

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

## International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2024 Issue: 01 Volume: 129

Published: 05.01.2024 <http://T-Science.org>

Issue

Article



**Daria Danilova**

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University  
Bachelor

**Anatoliy Sergeev**

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University  
Candidate of Engineering Sciences, Docent

## TESTING METHODOLOGY AND ANALYSIS OF THE SPEED OF PERFORMANCE OF ARITHMETIC OPERATIONS IN DOCKER AND ON THE HOST

**Abstract:** This paper presents a methodology for testing the speed of performing arithmetic operations with integers and real numbers in the Linux operating system when performing calculations in a Docker container and directly on the host. Test results and their analysis are also presented.

**Key words:** testing methodology, arithmetic operations, speed, Docker, host, WSL, container, virtualization.

**Language:** Russian

**Citation:** Danilova, D., & Sergeev, A. (2024). Testing methodology and analysis of the speed of performance of arithmetic operations in Docker and on the host. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 01 (129), 209-214.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-01-129-15> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.01.129.15>

**Scopus ASCC:** 1701.

### МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗ СКОРОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В DOCKER И НА ХОСТЕ

**Аннотация:** В данной статье представлена методика тестирования скорости выполнения арифметических операций с целыми и действительными числами в операционной системе Linux при выполнении вычислений в контейнере Docker и непосредственно на хосте. Также приведены результаты тестирования и их анализ.

**Ключевые слова:** методика тестирования, арифметические операции, скорость, Docker, хост, WSL, контейнер, виртуализация.

#### Введение

Как известно, Docker распространенный инструмент виртуализации в индустрии. Исследуем производительность работы контейнеров Docker, для этого поставим следующую цель – разработать методику тестирования производительности виртуальных машин с использованием арифметических операций и сравнить производительность виртуальных машин с производительностью на хосте.

В статье рассматриваются следующие арифметические операции: сложение, вычитание, умножение и деление.

#### Описание используемого оборудования

Тестирование проводилось на оборудовании, у которого тип процессора Intel Core i7, 12 ядер, объём оперативной памяти 32 Гб, 16 потоков, тип дискового хранилища – SSD, размер дискового хранилища 2 Тб, тип используемой операционной системы Windows 11.

#### Описание параметров хоста и виртуальной машины

Тестирование проводилось в WSL 2, на которой установлена Ubuntu 22.04.2 LTS и Docker с версией 4.25.1.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
 GIF (Australia) = 0.564  
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
 ПИНЦ (Russia) = 3.939  
 ESJI (KZ) = 8.771  
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
 PIF (India) = 1.940  
 IBI (India) = 4.260  
 OAJI (USA) = 0.350

WSL 2 использует технологию виртуализации для запуска среды Linux непосредственно на Windows, без необходимости развертывания отдельной виртуальной машины [8; 9; 10].

### Описание тестов

Каждый тест проводился для целых и действительных чисел. Все программы написаны на языке Python. Каждый тест выполнялся 50 раз, и в качестве скорости выполнения арифметических операций бралось среднее арифметическое времени их выполнения. Время работы замерялось с помощью функции time() из модуля time.

Задача первого теста – проверить для каждой арифметической операции, как ее количество влияет на время выполнения. Для этого для каждого случая было сгенерировано случайным образом по 10 000, 100 000 и 1 000 000 чисел и выполнены соответствующие операции. Операции сложения представлены формулой (1):

$$S = x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1} + x_n, \quad (1)$$

где  $x_1, x_2, x_{n-1}, x_n$  – элементы последовательности,  $n$  – количество элементов последовательности.

Многочисленное выполнение операции вычитания представлено формулой (2):

$$S' = x_1 - x_2 - \dots - x_{n-1} - x_n, \quad (2)$$

где  $x_1, x_2, x_{n-1}, x_n$  – элементы последовательности,  $n$  – количество элементов последовательности.

Многочисленное выполнение операции умножения представлено формулой (3):

$$M = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_{n-1} \cdot x_n, \quad (3)$$

где  $x_1, x_2, x_{n-1}, x_n$  – элементы последовательности,  $n$  – количество элементов последовательности.

Тест для многократного выполнения операции деления не проводится, потому что результат быстро стремится к нулю.

Задача второго теста – узнать, какое влияние оказывают комбинации рассматриваемых арифметических операций на скорость. Тест проводился на реальной задаче – увеличение изображения с помощью билинейной интерполяции [1, с. 100-102], поскольку при реализации билинейной интерполяции используются все арифметические операции.

Изображение представляет собой матрицу, в данном тесте каждое изображение считывается в градациях серого [5], таким образом получаем двумерные матрицы [6]. Элементы матрицы имеют тип данных uint8. Для работы с действительными числами, тип данных float64, значения элементов в каждой матрице были разделены на константу, равную 1.5.

Билинейная интерполяция реализуется следующим образом – каждый элемент этой матрицы равен взвешенному усреднению четырех окружающих пикселей [2].

Рассматривались изображения размером 1200x1200, 4000x4000 и 8000x8000 пикселей. С помощью билинейной интерполяции увеличим каждое изображение в несколько раз, в текущих тестах в 9 раз.

В третьем тесте производился одновременный запуск одной, двух и трех программ из второго теста для изображения размером 4000x4000 пикселей. Задача этого теста заключается в том, чтобы узнать, какое влияние на скорость оказывает параллельное выполнение арифметических операций в нескольких программах. В WSL производился одновременный запуск программ, а в Docker одновременный запуск контейнеров. Для одновременного запуска скриптов либо контейнеров в Ubuntu для параллельного выполнения можно использовать знак амперсанда & [3].

### Результаты тестирования

Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты тестирования

Тесты	Операции	Параметры тестирования	WSL		Docker	
			Время для целых, мс	Время для действительных, мс	Время для целых, мс	Время для действительных, мс
Тест 1	Сложение	10 000	0.27	0.25	0.69	0.69
		100 000	3.15	2.82	7	8.08
		1 000 000	32.12	28.66	66.25	70.91
	Вычитание	10 000	0.27	0.26	0.68	0.69
		100 000	3.19	2.8	7.36	8.08
		1 000 000	32.01	28.68	66.18	70.77
	Умножение	10 000	5.03	0.25	6.89	0.71
		100 000	508.32	2.8	601.57	7.1

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

		1 000 000	54 995.59	28.37	55 664.49	72.44	
Тест 2	Комбинирование	1200x1200	35.46	10.32	46.97	14.53	
		4000x4000	120.22	48.29	132.27	57.73	
		8000x8000	258.25	131.46	275.47	163.25	
Тест 3	Параллельное выполнение	1	120.22	48.29	132.27	57.73	
		2	1	136.11	51.94	141.4	64.28
			2	136.32	52.06	149.53	64.36
		3	1	145.23	63.48	168.21	69.01
			2	146.1	64.72	168.01	68.48
			3	149.58	64.58	166.51	68.03

Видно, что скорость арифметических операций на хосте быстрее, чем в Docker. Кроме того, согласно полученным результатам, скорость для действительных чисел в основном быстрее, чем для целых.

На рис. 1 представлены результаты первого теста для многократных выполнений операций сложения.

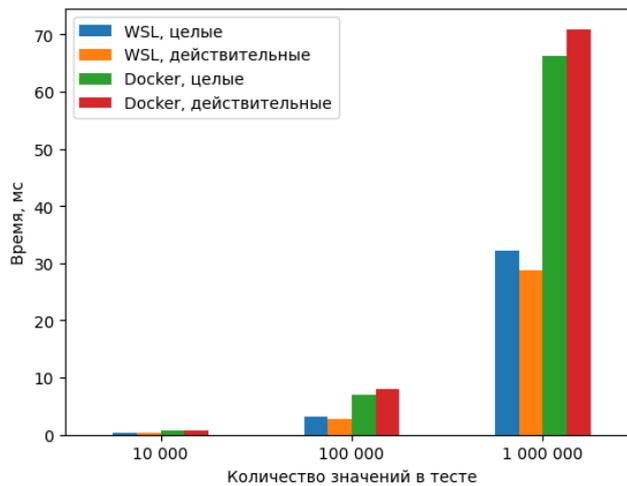


Рисунок 1. Среднее время для операций сложения.

На рис. 2 изображены результаты первого теста для многократных выполнений операций вычитания.

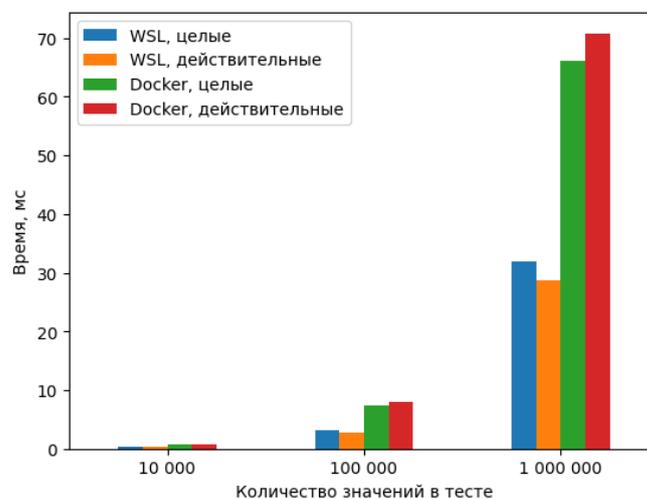


Рисунок 2. Среднее время для операций вычитания.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

На рис. 3 приведены результаты первого теста для многократных выполнений операций умножения. Поскольку диапазон полученных

значений очень велик, то по оси ординат используем логарифмическую шкалу [4; 7].

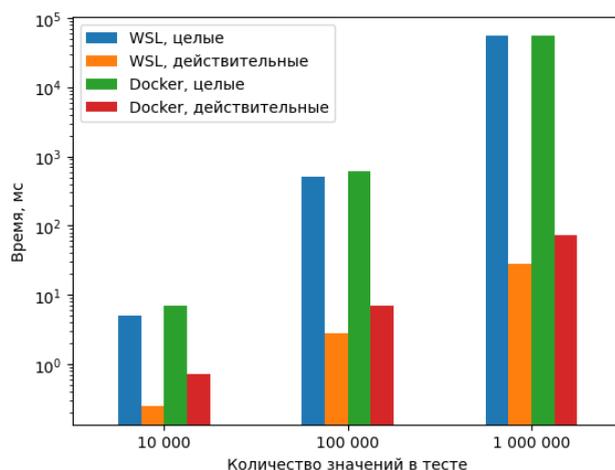


Рисунок 3. Среднее время для операций умножения.

По результатам первого теста видим, что время вычисления увеличивается пропорционально числу операций. Самая долгая операция для целых чисел – умножение, особенно это заметно при 1 000 000 значений. Это можно объяснить тем, что при таком большом количестве повторений умножения результат быстро стремится к бесконечности, соответственно, умножение очень больших чисел будет выполняться дольше. Для сложения – результат

операции тоже будет только увеличиваться, то есть стремиться к  $+\infty$ , а для вычитания – стремиться к  $-\infty$ , этот фактор тоже может влиять на увеличение времени обработки. Скорость выполнения операций сложения и вычитания почти одинакова и в случае целых чисел, и в случае действительных.

Графики результатов второго теста изображены на рис. 4.

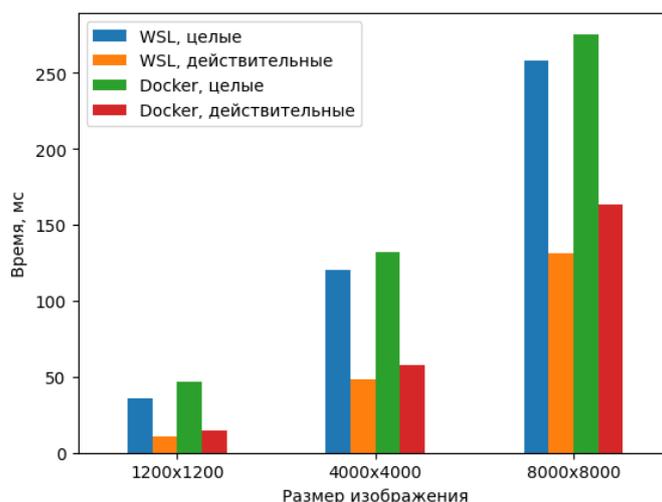


Рисунок 4. Среднее время арифметических операций для второго теста.

Результаты третьего теста приведены на рис. 5.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

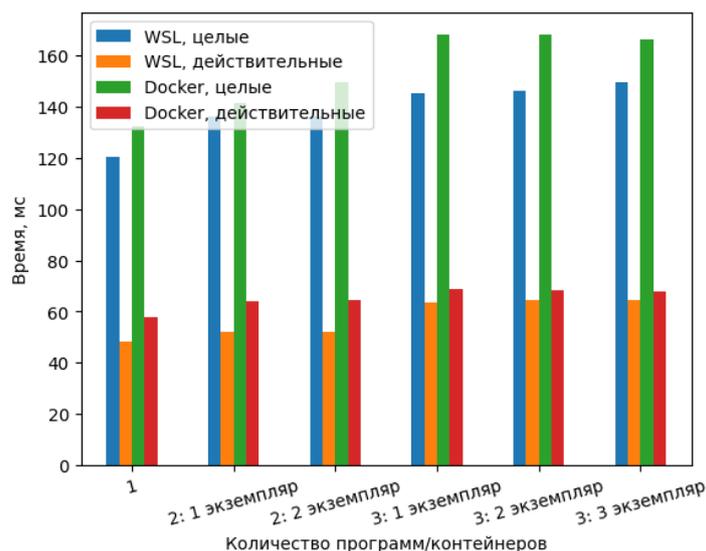


Рисунок 5. Среднее время арифметических операций для третьего теста.

По результатам второго теста видим, что при комбинировании операций разница в скорости увеличивается при увеличении изображения, как для целых, так и для действительных элементов матрицы. При этом и во втором, и в третьем тесте вышеописанные выводы про то, что скорость на хосте быстрее, чем в Docker и то, что операции для действительных чисел выполняются быстрее, чем для целых – верны.

Кроме того, анализируя результаты всех тестов видно, что для менее ресурсоемких операций разница во времени вычислений на хосте и в контейнере значительная, а для более сложных операций с точки зрения вычислений – наоборот. Такое поведение Docker можно связать с дополнительными накладными расходами на поддержание виртуализации, которые не дают выигрыша при выполнении простых операций с точки зрения низкоуровневых вычислений.

Результаты третьего теста показывают, что при параллельном выполнении нескольких программ в WSL либо нескольких контейнеров в

Docker разница в скорости увеличивается, но не существенно. Это связано с тем, что нет конкуренции за ресурсы процессора – каждая программа либо контейнер выполняется на разных ядрах.

### Выводы

В данной статье была разработана методика тестирования производительности виртуальных машин с использованием арифметических операций. Было предложено три типа тестов: в первом анализировалось влияние количества операций на производительность, во втором – влияние комбинирования этих операций и в третьем – влияние на скорость параллельного выполнения арифметических операций в нескольких программах.

Результаты и методы, представленные в статье, могут быть использованы для тестирования производительности на различных оборудованных и виртуальных машинах.

### References:

1. Gonzalez, R., & Woods, R. (2012). *Cifrovaya obrabotka izobrazheniy*. Izdanie 3-e, ispravlennoe I dopolnennoe. Moskva: Technosphaera, 2012, 1104 s., ISBN 978-5-94836-331-8.
2. (2023). *Interpolyaciya cifrovgo izobrazheniya*. Retrieved 11.12.2023 from <https://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorial-s-ru/image-interpolation.htm>
3. Whittaker, G. (2023). *Running Multiple Linux Commands Simultaneously*. Retrieved 11.12.2023 from <https://www.linuxjournal.com/content/mastering-terminal-command-execution-running-multiple-linux-commands-simultaneously>
4. (2023). *Logarifmicheskiy masshtab*. Retrieved 27.12.2023 from

**Impact Factor:**

**ISRA** (India) = **6.317**  
**ISI** (Dubai, UAE) = **1.582**  
**GIF** (Australia) = **0.564**  
**JIF** = **1.500**

**SIS** (USA) = **0.912**  
**ПИИИ** (Russia) = **3.939**  
**ESJI** (KZ) = **8.771**  
**SJIF** (Morocco) = **7.184**

**ICV** (Poland) = **6.630**  
**PIF** (India) = **1.940**  
**IBI** (India) = **4.260**  
**OAJI** (USA) = **0.350**

---

- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Logarifmicheskij\\_masshtab](https://ru.wikipedia.org/wiki/Logarifmicheskij_masshtab)
5. (2023). *Operations with images*. Retrieved 18.12.2023 from [https://docs.opencv.org/3.4/d5/d98/tutorial\\_mat\\_operations.html](https://docs.opencv.org/3.4/d5/d98/tutorial_mat_operations.html)
  6. (2023). *Osnovy raboty s matritsami v OpenCV*. Retrieved 18.12.2023 from <https://recog.ru/osnovy-raboty-s-matricami-v-opencv/>
  7. (2023). *Logarifmicheskaya shkala*. Retrieved 27.12.2023 from <https://www.ibm.com/docs/ru/cognos-analytics/11.2.0?topic=visualizations-logarithmic-scale>
  8. (2023). *Chto takoye podsistema Windows dlya Linux*. Retrieved 28.12.2023 from <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/wsl/about>
  9. (2020). *Ustanovka i ispol'zovaniye podsistemy Linux (WSL 2) v Windows*. Retrieved 28.12.2023 from <https://winitpro.ru/index.php/2020/07/13/zapusk-linux-v-windows-wsl-2/>
  10. (2023). *Windows Subsystem for Linux*. Retrieved 28.12.2023 from [https://en.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Subsystem\\_for\\_Linux](https://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Subsystem_for_Linux)