

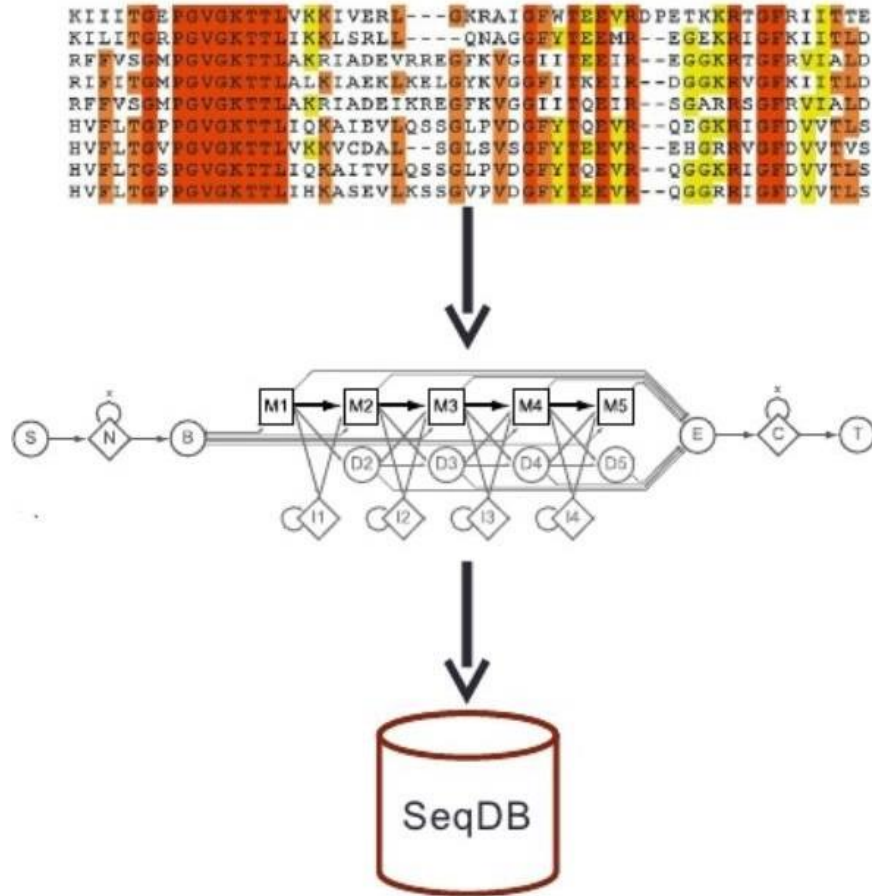
Распараллеливание на GPGPU фильтров Forward и Backward-Forward в задаче поиска гомологов генов скрытыми марковскими моделями

Тарасенко Никита, 471 группа

Научный руководитель: ст. пр. Сартасов С. Ю.

Рецензент: ведущий инженер-программист ООО «Системы Компьютерного
Зрения» Бычков А.Б.

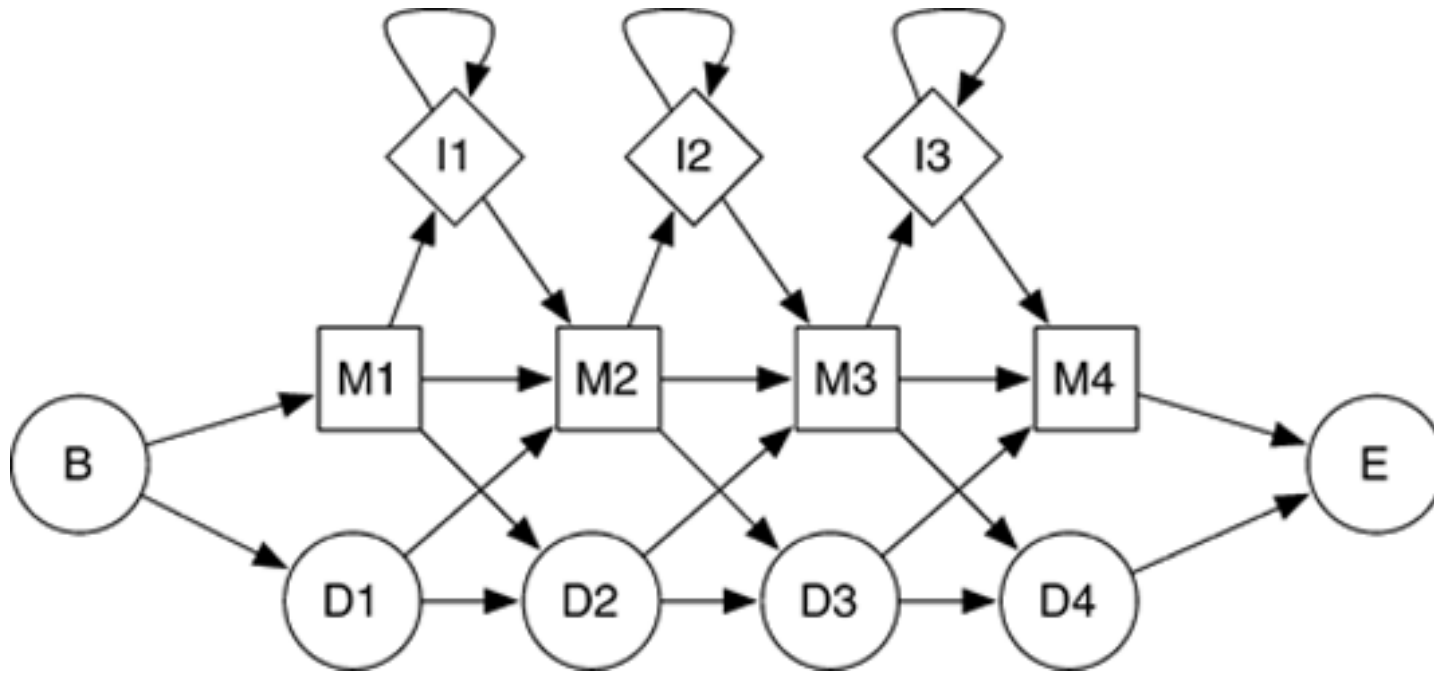
HMMer



HMMER

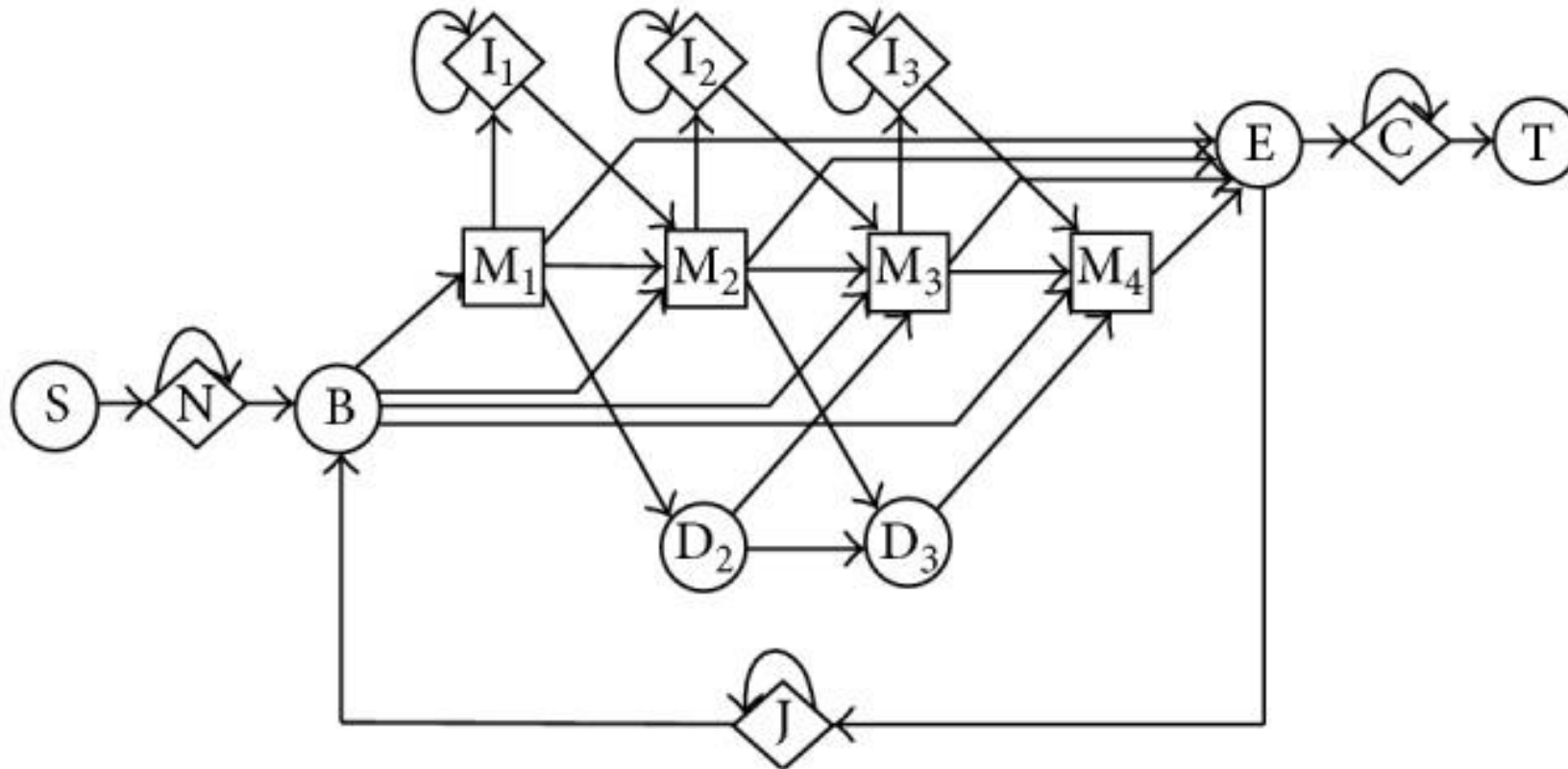
<http://hmmer.org/>

Скрытые марковские модели (СММ)



Источник:
«Profile Hidden Markov Model
Analysis»
[http://www.biology.wustl.edu/gcg/
hmmanalysis.html](http://www.biology.wustl.edu/gcg/hmmanalysis.html)

CMM – “Plan 7”



ИСТОЧНИК:
«*Modern Computational
Techniques for the HMMER
Sequence Analysis*»
Xiandong Meng, Yanqing Ji

Скрытые марковские модели (СММ)

- Forward algorithm

$$\alpha_t(j) = \sum_{i=1}^N \alpha_{t-1}(i) a_{ij} b_j(o_t)$$

- Backward algorithm

$$\beta_t(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)$$

- Forward-Backward algorithm

$$P(O|\lambda) = \sum_{j=1}^N \alpha_t(j) \beta_t(j)$$

Целью работы создать эффективные версии алгоритмов Forward и Forward-Backward на GPU и провести анализ полученных результатов производительности с существующей реализацией в инструменте HMMer на CPU.

Задачи:

- сделать обзор предметной области и существующих решений;
- проектирование модели оптимизации алгоритмов Forward и Backward;
- реализовать спроектированную модель оптимизации посредством Nvidia CUDA;
- проведение апробации и сравнительного анализа с существующими решениями.

Существующие реализации

- CHMM

(<https://github.com/chuan/chmm>)

Недостатки: работает со стандартной CMM (не P7), не работает с hmm файлами

- HMMer

(<https://github.com/EddyRivasLab/hmmer>)

Использует векторные команды процессора

- CUDAMPF (<https://github.com/Super-Hippo/CUDAMPF>)

Name	Thread samples	CPU clock (%)	Thread events
forward_engine	64	36.57%	136192000
backward_engine	54	30.86%	114912000
p7_Viterbi	34	19.43%	72352000
p7_Decoding	9	5.14%	19152000
p7_Null2_ByExpectation	7	4.00%	14896000

Источник: «*Hotspot Analysis Based Partial CUDA Acceleration of HMMER 3.0 on GPGPUs*»

Fahian Ahmed, Saddam Quirem, Gak Min, Byeong Kil Lee

Модель оптимизации

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{12} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{M1} & a_{M2} & \dots & a_{MN} \end{bmatrix} \rightarrow$$

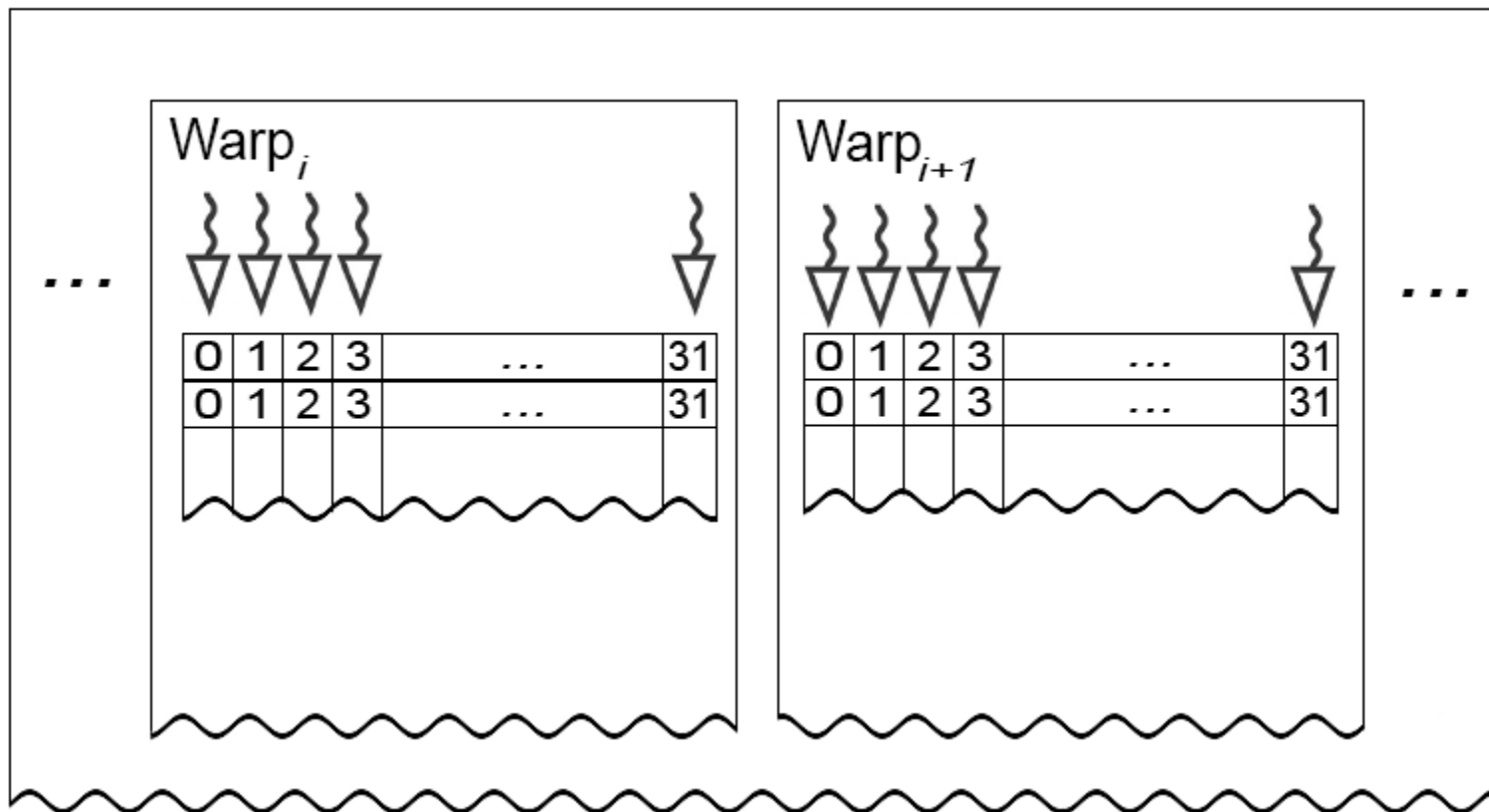
$$Q = \frac{(M + 31)}{32}$$

⋮	⋮	⋮	⋮
1	$Q + 1$...	$31Q + 1$
2	$Q + 2$...	$31Q + 2$
⋮	⋮	...	⋮
Q		...	$32Q$
1		...	$31Q + 1$
⋮	⋮	...	⋮
Q	$2Q$...	$32Q$
⋮	⋮	⋮	⋮

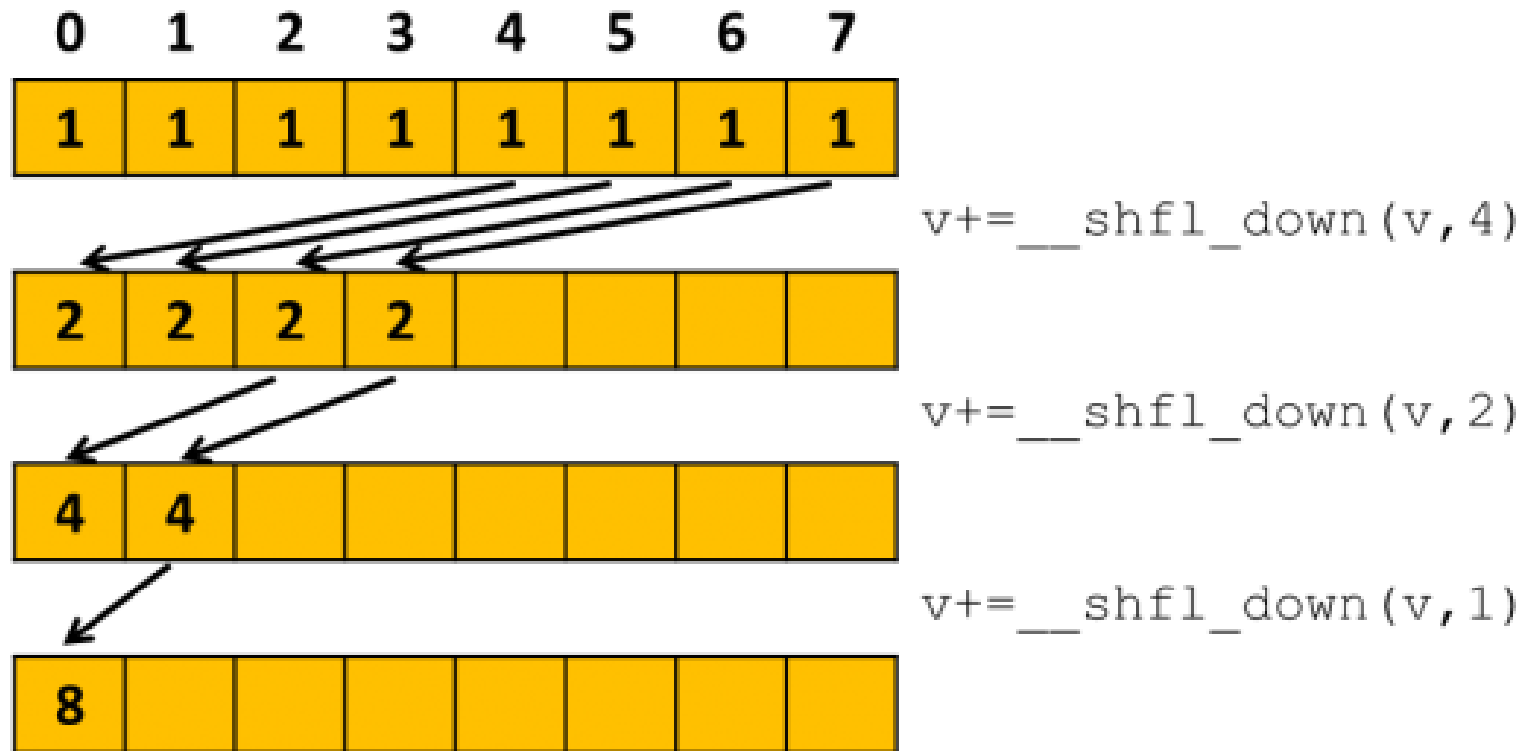


Модель оптимизации

Block



Особенности реализации



Источник:

<https://devblogs.nvidia.com/faster-parallel-reductions-kepler/>

Апробация (Forward)

С использованием случайно сгенерированной базы последовательностей (2000 шт) длиной в 400 элементов

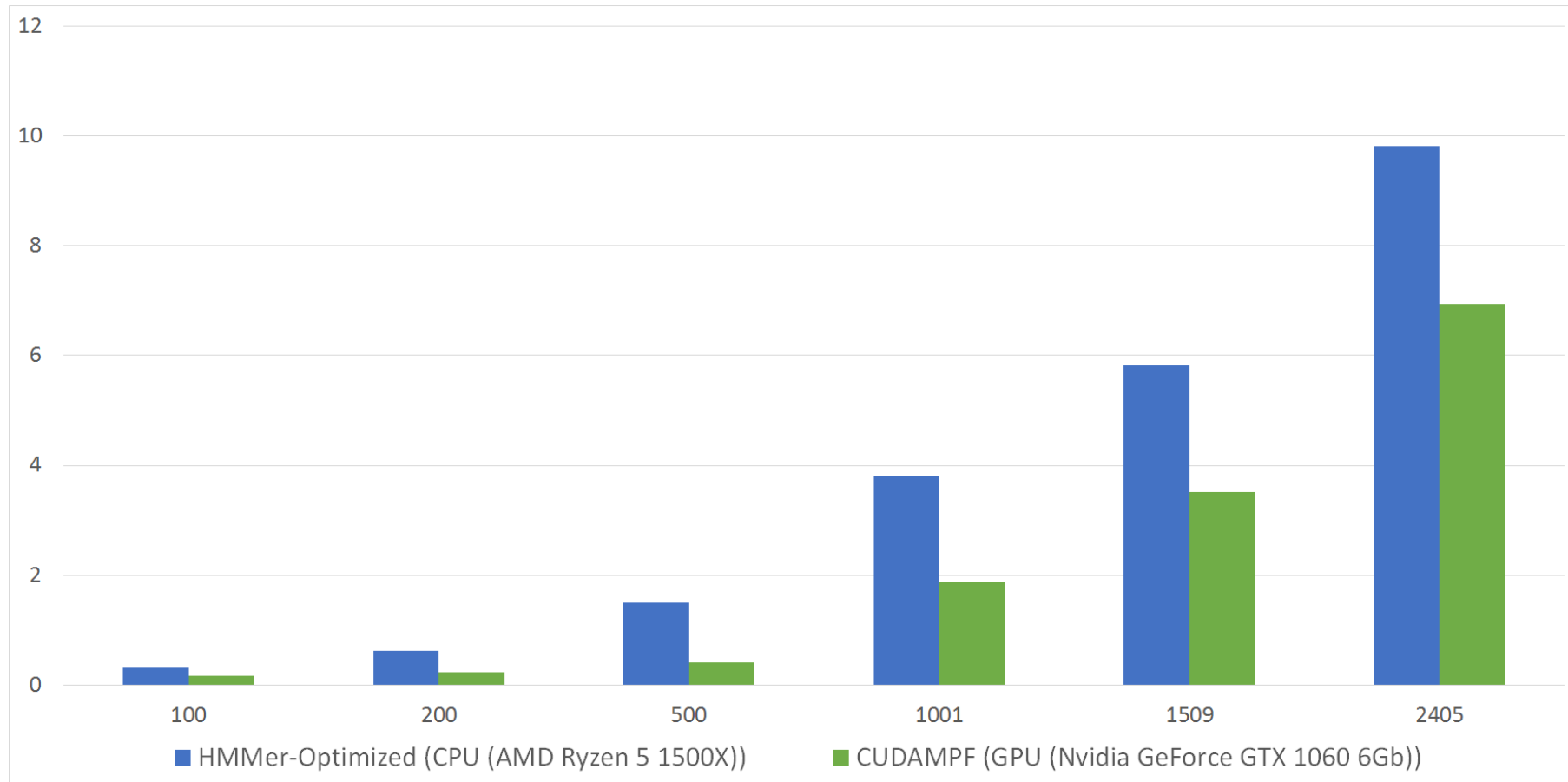
Размер модели	100	200	500	1001	1509	2405
Реализация (Архитектура)						
HMMer (CPU (AMD Ryzen 5 1500X))	1.73 сек	3.6 сек	9.04 сек	18.12 сек	27.58 сек	43.84 сек
HMMer (Optimized) (CPU)	0.16 сек	0.32 сек	0.72 сек	1.61 сек	2.12 сек	4.43 сек
CUDAMPF (GPU (Nvidia GeForce GTX 1060 6Gb)) 1 block : 8 warps : 32 threads	0.115 сек	0.148 сек	0.299 сек	0.465 сек	1.369 сек	3.075 сек

Апробация (Forward-Backward)

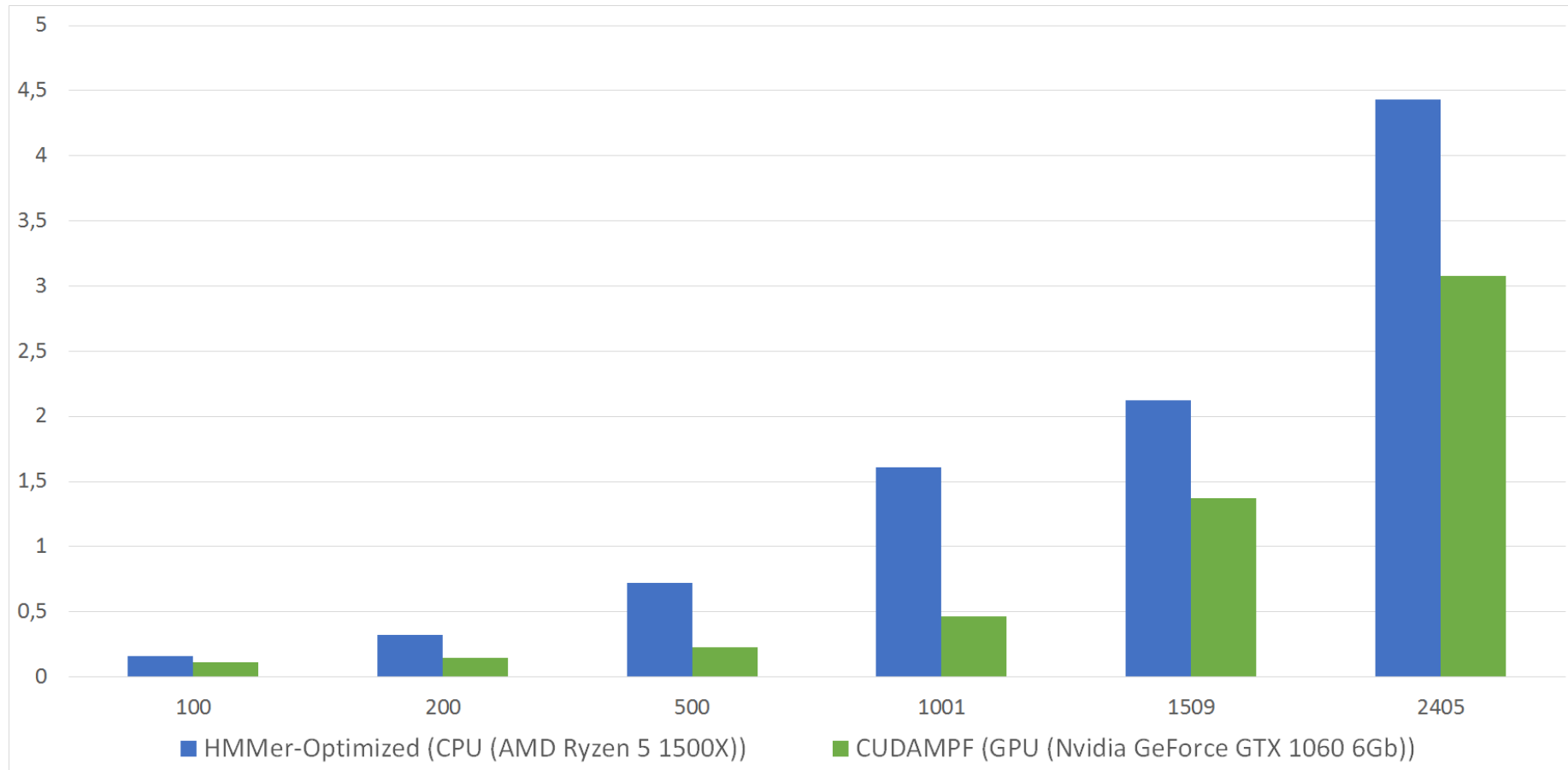
С использованием случайно сгенерированной базы последовательностей (2000 шт) длиной в 400 элементов

Размер модели	100	200	500	1001	1509	2405
Реализация (Архитектура)						
HMMer (CPU (AMD Ryzen 5 1500X))	3.96 сек	8.37 сек	20.71 сек	40.97 сек	62.33 сек	97.6 сек
HMMer (Optimized) (CPU)	0.32 сек	0.63 сек	1.5 сек	3.8 сек	5.82 сек	9.81 сек
CUDAMPF (GPU (Nvidia GeForce GTX 1060 6Gb)) 1 block : 8 warps : 32 threads	0.173 сек	0.243 сек	0.407 сек	1.879 сек	3.517 сек	6.934 сек

Сравнение производительности (Forward)



Сравнение производительности (Forward-Backward)



Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы были достигнуты следующие результаты:

- проведен анализ предметной области и существующих решений;
- смоделирована модель оптимизации для алгоритмов Forward и Backward;
- реализована спроектированная модель оптимизации;
- проведена апробация и сравнительный анализ с существующими решениями.