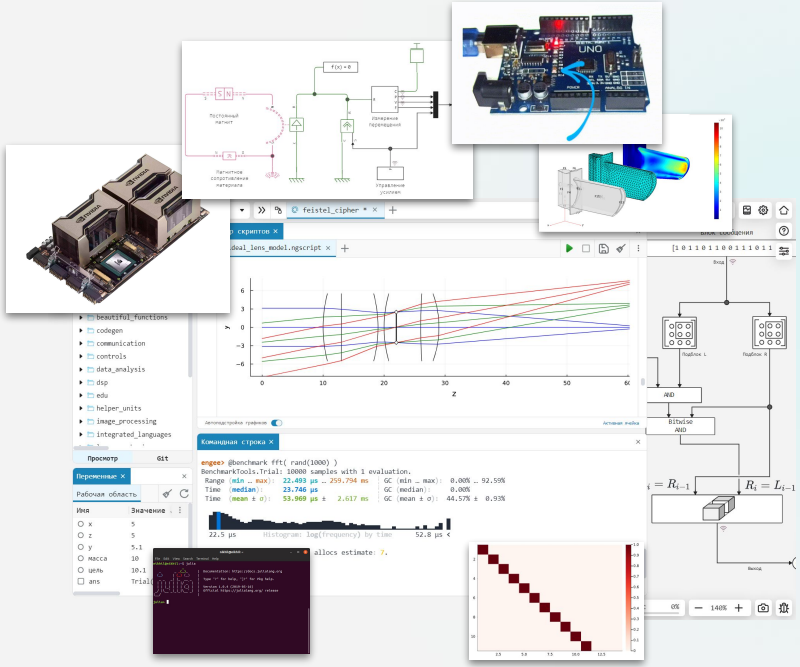


Figure 1. Status of the output generated by ChatGPT for the 4,000 tests, grouped by programming language and category.

https://arxiv.org/abs/2308.04477

Engee с Julia – полноценная замена MATLAB





MATLAB

julia + Engee

Зачем ещё один новый язык?

Engee

Обычно часть кода пишется на C/Fortran, бизнес-логика – на Python

- **Фортран**: "транслятор формул", породил новую парадигму
- **Язык Си:** сделал ассемблер кросс-платформенным языком
- **Python:** удобен для создания интерфейсов, но медленный

Нужна платформа, которая не просто быстро работает, и не просто удобна в использовании, а позволяет вам быстро создавать быстрый код

Julia делает именно это

Сильные стороны MATLAB

1) Мощные инструменты для численных расчетов

2) Много библиотек с дополнительными функциями

3) Интерактивное окружение

4) Визуализация данных

5) Интеграция с Simulink

6) Удобен как для разработки, так и для прототипирования

7) Большое сообщество и есть ресурсы для развития

8) Интероперабельность

Сильные стороны MATLAB
которые закрывает Julia+Engee

Мощные инструменты для численных расчетов

Много библиотек с дополнительными функциями

3) Интерактивное окружение

Визуализация данных

5) Интеграция с Simulink

6) Удобен как для разработки, так и для прототипирования

7) Большое сообщество и есть ресурсы для развития

Интероперабельность

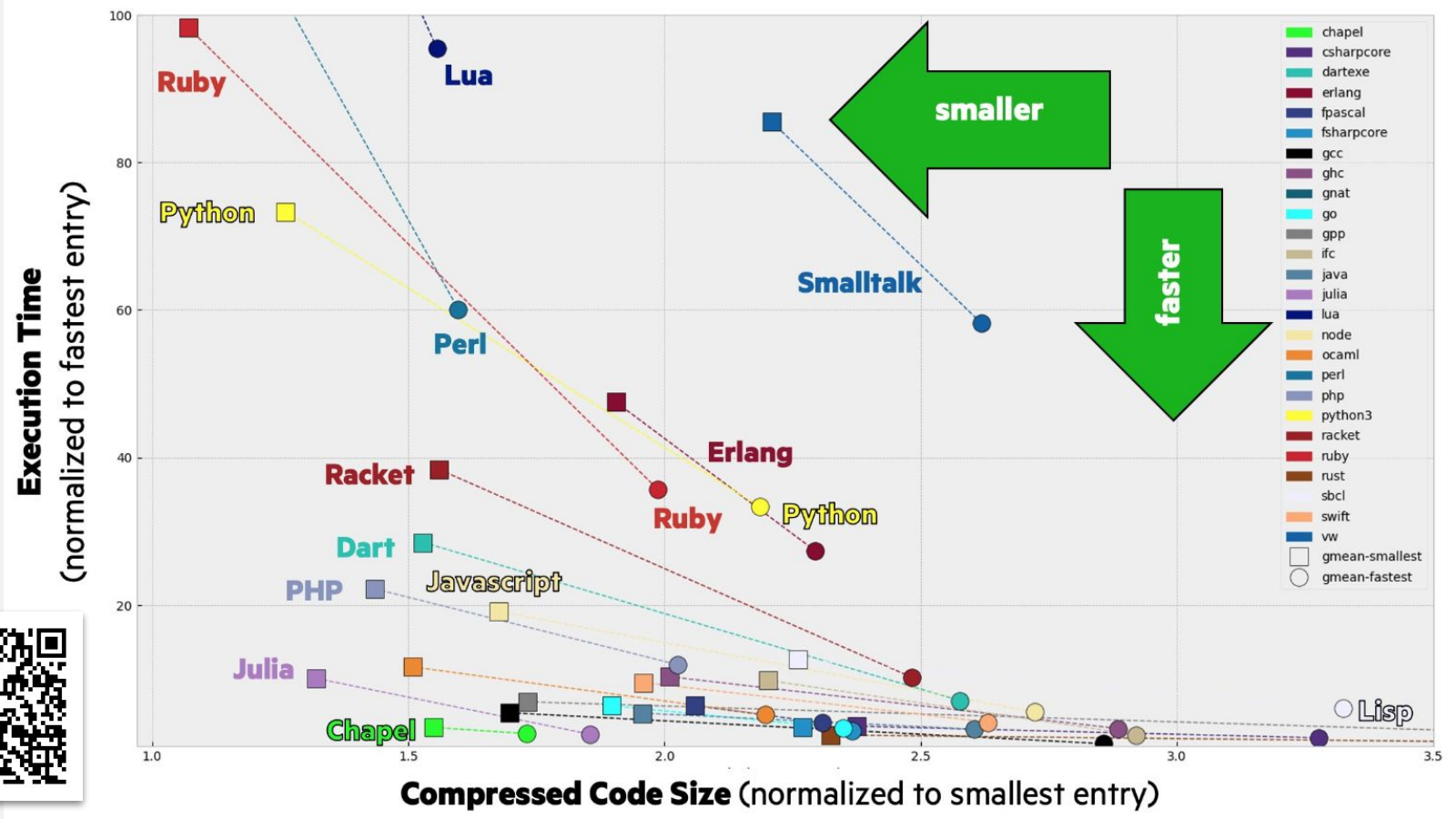
...для всего остального есть...

Engee

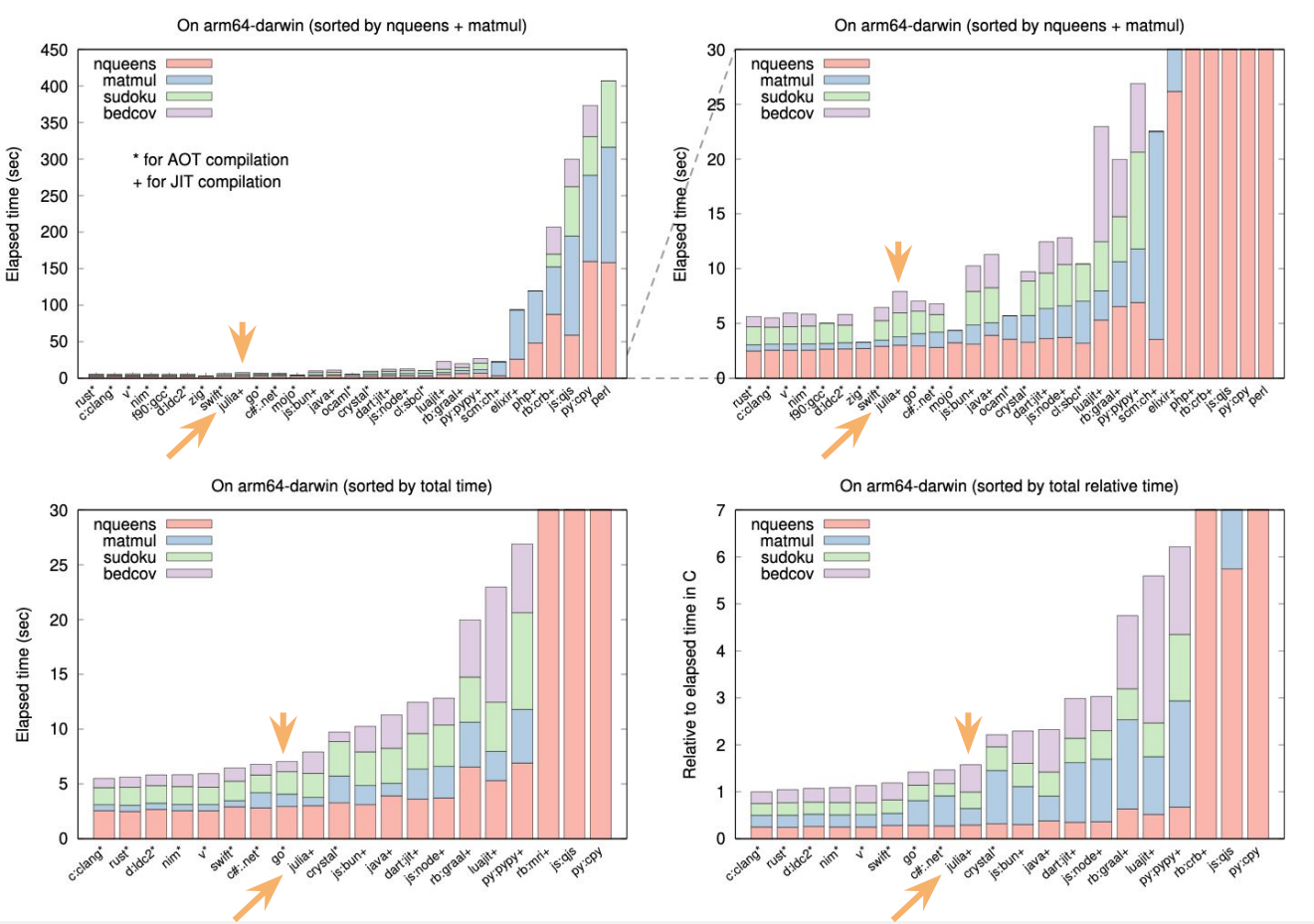
Julia - отличный язык программирования

где есть то, чего нет ни у одного другого языка

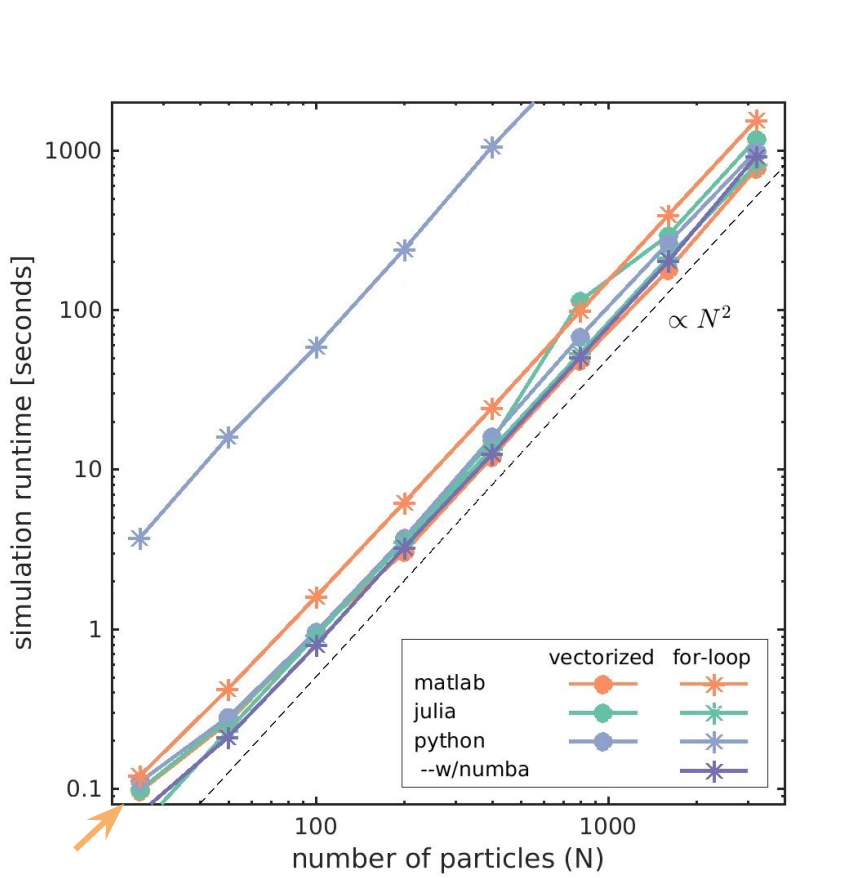
Сравниваемся по размеру и скорости кода

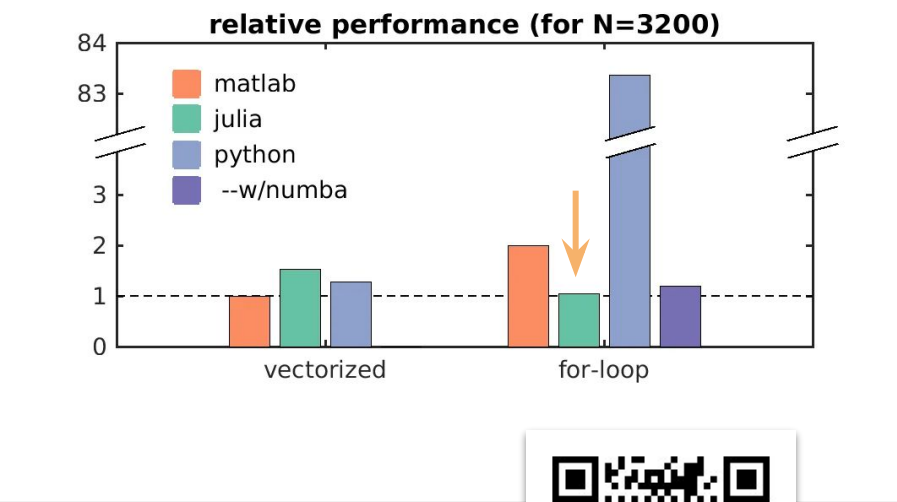


Сравнение языков программирования

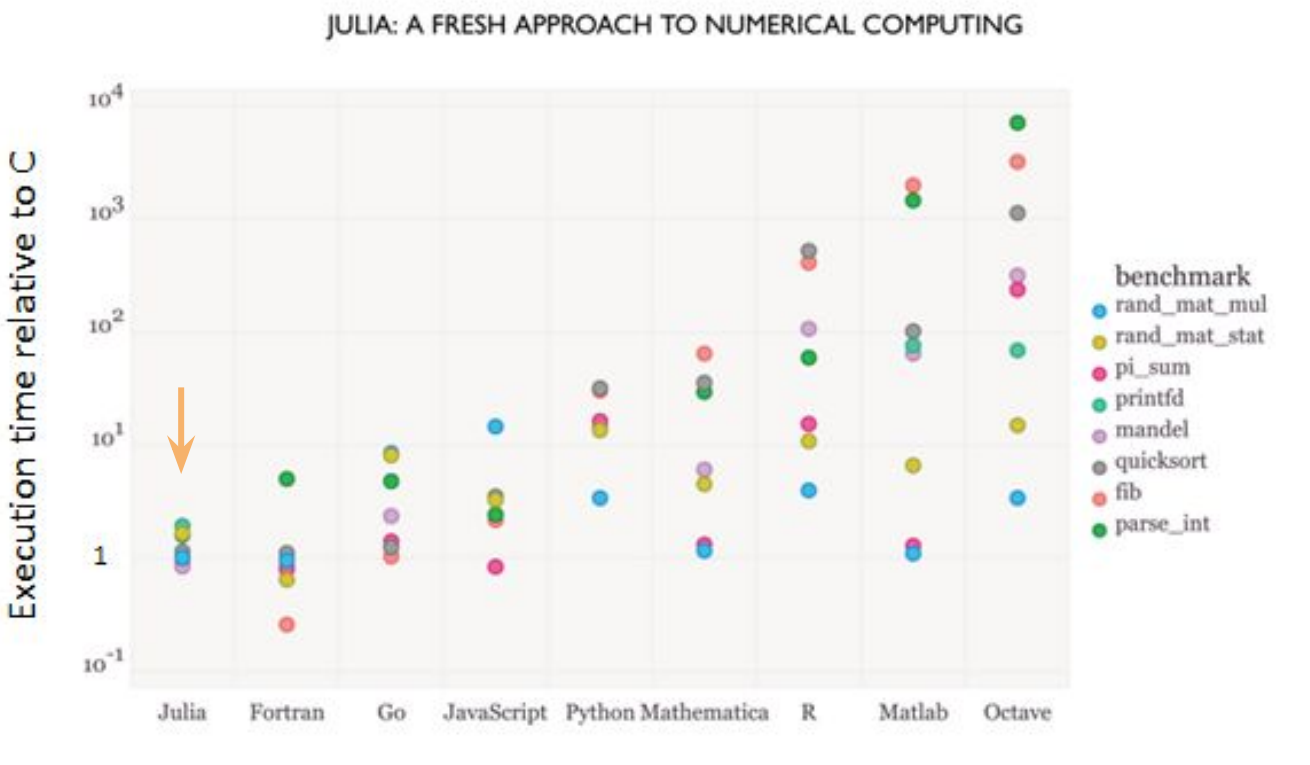


Сравнение на задаче N тел



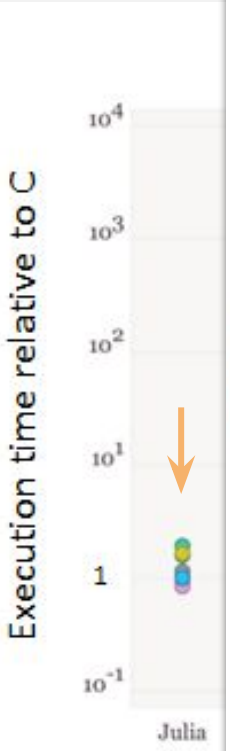


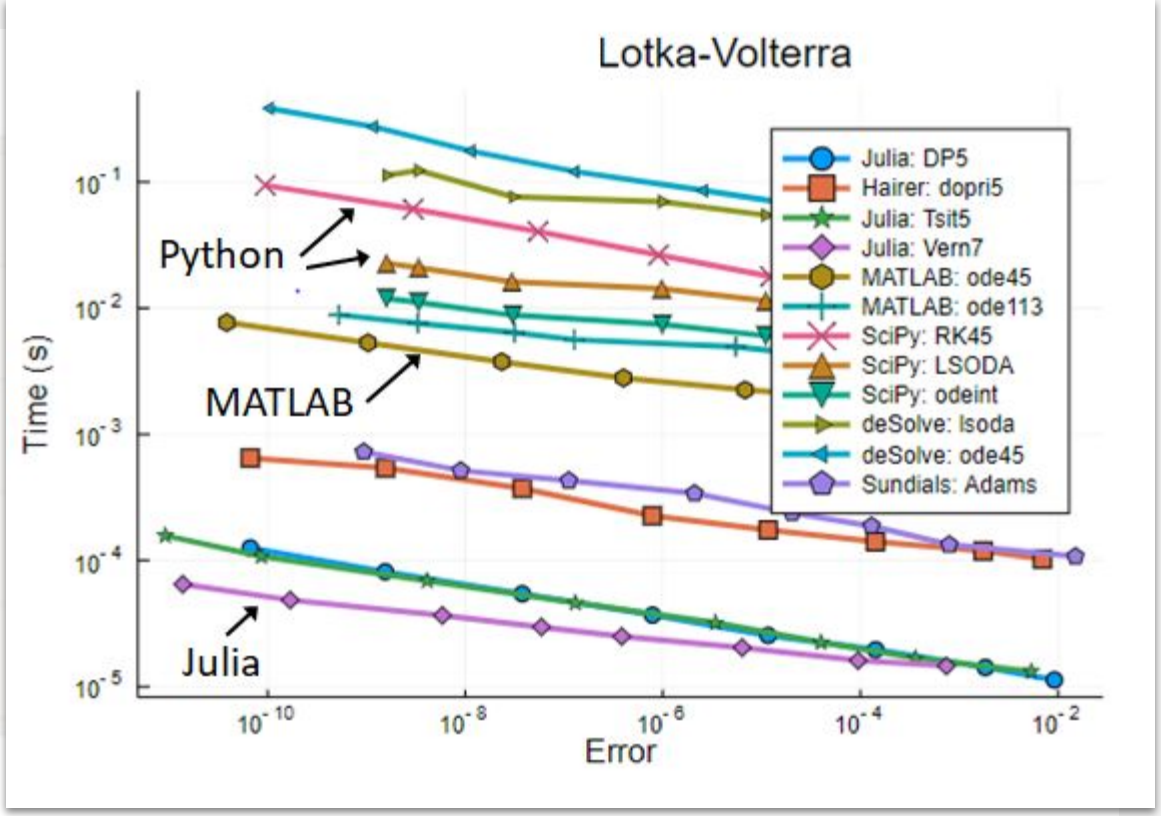
Сравнение на популярных тестах (бенчмарках)



Performance comparison of various languages performing simple microbenchmarks. Benchmark execution time relative to C. (Smaller is better; C performance = 1.0.)

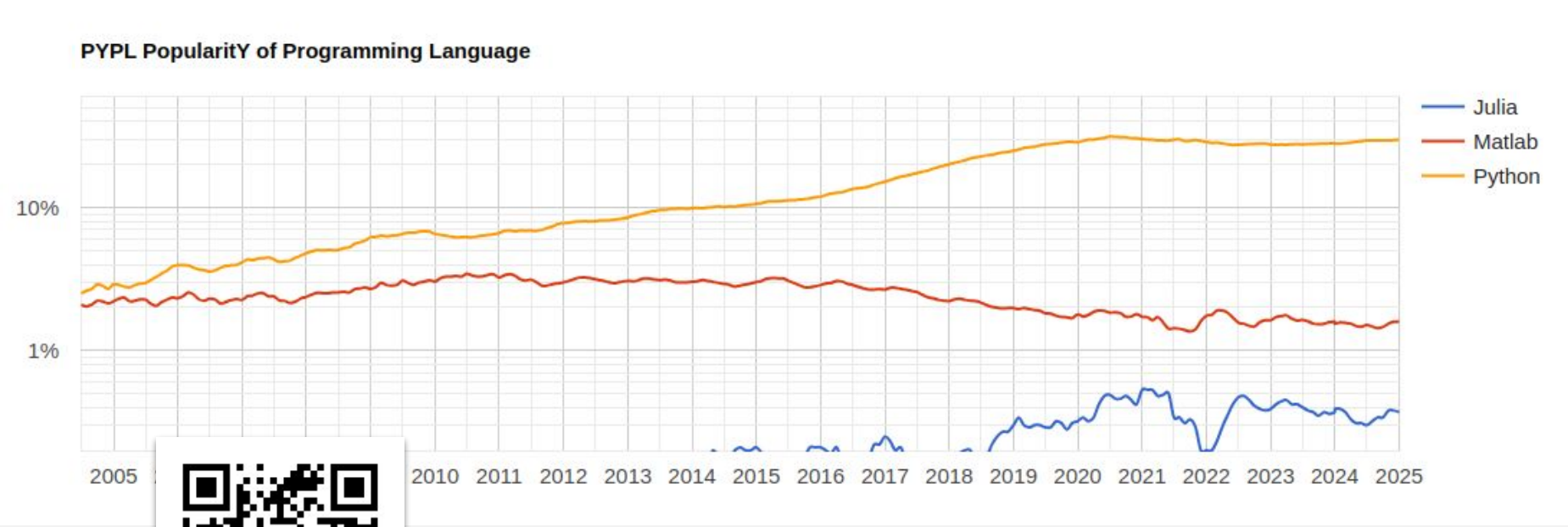
Сравнение на популярных тестах (бенчмарках)





Performance comparison of various languages performing simple microbenchmarks. Benchmark execution time relative to C. (Smaller is better; C performance = 1.0.)

Сравнение количества пользователей



...в большей степени
инженеры и исследователи

Julia максимально близка к MATLAB

Командная строка

```
engee> mat"who"
>> >> >>
Your variables are:

A                    matlab_jl_has_ans


engee> mat"display(A)"
>> >> >>
A =

     1
     2
     3


engee> mat"A = [1, 2, 3]"

engee> mat"display(A)"
>> >> >>
A =

     1     2     3


engee> [1, 2, 3]
3-element Vector{Int64}:
 1
 2
 3

engee> 
```

1D матрицы в MATLAB...

...и векторы в Julia создаются одинаково

Редактор скриптов

sOfMeasurementTutorialExample.ngscript * newnoteboo

Работаем в Python

```
import numpy as np
```

```
type( [1,2,3] )
```

В векторе numpy нельзя смешивать разные типы данных, для этого есть List

```
list
```

```
T = np.random.rand(10,10)
T
```

Нельзя создать случайную матрицу без доп.библиотеки rand()

```
array([[4.84282817e-01, 5.51533708e-01, 9.19794046e-01, 2.63906706e-02,
        3.45891208e-01, 4.75225581e-01, 9.75762567e-01, 4.85972489e-01,
        7.48703275e-01, 4.81506492e-01],
       [9.19353766e-01, 5.18769144e-01, 7.84434594e-01, 9.85989966e-01,
        6.11983360e-01, 2.49434210e-01, 8.96765724e-01, 9.22232898e-01,
        3.43311628e-01, 5.74936753e-01],
       [6.10527746e-01, 9.47065477e-01, 8.10261259e-01, 1.50447908e-01,
        4.22164928e-01, 7.71370460e-01, 8.26415059e-01, 4.13624316e-01,
        3.63383920e-01, 3.90368916e-01],
       [2.33333245e-01, 7.65625175e-01, 5.00735507e-01, 3.07065639e-01,
        2.83675034e-01, 4.22875312e-01, 4.73681431e-02, 7.50649212e-01,
        9.31338132e-01, 3.21100158e-01],
       [3.23959931e-01, 7.87758643e-01, 3.23430498e-01, 8.88206818e-01,
        3.10811090e-01, 1.49578659e-01, 4.25315669e-01, 8.85885087e-01,
        7.87004549e-01, 1.03872115e-01],
       [2.46876662e-01, 5.58624854e-01, 1.72233139e-01, 4.66822193e-01,
        3.47566789e-01, 8.44328604e-01, 9.47699047e-01, 8.57141332e-01,
        5.13019608e-01, 9.99545581e-01],
```

Автоподстройка графиков Код Выполнено Последняя выполненная ячейка Python Активная яче

Julia, Python и MATLAB в одном браузерном приложении

Командная строка

```
engee> [1, 2, 3]
3-element Vector{Int64}
 1
 2
 3

engee> rand( 10, 10 )
10×10 Matrix{Float64}:
 0.472035  0.206478   0.336627  …  0.887884    0.27764
 0.510624  0.0108474  0.795936     0.739547    0.736032
 0.29078   0.614114   0.904123     0.518475    0.778756
 0.964971  0.107763   0.955023     0.024242    0.895269
 0.803749  0.710683   0.323095     0.344344    0.577489
 0.682101  0.715633   0.436963  …  0.00837629  0.657413
 0.630439  0.986108   0.651537     0.452599    0.417716
 0.360744  0.223175   0.876413     0.770881    0.273209
 0.280598  0.879431   0.132081     0.705676    0.745715
 0.805327  0.72368    0.768094     0.736333    0.556347

engee> mat"rand(10,10)"
10×10 Matrix{Float64}:
 0.814724   0.157613  0.655741   …  0.35166   0.0758543
 0.905792   0.970593  0.0357117     0.830829  0.0539501
 0.126987   0.957167  0.849129      0.585264  0.530798
 0.913376   0.485376  0.933993      0.549724  0.779167
 0.632359   0.80028   0.678735      0.917194  0.934011
 0.0975404  0.141886  0.75774    …  0.285839  0.129906
 0.278498   0.421761  0.743132      0.7572    0.568824
 0.546882   0.915736  0.392227      0.753729  0.469391
 0.957507   0.792207  0.655478      0.380446  0.0119021
 0.964889   0.959492  0.171187      0.567822  0.337123

engee>
```

Редактор скриптов

OfMeasurementTutorialExample.ngscript * | newnoteboo

Работаем в Python

```
import numpy as np
```

```
type( [1,2,3] )
```

```
list
```

```
T = np.random.rand(10,10)
T
```

```
array([[4.84282817e-01, 5.51533708e-01, 9.19794046e-01, 2.63906706e-02,
        3.45891208e-01, 4.75225581e-01, 9.75762567e-01, 4.85972489e-01,
        7.48703275e-01, 4.81506492e-01],
       [9.19353766e-01, 5.18769144e-01, 7.84434594e-01, 9.85989966e-01,
        6.11983360e-01, 2.49434210e-01, 8.96765724e-01, 9.22232898e-01,
        3.43311628e-01, 5.74936753e-01],
       [6.10527746e-01, 9.47065477e-01, 8.10261259e-01, 1.50447908e-01,
        4.22164928e-01, 7.71370460e-01, 8.26415059e-01, 4.13624316e-01,
        3.63383920e-01, 3.90368916e-01],
       [2.33333245e-01, 7.65625175e-01, 5.00735507e-01, 3.07065639e-01,
        2.83675034e-01, 4.22875312e-01, 4.73681431e-02, 7.50649212e-01,
        9.31338132e-01, 3.21100158e-01],
       [3.23959931e-01, 7.87758643e-01, 3.23430498e-01, 8.88206818e-01,
        3.10811090e-01, 1.49578659e-01, 4.25315669e-01, 8.85885087e-01,
        7.87004549e-01, 1.03872115e-01],
       [2.46876662e-01, 5.58624854e-01, 1.72233139e-01, 4.66822193e-01,
        3.47566789e-01, 8.44328604e-01, 9.47699047e-01, 8.57141332e-01,
        5.13019608e-01, 9.99545581e-01],
```

Автоподстройка графиков | Код | Выполнено | Последняя выполненная ячейка | Python | Активная яче

Создание векторов

МАТЛАБ	ПИТОН	ДЖУЛИЯ
Вектор-строка: размер (1, n)		
`A = [1 2 3]`	`A = np.array([1, 2, 3]).reshape(1, 3)`	`A = [1 2 3]`
Вектор-столбец: размер (n, 1)		
`A = [1; 2; 3]`	`A = np.array([1, 2, 3]).reshape(3, 1)`	`A = [1 2 3]'`
1d массив: размер (n,)		

Невозможно	`A = np.array([1, 2, 3])`	`A = [1; 2; 3]`
		или
		`A = [1, 2, 3]`

Целые числа от j до n с шагом k		
`A = j:k:n`	`A = np.arange(j, n+1, k)`	`A = j:k:n`
Линейно-распределенный вектор из k точек		
`A = linspace(1, 5, k)`	`A = np.linspace(1, 5, k)`	`A = range(1, 5, length = k)`

```
A = [[1 2] [1 2]]
```

или

```
A = horzcat([1 2], [1 2])
```

```
B = np.array([1, 2])
A = np.hstack((B, B))
```

```
A = [[1 2] [1 2]]
```

или

```
A = hcat([1 2], [1 2])
```

Объединить вертикально

```
A = [[1 2]; [1 2]]
```

или

```
A = vertcat([1 2], [1 2])
```

```
B = np.array([1, 2])
A = np.vstack((B, B))
```

```
A = [[1 2]; [1 2]]
```

или

```
A = vcat([1 2], [1 2])
```

Изменить форму (до 5 строк, 2 столбцов)

```
A = reshape(1:10, 5, 2)
```

```
A = A.reshape(5, 2)
```

```
A = reshape(1:10, 5, 2)
```

Преобразовать матрицу в вектор

```
A(:)
```

```
A = A.flatten()
```

```
A[:]
```

Перевернуть влево/вправо

```
fliplr(A)
```

```
np.fliplr(A)
```

```
reverse(A, dims = 2)
```

Перевернуть вверх/вниз

```
flipud(A)
```

```
np.flipud(A)
```

```
reverse(A, dims = 1)
```

Почему и когда Julia лучше 🧨

...с инженерной точки зрения?

```julia
function f(x)
    α = 1 + 2x
end
```

← Функция на Julia

- используется Unicode
- не нужно лишний раз писать return
- умножение без лишнего оператора

```
engee> @which isless(1+1im, 2+2im)
isless(u1::Complex, u2::Complex)
     @ CausalDSP.StationaryStatistics /usr/local/ijulia-core/pack
ages/CausalDSP/Mrqf8/src/stationary_statistics/SO_Median.jl:62
```

```
engee> @code_llvm +(1,2)
;  @ int.jl:87 within `+`
define i64 @"julia_+_6685"(i64 signext %0, i64 signext %1) #0 {
top:
  %2 = add i64 %1, %0
  ret i64 %2
}
```

← Работа с кодом в Julia

```
engee> @code_native +(1,2)
        .text
        .file   "+"
        .globl  "julia_+_6718"                  # -- Begin function julia_+_6718
        .p2align        4, 0x90
        .type   "julia_+_6718",@function
"julia_+_6718":                         # @"julia_+_6718"
; ┌ @ int.jl:87 within `+`
# %bb.0:                                # %top
        push    rbp
        mov     rbp, rsp
        lea     rax, [rdi + rsi]
        pop     rbp
        ret
.Lfunc_end0:
        .size   "julia_+_6718", .Lfunc_end0-"julia_+_6718"
; └
                                        # -- End function
        .section        ".note.GNU-stack","",@progbits
```

```
engee> simple_fcn(x1,x2) = 2 .* x1 + cos(x2)
simple_fcn (generic function with 1 method)

engee> simple_fcn( 1,2 )
1.5838531634528576

engee> using Symbolics

engee> @variables x_1 x_2
2-element Vector{Num}:
 x_1
 x_2

engee> simple_fcn( x_1, x_2 )
2x_1 + cos(x_2)
```

← Очень много кода можно перевести из Julia в Си таким образом

```
engee> c_model_code = build_function( simple_fcn( x_1, x_2 ), [x_1, x_2]; target=Symbolics.CTarget(), fn
ame="SIMPLE_FCN", lhsname=:c, rhsnames=[:x1, :x2] )
"#include <math.h>\nvoid SIMPLE_FCN(double* c, const double* x1) {\n  c[0] = 2 * x1[0] + cos(x1[1]);\n}\
n"

engee> println( c_model_code )
#include <math.h>
void SIMPLE_FCN(double* c, const double* x1) {
  c[0] = 2 * x1[0] + cos(x1[1]);
}
```

```
engee> using BenchmarkTools

engee> @benchmark rand(40,40)\rand(40)
BenchmarkTools.Trial: 10000 samples with 1 evaluation per sample.
 Range (min … max):  18.646 μs … 260.450 μs  ┊ GC (min … max): 0.00% … 0.00%
 Time  (median):     19.617 μs               ┊ GC (median):    0.00%
 Time  (mean ± σ):   20.653 μs ±   5.363 μs  ┊ GC (mean ± σ):  0.00% ± 0.00%
```

```
 18.6 μs         Histogram: log(frequency) by time        43.5 μs <

 Memory estimate: 26.42 KiB, allocs estimate: 5.

engee> using MATLAB

engee> mat"timeit( @() rand(40) \\ rand(40,1) )"
4.423371428571429e-5

engee> 4.423371428571429e-5 * 1e6
44.23371428571429

engee>
```

Код на Julia выполнялся 19 us (медианное время)

Скорость исполнения

Тот же код на MATLAB выполнялся 44 us (стабильно)

Удобная математическая нотация

```python
import numpy as np

V = np.random.rand( 80, 40 )
D = np.random.rand( 80, 80)

V.T @ D**3 @ V
```

```
engee> V = rand(80,40); D = rand(80,80);

engee> V' * D^3 * V
```

Редактор скриптов ×

newnotebook_0.ipynb * ×

```python
import numpy as np

V = np.random.rand( 80, 40 )
D = np.random.rand( 80, 80)

V.T @ D**3 @ V
```

```
array([[351.89837709, 357.98052337, 399.25124122, ..., 386.23190176,
        388.28453258, 334.89481205],
       [358.24474407, 364.22043643, 404.71672075, ..., 395.13487192,
        395.29208404, 342.77990907],
       [408.2495064 , 415.49803196, 460.28500126, ..., 450.91987243,
        446.47864238, 384.31978155],
       ...,
       [394.2911716 , 399.79554112, 443.50401406, ..., 432.48651893,
        428.00844293, 373.41900287],
       [388.07310899, 397.42029269, 439.41217744, ..., 425.43781113,
        428.0086623 , 371.02859804],
       [338.91939083, 342.35940764, 381.36550733, ..., 373.18651425,
        371.20925002, 323.86593021]])
```

Командная строка ×

```
engee> V = rand(80,40); D = rand(80,80);

engee> V' * D^3 * V
40×40 Matrix{Float64}:
 1.08097e6  1.21457e6  1.22703e6  1.26378e6  …  1.22404e6  1.13857e6  1.08685e6
 1.22373e6  1.37503e6  1.38914e6  1.43074e6     1.38575e6  1.28897e6  1.23045e6
 1.22979e6  1.38179e6  1.39599e6  1.43782e6     1.39254e6  1.29533e6  1.23651e6
 1.27203e6  1.42927e6  1.44393e6  1.48719e6     1.44041e6  1.33986e6  1.279e6
 1.3118e6   1.47396e6  1.48907e6  1.53369e6     1.48544e6  1.38175e6  1.31896e6
 1.13798e6  1.27865e6  1.29172e6  1.33045e6  …  1.2886e6   1.19865e6  1.14422e6
 1.12445e6  1.26347e6  1.2764e6   1.31468e6     1.27331e6  1.18441e6  1.13066e6
 1.23373e6  1.38623e6  1.40045e6  1.44239e6     1.39702e6  1.29949e6  1.2405e6
 1.18828e6  1.33519e6  1.34884e6  1.3893e6      1.34559e6  1.25163e6  1.19482e6
 1.2571e6   1.41251e6  1.42699e6  1.46973e6     1.4235e6   1.32411e6  1.26397e6
 1.21001e6  1.35957e6  1.37352e6  1.41469e6  …  1.37016e6  1.27451e6  1.21666e6
 1.19836e6  1.34651e6  1.36027e6  1.40106e6     1.35699e6  1.26226e6  1.20492e6
 ⋮                                            ⋱
 1.27819e6  1.43622e6  1.45091e6  1.49441e6     1.4474e6   1.34634e6  1.28521e6
 1.23698e6  1.38993e6  1.40416e6  1.44623e6     1.40073e6  1.30295e6  1.24376e6
 1.10498e6  1.24157e6  1.25431e6  1.29189e6  …  1.25123e6  1.16388e6  1.11105e6
 1.13185e6  1.27173e6  1.28481e6  1.32328e6     1.28165e6  1.19217e6  1.13802e6
 1.21592e6  1.36622e6  1.38023e6  1.4216e6      1.37685e6  1.28073e6  1.22258e6
```

Целочисленные операции

MATLAB

```
engee> mat"a = int8(8); b = int8(3); floor(a/b)"
3
```

```
engee> mat"8/3"
2.6666666666666665
```

```
engee> mat"int8(8) / int8(3)"
3
```

julia

```
engee> a = Int8(8); b = Int8(3); floor(a/b)
2.0
```

```
engee> 8/3
2.6666666666666665
```

```
engee> Int8(8) / Int8(3)
2.6666666666666665
```

Целочисленные операции

```
engee> mat"uint8(255) + 8"
0xff
```

```
engee> UInt8(255) + 8
263
```

Какой код будет проще развернуть в производственном окружении?

Зависит от сферы применения

MATLAB позволяет переопределить переменную “мнимую единица”

```
engee> mat"i"
0.0 + 1.0im

engee> mat"i = 1"

engee> mat"i"

engee> mat"display(i)"
>> >> >>
i =

     1
```

```
engee> im
im

engee> 1 + 2im
1 + 2im

engee> im = 3
ERROR: cannot assign a value to imported
 variable Base.im from module Main
Stacktrace:
 [1] top-level scope
   @ REPL[3]:1
```

Любые операции в анонимных функциях

```
engee> map(x -> x^2 + 5, [5, 10])
2-element Vector{Int64}:
  30
 105

engee> map(x -> collect((x^i + 5 for i in 1:2)), [5, 10])
2-element Vector{Vector{Int64}}:
 [10, 30]
 [15, 105]
```

В MATLAB внутри анонимной функции нельзя использовать *for* или *if*

Что делает команда length()

```
engee> mat"length(rand(50,10))"
50.0
```

```
engee> length(rand(50,10))
500
```

В MATLAB - возвращает количество элементов по наибольшей стороне матрицы

```
engee> using CodeTracking
  Package CodeTracking not found, but a package named CodeTracking is available
  from a registry.
  Install package?
    (.project) pkg> add CodeTracking
  (y/n/o) [y]: y
   Resolving package versions...
    Updating `~/.project/Project.toml`
  [da1fd8a2] + CodeTracking v1.3.6
    Updating `~/.project/Manifest.toml`
  [da1fd8a2] + CodeTracking v1.3.6
Precompiling CodeTracking
  ✓ CodeTracking
  1 dependency successfully precompiled in 4 seconds

engee>
```

← Часто нужно ставить библиотеки, но это делается крайне легко

```
engee> @code_llvm +(1,2)
;  @ int.jl:87 within `+`
define i64 @"julia_+_6685"(i64 signext %0, i64 signext %1) #0 {
top:
  %2 = add i64 %1, %0
  ret i64 %2
}
```

```
engee> @code_native +(1,2)
        .text
        .file   "+"
        .globl  "julia_+_6718"                  # -- Begin function julia_+_6718
        .p2align        4, 0x90
        .type   "julia_+_6718",@function
"julia_+_6718":                         # @"julia_+_6718"
; ┌ @ int.jl:87 within `+`
# %bb.0:                                # %top
        push    rbp
        mov     rbp, rsp
        lea     rax, [rdi + rsi]
        pop     rbp
        ret
.Lfunc_end0:
        .size   "julia_+_6718", .Lfunc_end0-"julia_+_6718"
; └
                                        # -- End function
        .section        ".note.GNU-stack","",@progbits
```

```
engee> mat"uint8(255) + 8"
0xff
```

```
engee> UInt8(255) + 8
263
```

```
engee> mat"a = int8(8); b = int8(3); floor(a/b)"
3
```

```
engee> a = Int8(8); b = Int8(3); floor(a/b)
2.0
```

```
engee> mat"8/3"
2.6666666666666665
```

```
engee> 8/3
2.6666666666666665
```

```
engee> mat"int8(8) / int8(3)"
3
```

```
engee> Int8(8) / Int8(3)
2.6666666666666665
```

```
function f(x)
    α = 1 + 2x
end
```

```
engee> V = rand(80,40); D = rand(80,80);

engee> V' * D^3 * V
```

```
engee> map(x -> x^2 + 5, [5, 10])
2-element Vector{Int64}:
  30
 105

engee> map(x -> collect((x^i + 5 for i in 1:2)), [5, 10])
2-element Vector{Vector{Int64}}:
 [10, 30]
 [15, 105]
```

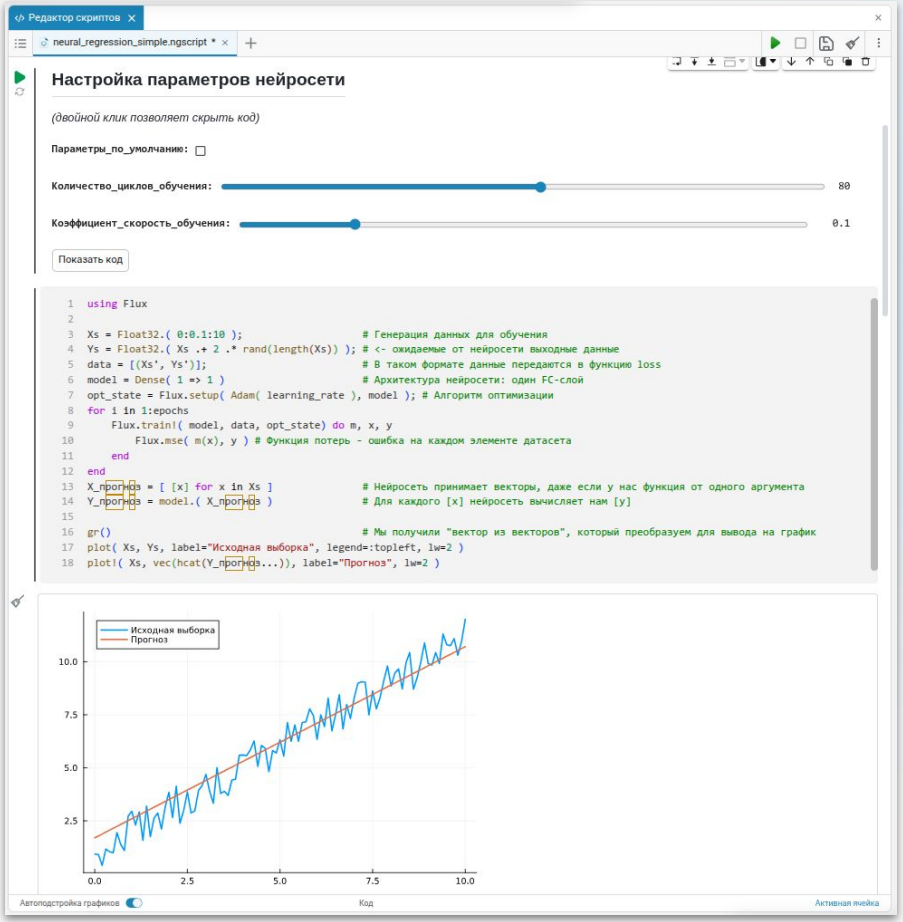
Из-за серьезного отношения к стандартам и к инфраструктуре Julia может сделать то что MATLAB не может. **Быть тем языком, на котором легко написать серьёзные системы, выходящие в продакшен**

Какие возможности даёт Engee для машинного обучения?

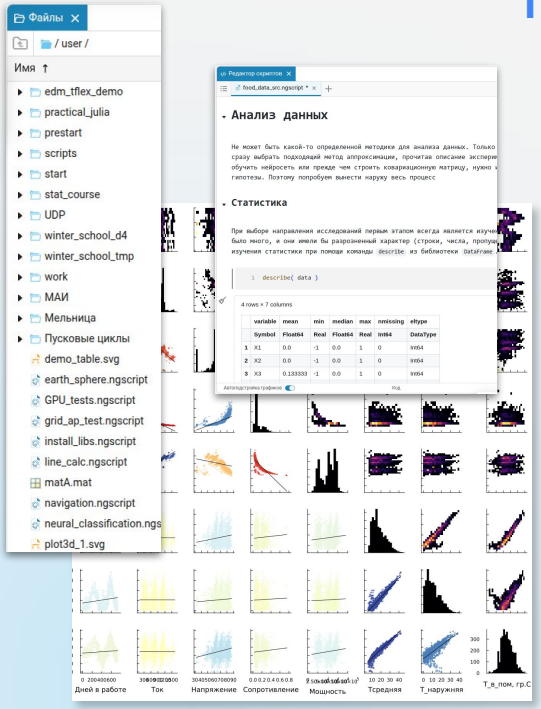
Engee идеально подходит для ML/AI

Упрощая создание ИИ-компонентов ускоряем разработку и исследования

- В Engee легко загрузить большие файлы и обеспечить их долгосрочное хранение и контроль версий
- Воспользоваться шаблонами, представленными в сообществе или в учебных курсах
- Представить **результаты в виде наглядного отчёта**

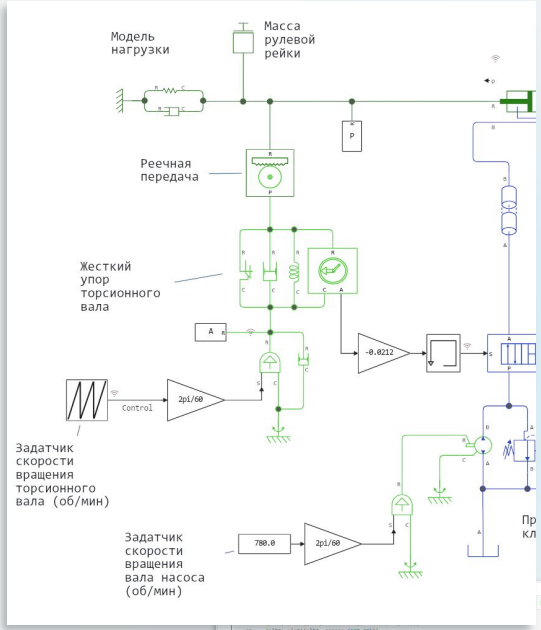


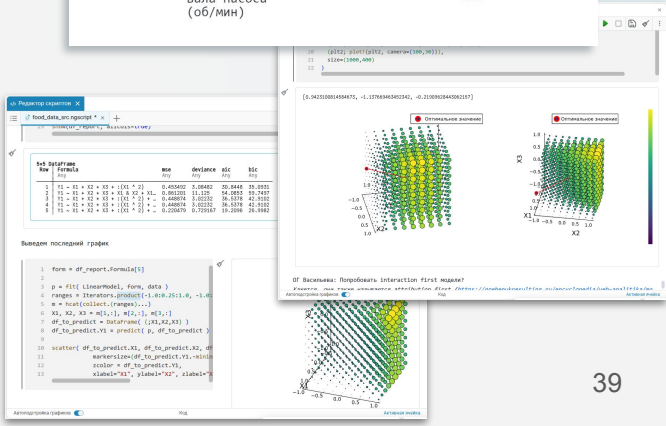
Engee – платформа для ученых, инженеров и аналитиков



Преимущества Engee для ИИ

- **Возможно арендовать GPU**
- Возможно **моделировать окружение нейросети** (и других компонентов) в графическом редакторе
- Разработка на тонком клиенте
  - не нужно обновлять ИТ-классы
  - *все вычисления производятся на сервере*
  - клиент можно отключать и подключать в любое время
  - *можно работать со смартфона*



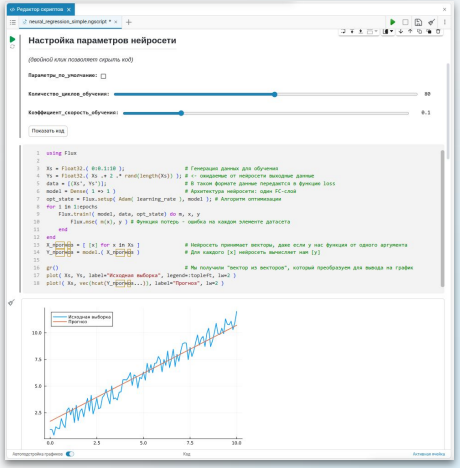


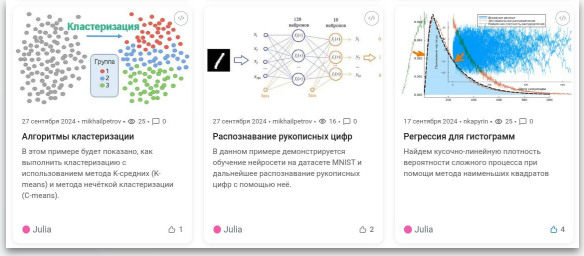
Все возможные виды поддержки

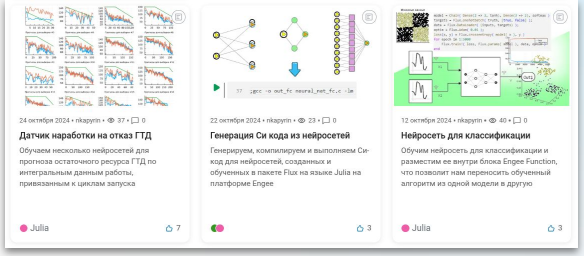
консультации, техподдержка, семинары, бесплатные курсы, сообщество и т.д.

Большая библиотека примеров в Сообществе

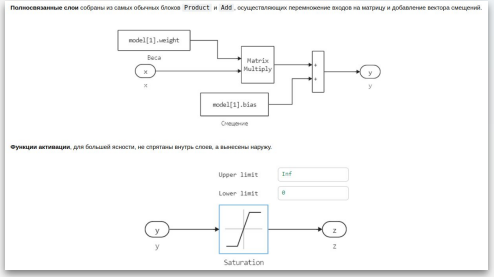
- Обучение нейросетей
- Запуск хрестоматийных примеров на Python
- Перенос нейросетей в инженерную модель и на процессор
- Легко сравнивать работу обычных, нечетких и нейронных систем управления







https://start.engee.com/online_courses



https://engee.com/community/ru/catalogs/projects

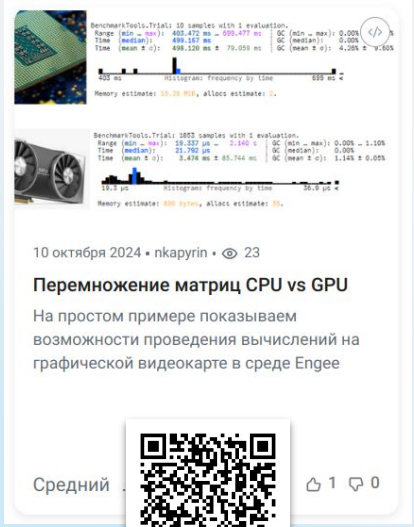
Вычисления и Обучение на GPU

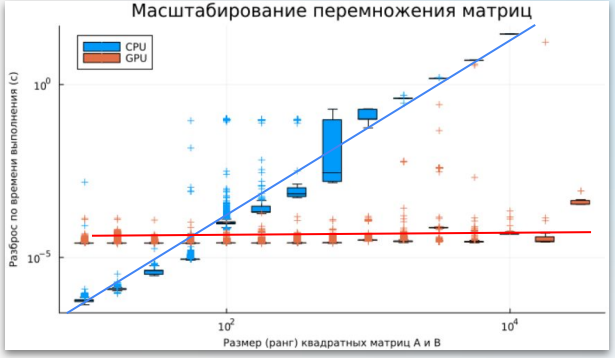
Доступ к GPU выдается индивидуально
по запросу пользователя

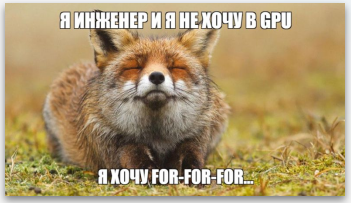
В память GPU помещается больше 10 млрд чисел Float32 (у серверной видеокарты A100 40 Гб памяти)

40 * (1024^3) / 4

Это три матрицы 60k на 60k элементов каждая

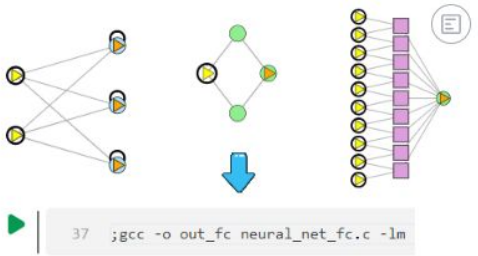






…внутри моделей могут быть и нейросети

Помещение нейросети в модельное окружение с механическими и электрическими элементами и обратной связью позволяет протестировать решение в полунатурных условиях

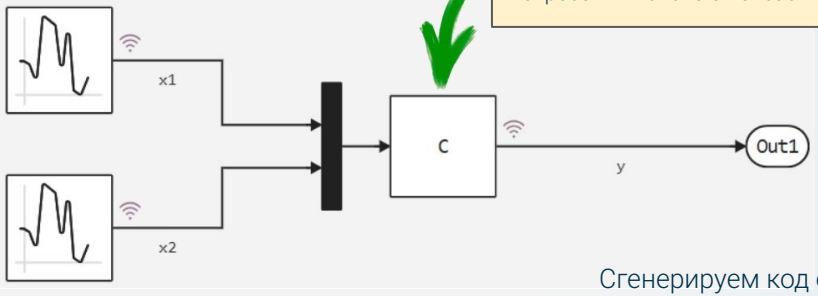


22 октября 2024 • nkapyrin • 21

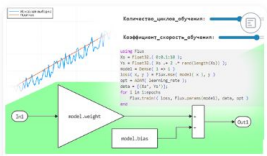
Генерация Си кода из нейросетей

Генерируем, компилируем и выполняем Си-код для нейросетей, созданных и обученных в пакете Flux на языке Julia на платформе Engee

Julia ... 3 0



Сгенерируем код обученной нейросети и поместим на “холст”

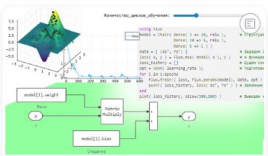


28 сентября 2024 • nkapyrin • 19

Модель нейрона и регрессия

В 10 строчек кода мы создадим и обучим простейшую полносвязанную нейросеть, а потом перенесем ее "на холст" engee.

engee ... 4 0

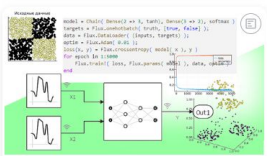


30 сентября 2024 • nkapyrin • 31

Многослойная нейросеть для регрессии

Создадим суррогатную модель в виде многослойной нейросети и разместим ее на холсте Engee

Продвинут... 6 0

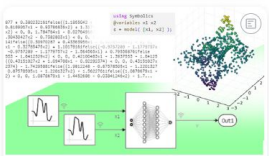


12 октября 2024 • nkapyrin • 25

Нейросеть для классификации

Обучим нейросеть для классификации и разместим ее внутри блока Engee Function, что позволит нам переносить обученный алгоритм из одной модели в другую

ngscript ... 2 0



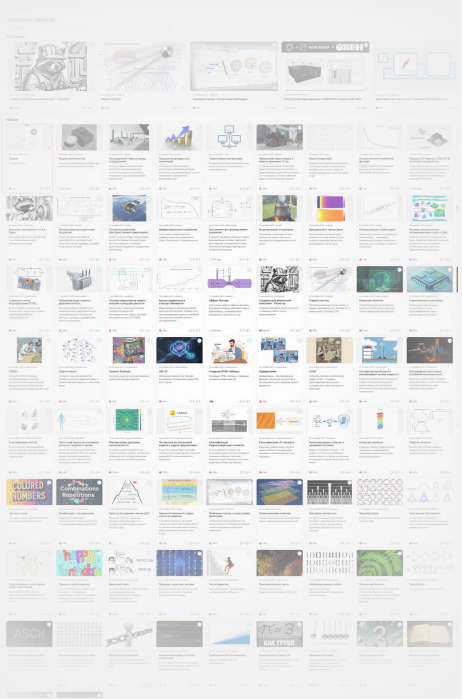
05 октября 2024 • nkapyrin • 13

Julia-код из нейросети

В этом примере мы сгенерируем Julia-код из предобученной нейросети чтобы поместить ее на холст в блоке Engee Function

ngscript ... 2 0

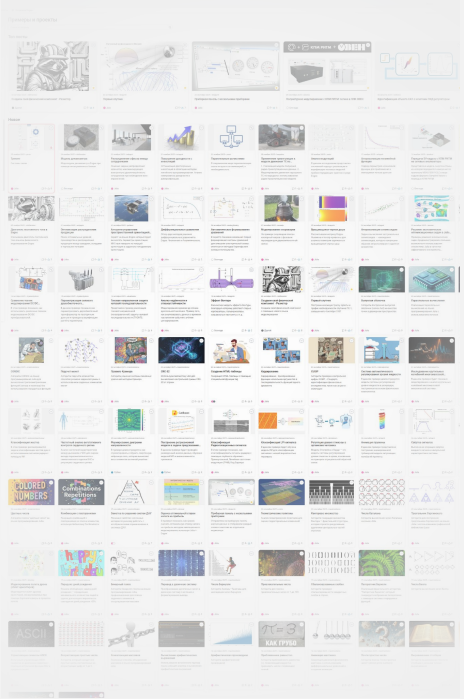
Проекты, выполненные в Engee



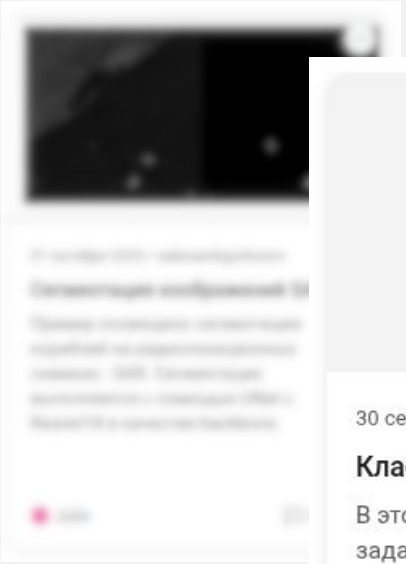
почти 800 проектов в Сообществе

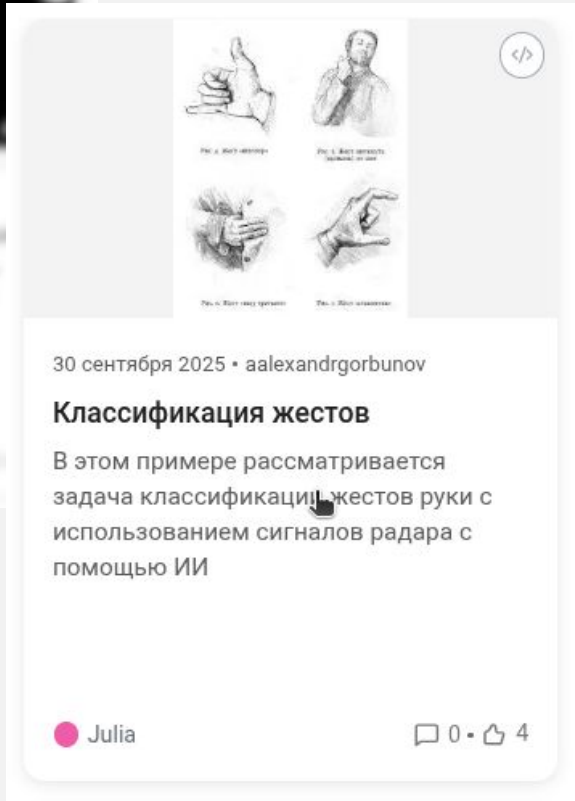
Изображения

Проекты, выполненные в Engee



почти 800 проектов в Сообществе

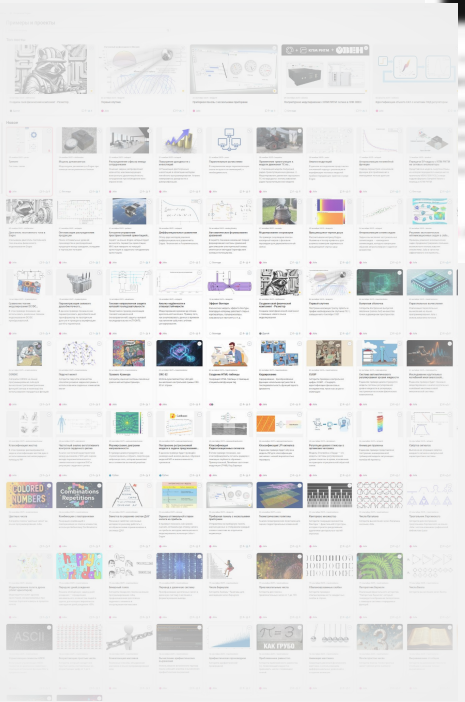


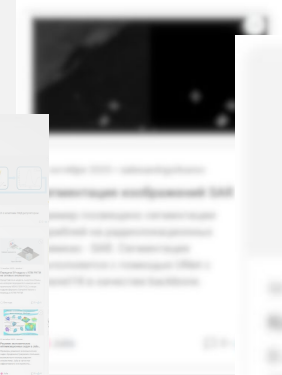


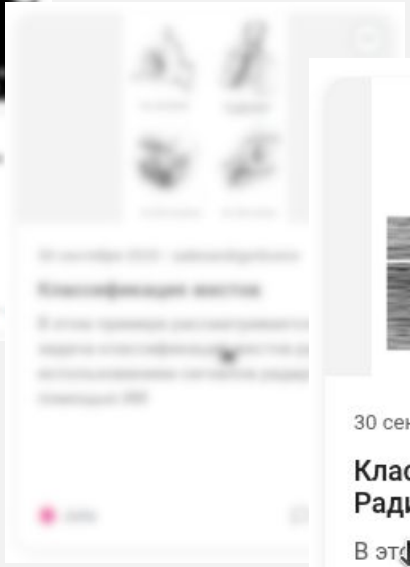
Изображения

Жесты

Проекты, выполненные в Engee



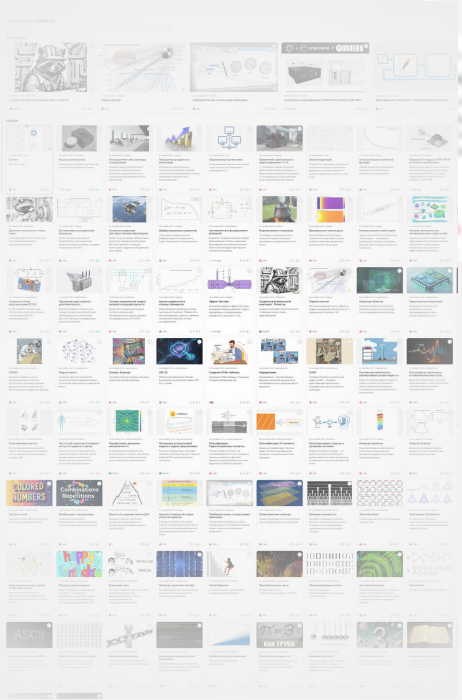


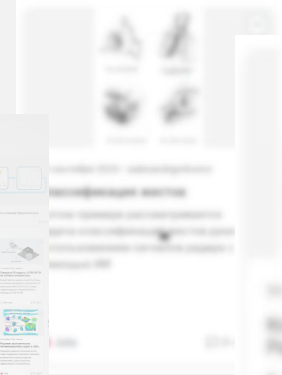


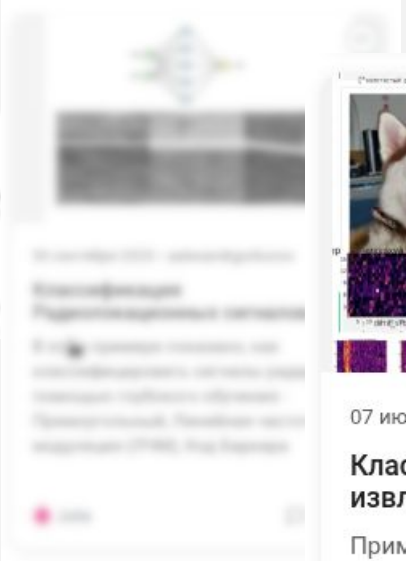
почти 800 проектов в Сообществе

- Изображения
- Жесты
- Сигналы

Проекты, выполненные в Engee



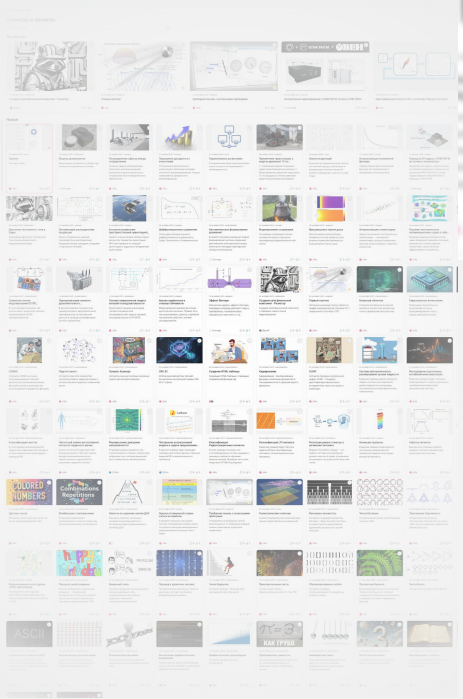


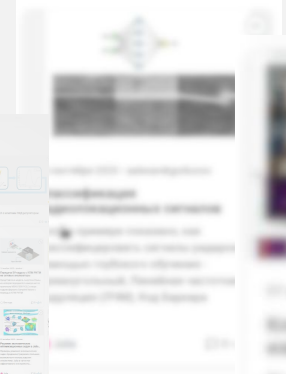


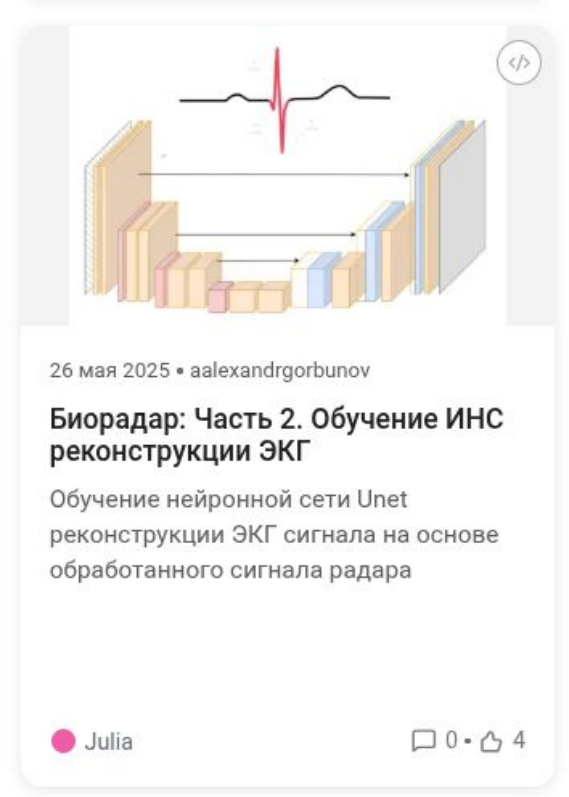
почти 800 проектов в Сообществе

- Изображения
- Жесты
- Сигналы
- Эмбеддинги

Проекты, выполненные в Engee



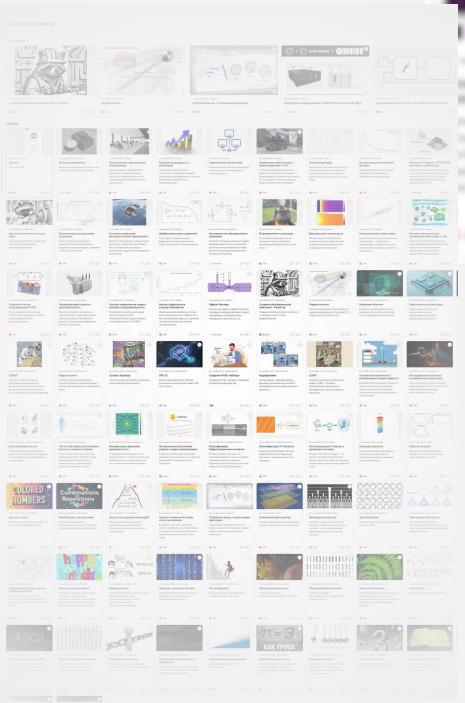


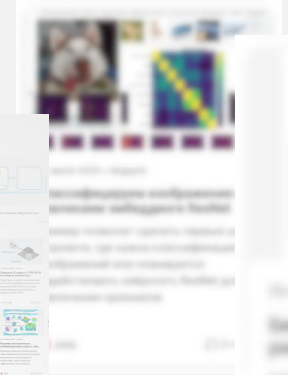


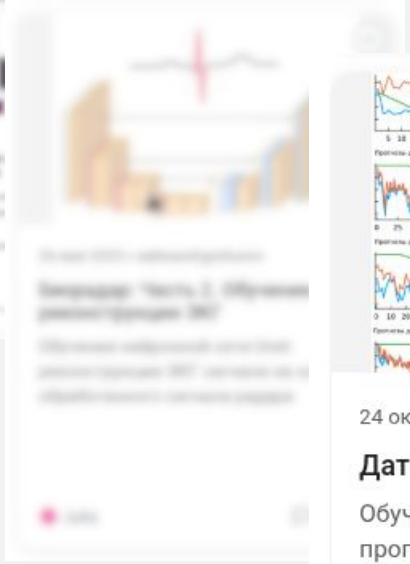
почти 800 проектов в Сообществе

- Изображения
- Жесты
- Сигналы
- Эмбеддинги
- Биомед

Проекты, выполненные в Engee



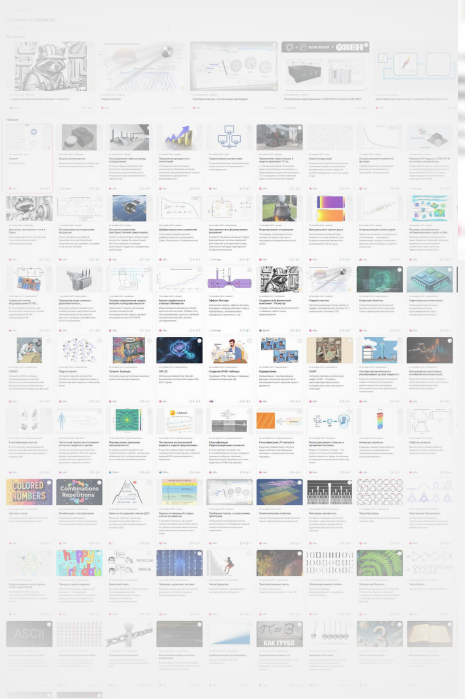


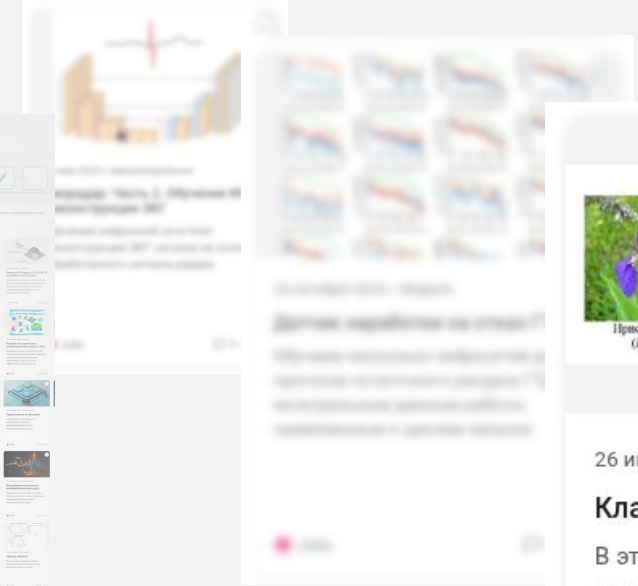


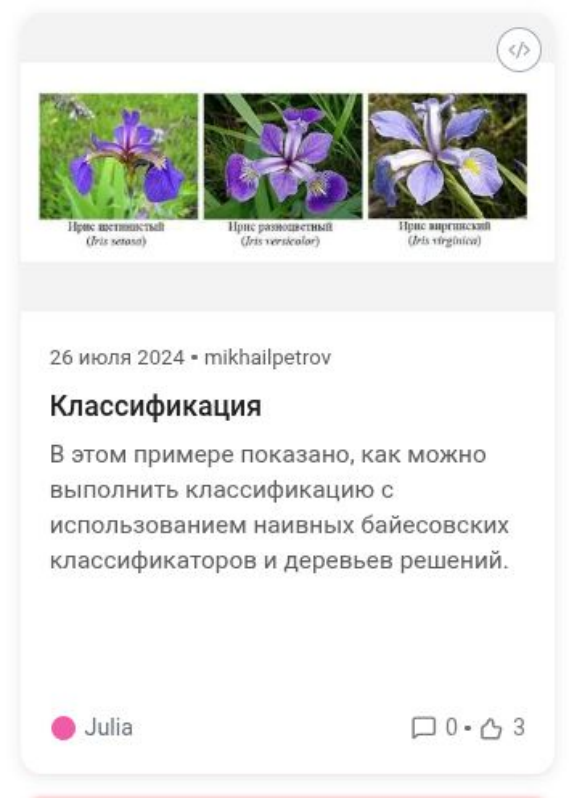
почти 800 проектов в Сообществе

- Изображения
- Жесты
- Сигналы
- Эмбеддинги
- Биомед
- Предиктив

Проекты, выполненные в Engee



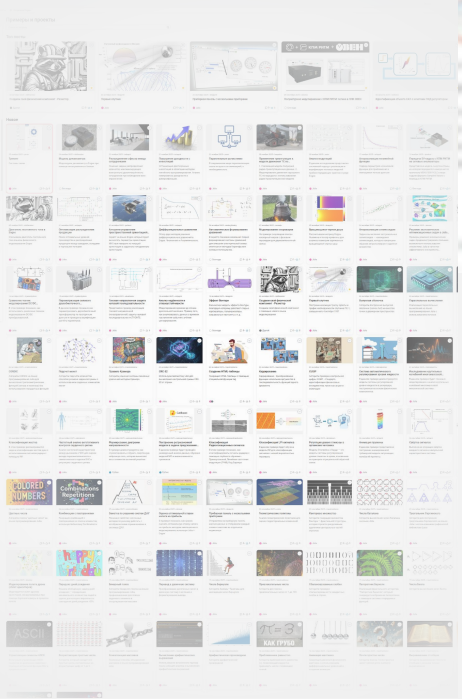


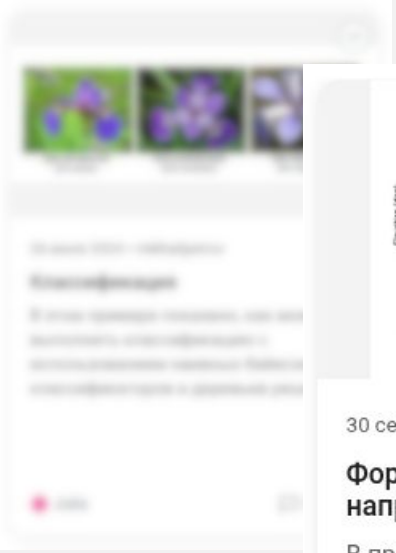


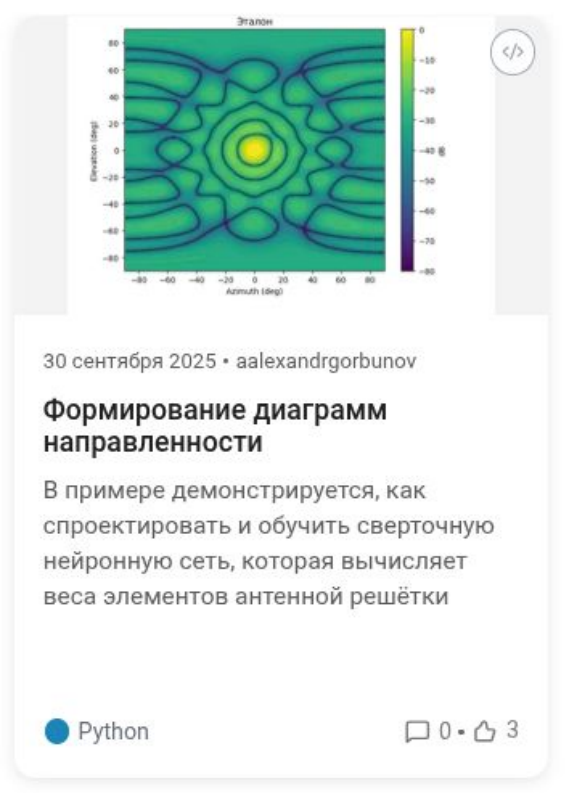
почти 800 проектов в Сообществе

- Изображения
- Жесты
- Сигналы
- Эмбеддинги
- Биомед
- Предиктив
- Классич. ML

Проекты, выполненные в Engee







почти 800 проектов в Сообществе

- Изображения
- Жесты
- Сигналы
- Эмбеддинги
- Биомед
- Предиктив
- Классич. ML
- Нейролокатор

Где и как мы использовали чат-боты в ходе преподавания на Engee

Улучшаем курсы и учебные примеры

Самый простой случай, но использование Julia позволяет лучше работать с кодовыми примерами

Автогенерация кода и моделей

Зачем может понадобиться автоматическое создание моделей

Сохраняем экспертизу в системных моделях

Перенос знаний в промежуточное редставление и хранение системной спецификации в облачной платформе Engee

- alice.yandex.ru
- giga.chat
- chat.deepseek.com
- chat.qwen.ai
- chat.mistral.ai/chat
- chat.z.ai
- kimi.com/chat
- ...

Engee отлично позволяет работать с чат-ботами

Улучшение учебных материалов

Есть мнение, что в лекции сведения выдаются слишком плотно. Нужно добавить промежуточные примеры, подводки, наводящие вопросы

Составь таблицу: список рассмотренных тем, степень плотности изложения, кратко – какие сведения можно добавить к изложению

Помоги проверить, что все вопросы из списка затронуты в приложенном тексте лекции. Список вопросов: ...

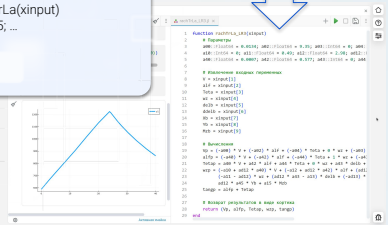
Сделай резюме лекции: какие темы были затронуты

Придумай еще 8-10 вопросов такого же плана, нацеленные на освоение языка Julia и его прикладных применений, на темы, которые обсуждались в лекции

Генерация кода и анализ данных

Переведи код из MATLAB в Julia

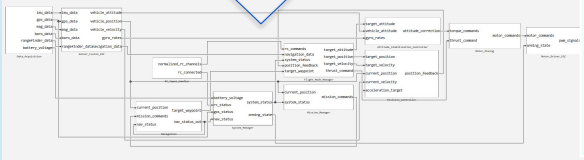
function youtp = rachTrLa(xinput)
a00 = 0.0134; a02=9.35; ...
V = xinput(1);
...



https://github.com/ArduPilot/ardupilot/tree/master/ArduCopter

Вычисление параметров

Физическая модель среды



Табличная модель для испытаний

Модель для оценки качества связи

В Engee есть команды Программного редактирования моделей:
engee.add_block(lib_block_path, tgt_block_path)
engee.add_line(src_port, dst_port)

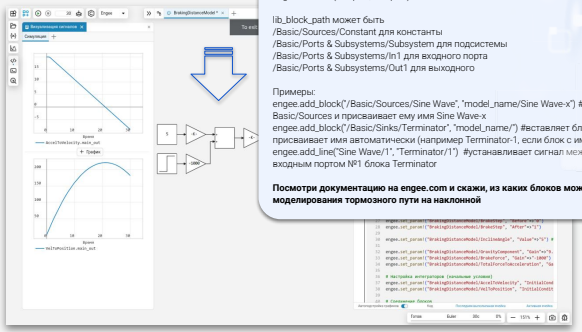
lib_block_path может быть
/Basic/Sources/Constant для константы
/Basic/Ports & Subsystems/Subsystem для подсистемы
/Basic/Ports & Subsystems/In1 для входного порта
/Basic/Ports & Subsystems/Out1 для выходного

Примеры:
engee.add_block("/Basic/Sources/Sine Wave", "model_name/Sine Wave-x") #вставляет блок Sine Wave из библиотеки Basic/Sources и присваивает ему имя Sine Wave-x
engee.add_block("/Basic/Sinks/Terminator", "model_name/") #вставляет блок Terminator из библиотеки Basic/Receivers и присваивает имя автоматически (например Terminator-1, если блок с именем Terminator уже существует)
engee.add_line("Sine Wave/1", "Terminator/1") #устанавливает сигнал между выходным портом №1 у блока Sin Wave и входным портом №1 блока Terminator

Посмотри документацию на engee.com и скажи, из каких блоков можно собрать модель автомобиля для моделирования тормозного пути на наклонной

Добавь аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению, переменный коэффициент и ABS

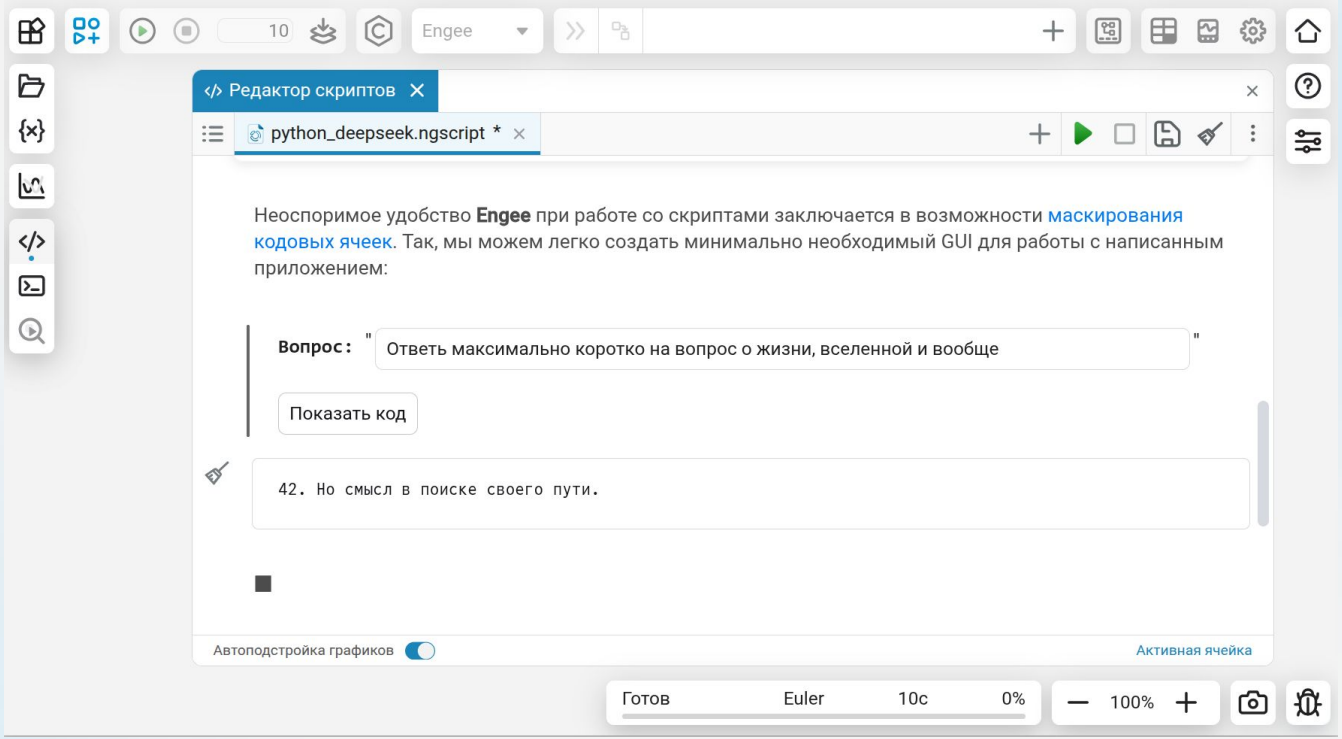
Добавь блоки, которые остановят торможение когда скорость станет нулевой.



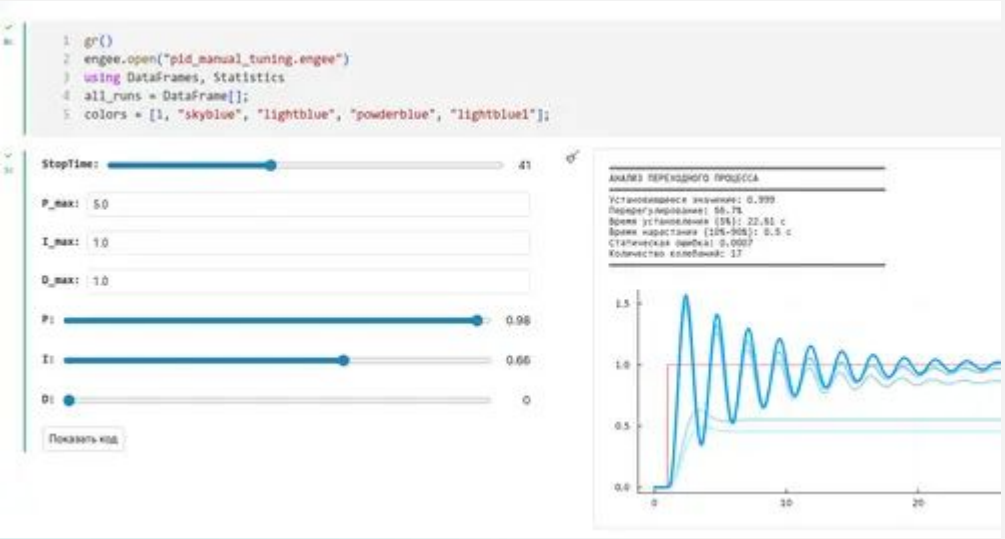
Сохранение и передача экспертизы

Генерация моделей

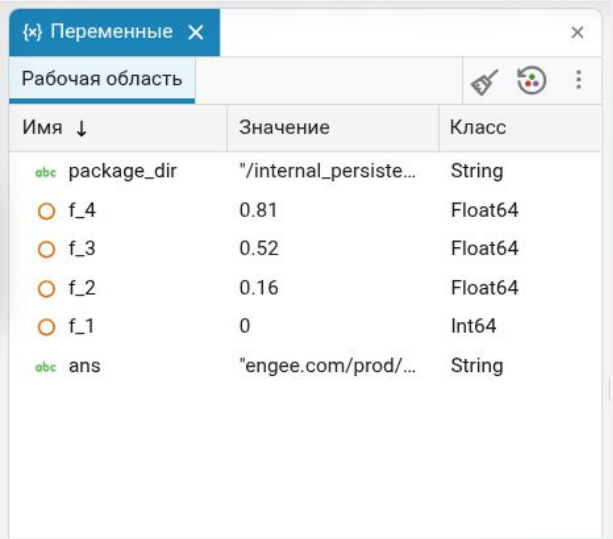
Engee отлично позволяет работать с чат-ботами



Инженерные инструменты



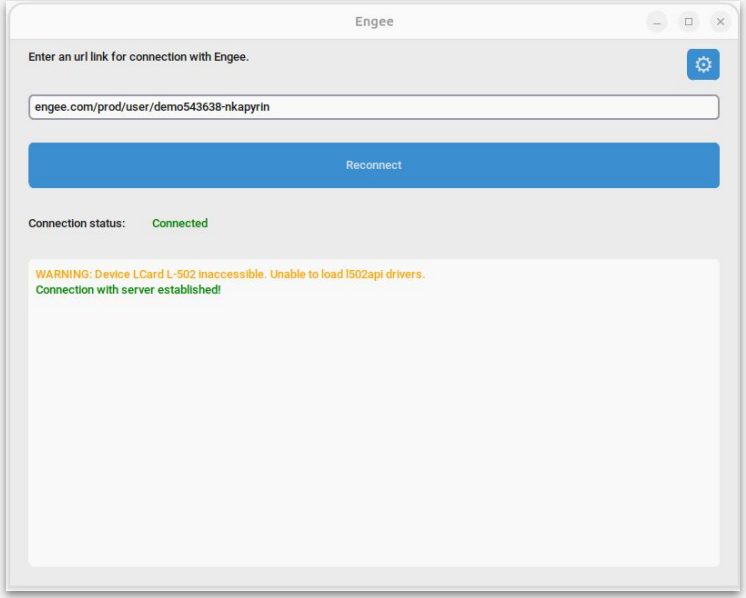
Расширенные возможности редактора



Окно работы с переменными

🍰 Косимуляция с внешними средами

Подключение Клиента



logitech
THRUSTMASTER
КПМ РИТМ
МІК32 АМУР
МИЛАНДР
T-FLEX DOCs
STM32
GitFlic
ARDUINO
git
ЛОГОС РОСАТОМ
ОВЕН ПРОМ
fmi Functional Mock-Up Interface
UNIGINE
UNREAL ENGINE
universal mechanism
Modbus
VISA
TCP
UDP
CAN
COM

Задача “Стержень Тейлора”

Рассчитаем

- смещение стержня по оси OY
- пластическую деформацию
- длину стержня на конечный момент времени

Модель принимает

- значение пластической деформации в материале
- значение его предела разрушения

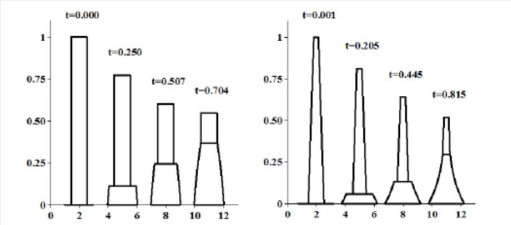
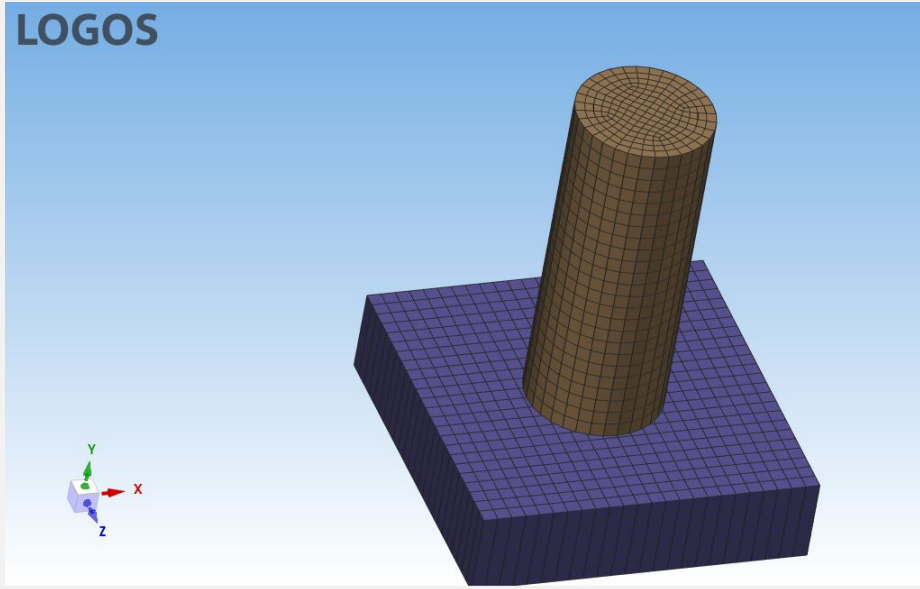


Рис. 1. Процесс деформирования цилиндрического стержня, Re = 1.633

Рис. 2. Процесс деформирования конического стержня, Re = 3, a = -0.7

Окулов Николай Алексеевич Удар жестко-пластического конического стержня по жесткой преграде // Вестник ННГУ. 2012. №5-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/udar-zhestko-plasticheskogo-konicheskogo-sterzhnya-po-zhestkoy-pregrade (дата обращения: 29.10.2025).



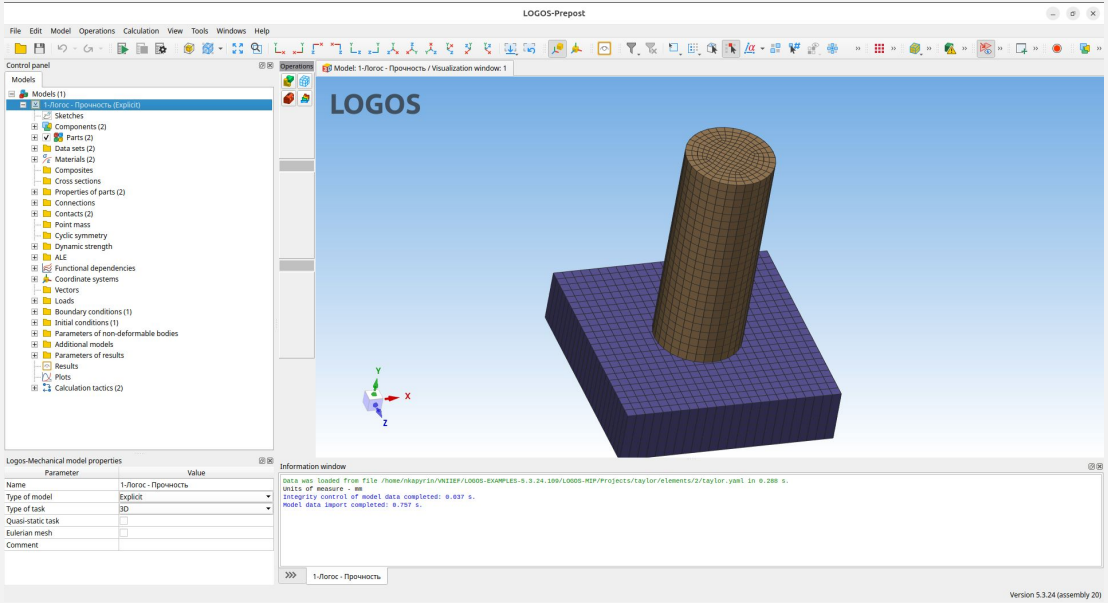
Задача “Стержень Тейлора”

eraseFlag
флаг, указывающий на необходимость удаления элемента

epsp
текущая накопленная пластическая деформация в материале

strain
значение пластической деформации

Пользовательский блок в Engee



pu
давление

eu
удельная энергия

rou
текущая плотность

Шаги для создания примера

1. Открыть пример taylor
2. Открыть свойства задачи taylor в ЛОГОС MIP
3. Модифицировать **Коннектор** erosion_user добавив свою пользовательскую функцию example_erosion_cosimulate.py
   a. векторы **pack** и **unpack** мы не модифицируем
   b. функция **erosion_user** вызывается на каждом шаге расчета в ЛОГОС
   c. функция **cosimulate** принимает время и переменные для передачи в Engee
   d. в ответ мы получаем вектор **signals** с сигналами из модели Engee

🍰 Разработка приложений для Engee

Создание пользовательских приложений

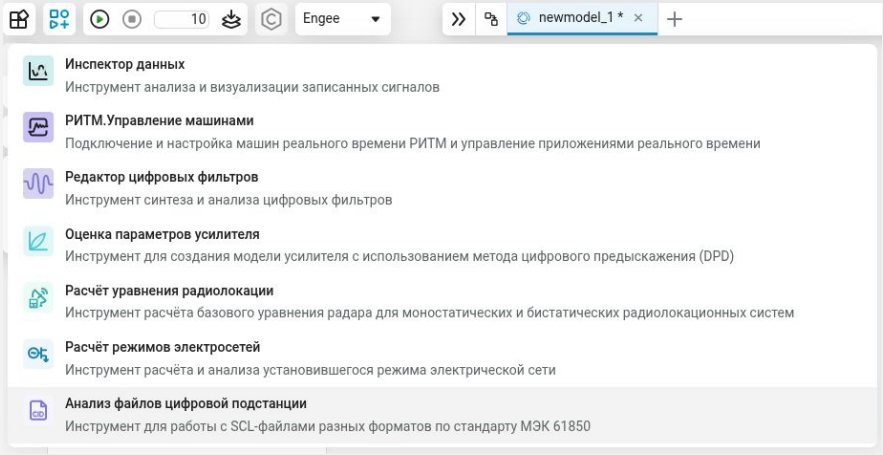
Дашборд-элементы

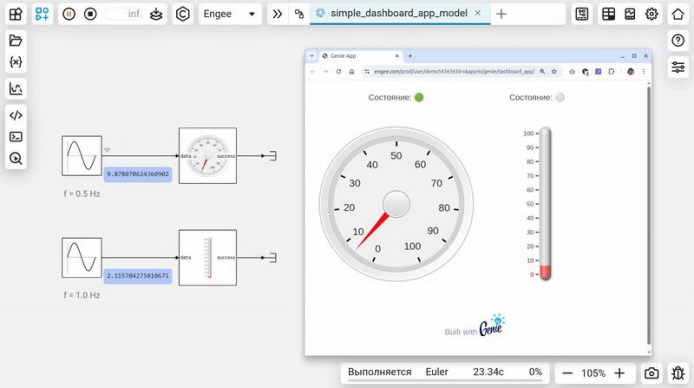
Маски блоков

Маски ячеек

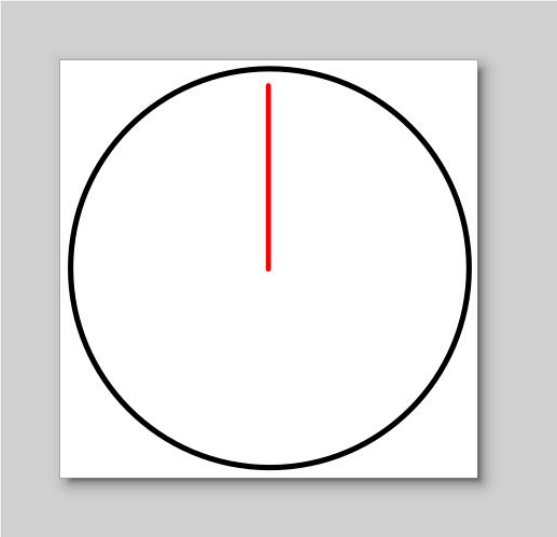
Приложения

Внешние приложения
и API Engee



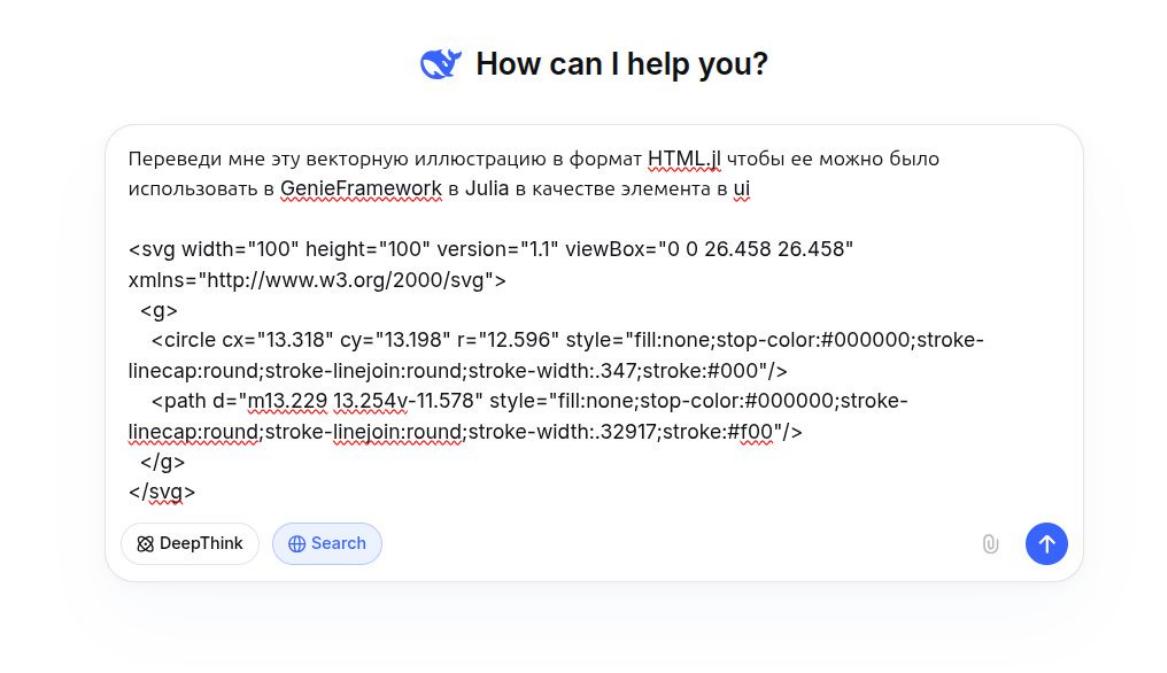


Из чего состоят приборные панели



```svg
<svg width="100" height="100" version="1.1" viewBox="0 0 26.458 26.458" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
  <g>
    <circle cx="13.318" cy="13.198" r="12.596" style="fill:none;stop-color:#000000;stroke-linecap:round;stroke-linejoin:round;stroke-width:.347;stroke:#000"/>
    <path d="m13.229 13.254v-11.578" style="fill:none;stop-color:#000000;stroke-linecap:round;stroke-linejoin:round;stroke-width:.32917;stroke:#f00"/>
  </g>
</svg>
```

С первыми экспериментами помогает…



SVG/HTML компонент в Julia скрипте

SVG

```svg
<svg width="100" height="100" version="1.1" viewBox="0 0 26.458 26.458" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
  <g>
    <circle cx="13.318" cy="13.198" r="12.596" style="fill:none;stop-color:#000000;stroke-linecap:round;stroke-linejoin:round;stroke-width:.347;stroke:#000"/>
    <path d="m13.229 13.254v-11.578" style="fill:none;stop-color:#000000;stroke-linecap:round;stroke-linejoin:round;stroke-width:.32917;stroke:#f00"/>
  </g>
</svg>
```

Julia

```julia
svg(width="100", height="100", viewBox="0 0 26.458 26.458", [
    g([
        # Внешний круг
        circle(
            cx="13.318",
            cy="13.198",
            r="12.596",
            style="fill:none;stroke-linecap:round;stroke-linejoin:round;stroke-width:0.347;stroke:black"
        ),
        # Стрелка (красная линия)
        path(
            d="m13.229 13.254v-11.578",
            style="fill:none;stroke-linecap:round;stroke-linejoin:round;stroke-width:0.32917;stroke:red"
        )
    ])
])
```

Анатомия приложения

app.ngscript * | app.jl *

```
using GenieFramework

@app begin
    @in data::String = ""
    @out message::String = ""
    @onchange data begin
        message::String = data
    end
end

function ui()
[
    h1("Новое приложение"),
    textfield("Данные", :data),
    p("{{message}}", style="text-align: center; font-size: 16px")
]
end

@page("/", ui)
```

Наш индикатор

app.ngscript * | app.jl

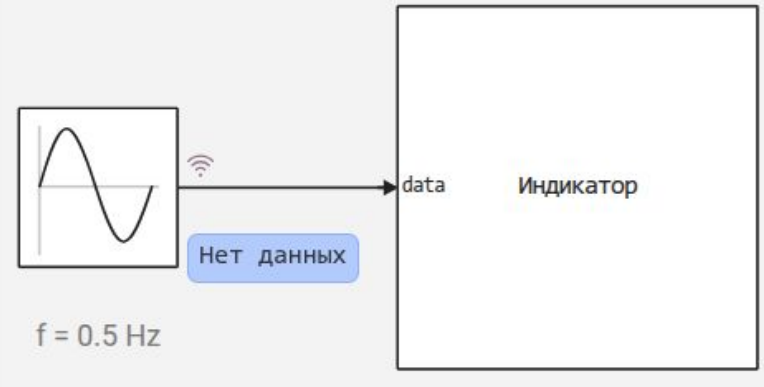
```julia
using GenieFramework

@app begin
    @in N::Float64 = 0.0
    @out rotation_string::String = "rotate(0.0, 13.318, 13.198)"
    @onchange N begin
        rotation_string = "rotate($N, 13.318, 13.198)"
    end
end

function ui()
[
    slider(1:1:360, :N),
    p("{{N}}", style="text-align: center; font-size: 16px"),
    svg(width="300", height="300", viewBox="0 0 26.458 26.458", [
        g([
            # Внешний круг
            circle(
                cx="13.318",
                cy="13.198",
                r="12.596",
                style="fill:none;stroke-linecap:round;stroke-linejoin:round;stroke-width:0.347;stroke:black"
            ),
            # Стрелка (красная линия)
            path(
                d="m13.229 13.254v-11.578",
                style="fill:none;stroke-linecap:round;stroke-linejoin:round;stroke-width:0.32917;stroke:red;transition: transform .2s linear",
                transform! = "rotation_string"
            )
        ])
    ])
]
end

@page("/", ui)
```

Пусть данные приходят по UDP

app.ngscript * | app.jl *

```
using Engee, GenieFramework, Sockets

@app begin
    @in N::Float64 = 0.0
    @out rotation_string::String = "rotate(0.0, 13.318, 13.198)"
    @onchange isready begin
        @async begin
            try

                udpsock_arrow = UDPSocket()
                bind(udpsock_arrow, ip"127.0.0.1", 5150)

                while true
                    data = recv(udpsock_arrow);
                    if length(data) == 8  # Проверка размера данных Float64
                        output_data = ntoh(reinterpret(Float64, data)[1])
                        output_data = min(315.5, max(0.0, output_data / 100 * 360.0));
                        rotation_string = "rotate($output_data, 13.318, 13.198)"
                    end
                    # Короткая пауза чтобы не нагружать CPU
                    sleep(sec: 0.1)
                end
            catch e
                @error "Ошибка при работе с UDP-сокетом" exception=e
            finally
                close(udpsock_circular)
            end
        end

    end
end
```

А отправлять их будет этот блок Engee Function



Common code

```
using Sockets

mutable struct Block <: AbstractCausalComponent
    udpsocket::Any
    Block() = new(nothing)
end
```

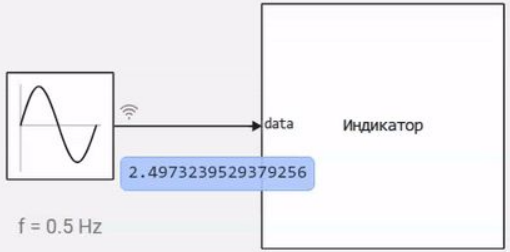
Step method code

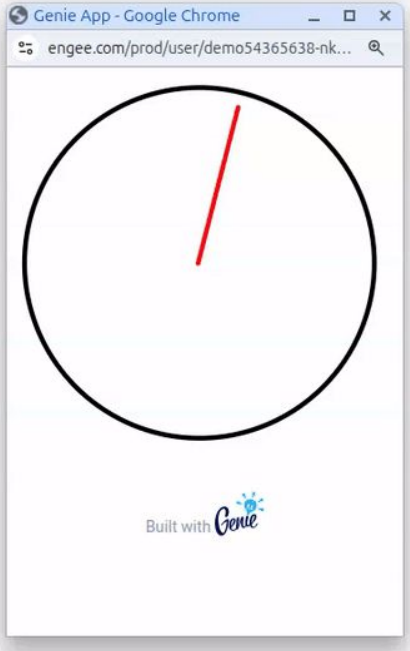
```
function (c::Block)(t::Real, data)
    # Инициализация сокета при первом вызове
    if c.udpsocket === nothing
        c.udpsocket = UDPSocket()
    end
    try
        # Преобразуем Float64 в байты (сетевой порядок байт)
        bytes = collect(reinterpret(UInt8, [hton(Float64(data))]))
        send(c.udpsocket, Sockets.localhost, port, bytes)
        return true
    catch e
        error("Ошибка при отправке данных: $e")
        return false
    end
end
```

Terminate method code

```
function terminate!(c::Block)
    close(c.udpsocket)
    return c
end
```

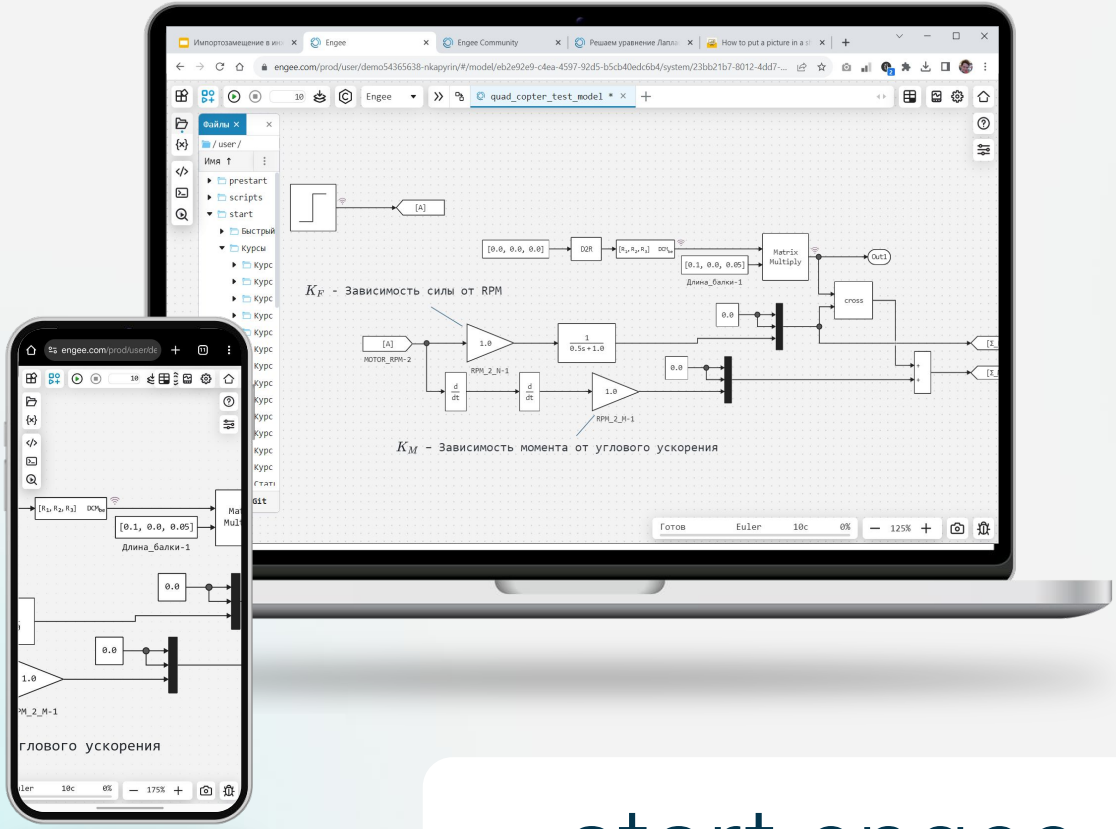
Результат





Протестировано в Engee

Можно переносить сервер на аппаратную платформу **без изменений**



start.engee.com