*Отчёт по задаче «Поиск в графе»*

**Постановка задачи**

Задача заключается в реализации библиотеки, предоставляющей алгоритмы поиска пути в графе (орграфе), и в ее последующем тестировании по производительности и по потреблению памяти.

**Параметры вычислительного узла**

Процессор: Ryzen 5 2600, 6 ядер, 12 потоков

Память: DDR4 2x8 3400MHz, CL17

ОС: Windows 10 Professional 64bit

**Тестируемые алгоритмы**

1. Алгоритм Беллмана-Форда

Алгоритм поиска кратчайшего пути во взвешенном графе. За время O(|V|\*|E|) {\displaystyle O(|V|\cdot |E|)}алгоритм находит кратчайшие пути от одной вершины графа до всех остальных. Допускает рёбра с отрицательным весом

1. Алгоритм Дейкстры

Алгоритм на графах, который находит кратчайшие пути от одной из вершин графа до всех остальных. Алгоритм работает только для графов без рёбер отрицательного веса

1. Алгоритм Флойда

Алгоритм поиска кратчайших путей во взвешенном графе с положительным или отрицательным весом ребер (но без отрицательных циклов). За одно выполнение алгоритма будут найдены длины (суммарные веса) кратчайших путей между всеми парами вершин

1. «Безымянный» алгоритм

Алгоритм поиска кратчайших путей от одной до всех вершин во взвешенном ацикличном графе

**Результаты измерений**

------------------> RESULTS OF PROFILING dijkstra <------------------  
  
  
 ------------------------- TIME INFO -------------------------  
 Average time spent is 0.001037264627123636 seconds  
 Minimum time spent is 0.0 seconds  
 Maximum time spent is 0.005001544952392578 seconds  
 Standard deviation is 0.001635656202128999 seconds  
 Confidence interval (delta) for time is 0.000469400934071267'  
  
  
 ------------------------ MEMORY INFO ------------------------  
 Average memory usage is 236.01414331896552 MiB  
 Minimum memory usage is 235.78125 MiB  
 Maximum memory usage is 236.44921875 MiB  
 Standard deviation is 0.158845675506259 MiB  
 Confidence interval (delta) for memory is 0.12084332710458057

------------------> RESULTS OF PROFILING bellman\_ford <------------------  
  
  
 ------------------------- TIME INFO -------------------------  
 Average time spent is 2.194878647567103 seconds  
 Minimum time spent is 0.0 seconds  
 Maximum time spent is 7.930113315582275 seconds  
 Standard deviation is 2.5637056400387443 seconds  
 Confidence interval (delta) for time is 0.7357327417287252'  
  
  
 ------------------------ MEMORY INFO ------------------------  
 Average memory usage is 233.23085029069767 MiB  
 Minimum memory usage is 193.6015625 MiB  
 Maximum memory usage is 237.859375 MiB  
 Standard deviation is 7.165324980637054 MiB  
 Confidence interval (delta) for memory is 1.9264502434647852

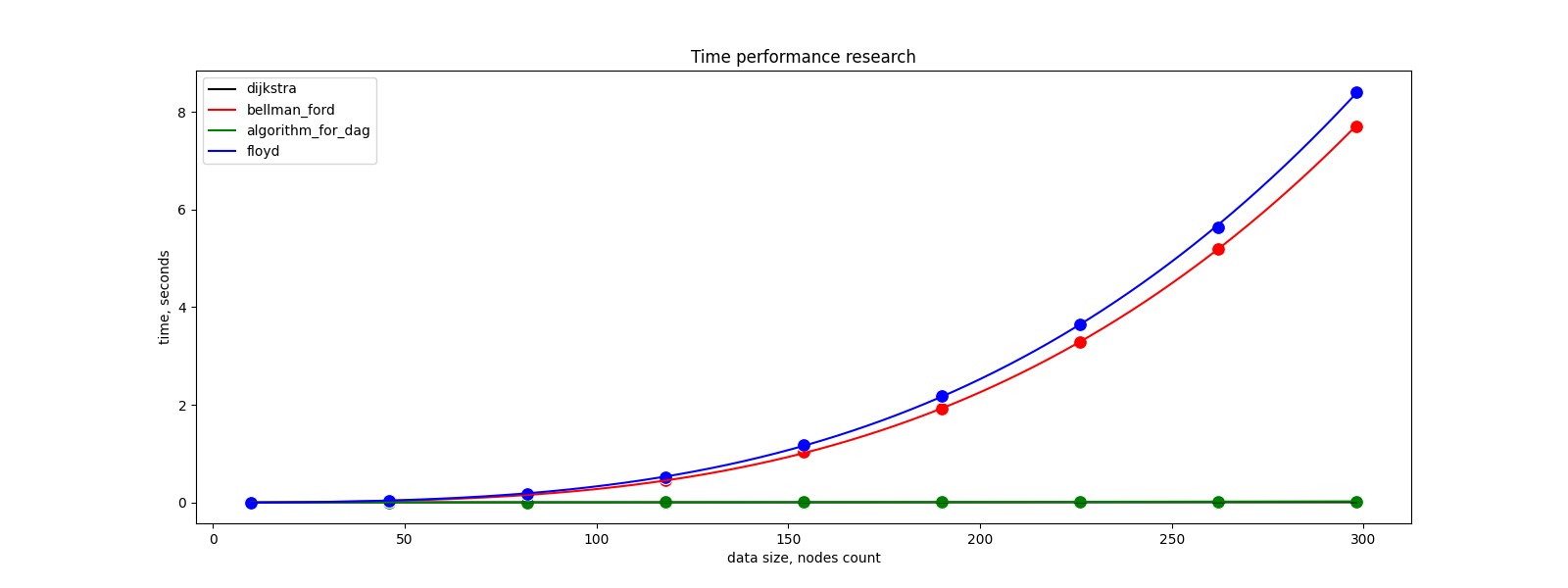
------------------> RESULTS OF PROFILING bellman\_ford\_best\_case <------------------  
  
  
 ------------------------- TIME INFO -------------------------  
 Average time spent is 0.0177236347602158 seconds  
 Minimum time spent is 0.0 seconds  
 Maximum time spent is 0.06250429153442383 seconds  
 Standard deviation is 0.017292935661733913 seconds  
 Confidence interval (delta) for time is 0.004962730029627599'  
  
  
 ------------------------ MEMORY INFO ------------------------  
 Average memory usage is 184.68559027777778 MiB  
 Minimum memory usage is 147.32421875 MiB  
 Maximum memory usage is 187.59375 MiB  
 Standard deviation is 10.09505543308693 MiB  
 Confidence interval (delta) for memory is 6.065780808406771

------------------> RESULTS OF PROFILING bellman\_ford\_worst\_case <-----------------  
  
  
 ------------------------- TIME INFO -------------------------  
 Average time spent is 4.223796970629818 seconds  
 Minimum time spent is 0.0 seconds  
 Maximum time spent is 15.592289924621582 seconds  
 Standard deviation is 4.925286031248905 seconds  
 Confidence interval (delta) for time is 1.4134595403527617'  
  
  
 ------------------------ MEMORY INFO ------------------------  
 Average memory usage is 270.23562794811323 MiB  
 Minimum memory usage is 229.79296875 MiB  
 Maximum memory usage is 274.46875 MiB  
 Standard deviation is 5.848111474233759 MiB  
 Confidence interval (delta) for memory is 1.1940697840694838

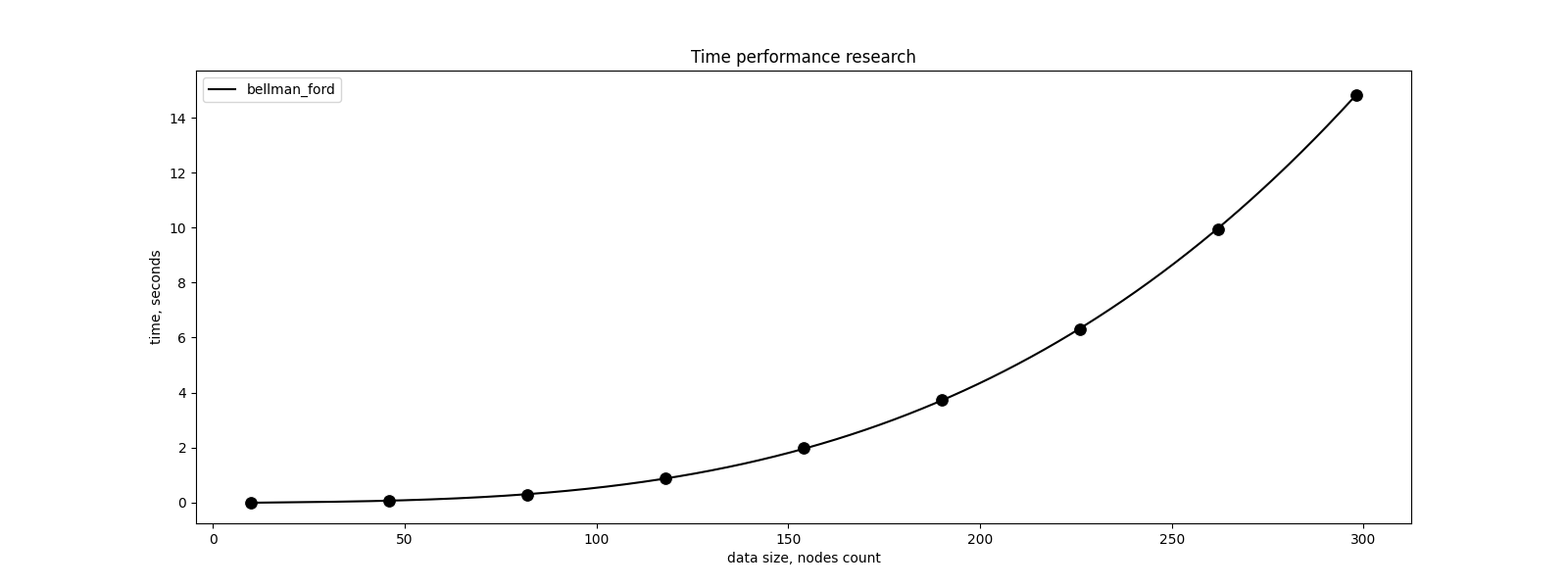
------------------> RESULTS OF PROFILING algorithm\_for\_dag <------------------  
  
  
 ------------------------- TIME INFO -------------------------  
 Average time spent is 0.007409168929650039 seconds  
 Minimum time spent is 0.0 seconds  
 Maximum time spent is 0.023005247116088867 seconds  
 Standard deviation is 0.007277971733318259 seconds  
 Confidence interval (delta) for time is 0.002088633739362325'  
  
  
 ------------------------ MEMORY INFO ------------------------  
 Average memory usage is 234.63063226744185 MiB  
 Minimum memory usage is 234.44921875 MiB  
 Maximum memory usage is 234.94921875 MiB  
 Standard deviation is 0.13226235828511854 MiB  
 Confidence interval (delta) for memory is 0.08140869136042284

------------------> RESULTS OF PROFILING floyd <------------------  
  
  
 ------------------------- TIME INFO -------------------------  
 Average time spent is 2.4196172000239136 seconds  
 Minimum time spent is 0.0 seconds  
 Maximum time spent is 8.493412494659424 seconds  
 Standard deviation is 2.7852254775795435 seconds  
 Confidence interval (delta) for time is 0.7993045476630174'  
  
  
 ------------------------ MEMORY INFO ------------------------  
 Average memory usage is 238.12924299568965 MiB  
 Minimum memory usage is 195.0234375 MiB  
 Maximum memory usage is 241.46875 MiB  
 Standard deviation is 8.205190689087349 MiB  
 Confidence interval (delta) for memory is 2.1227756561081605

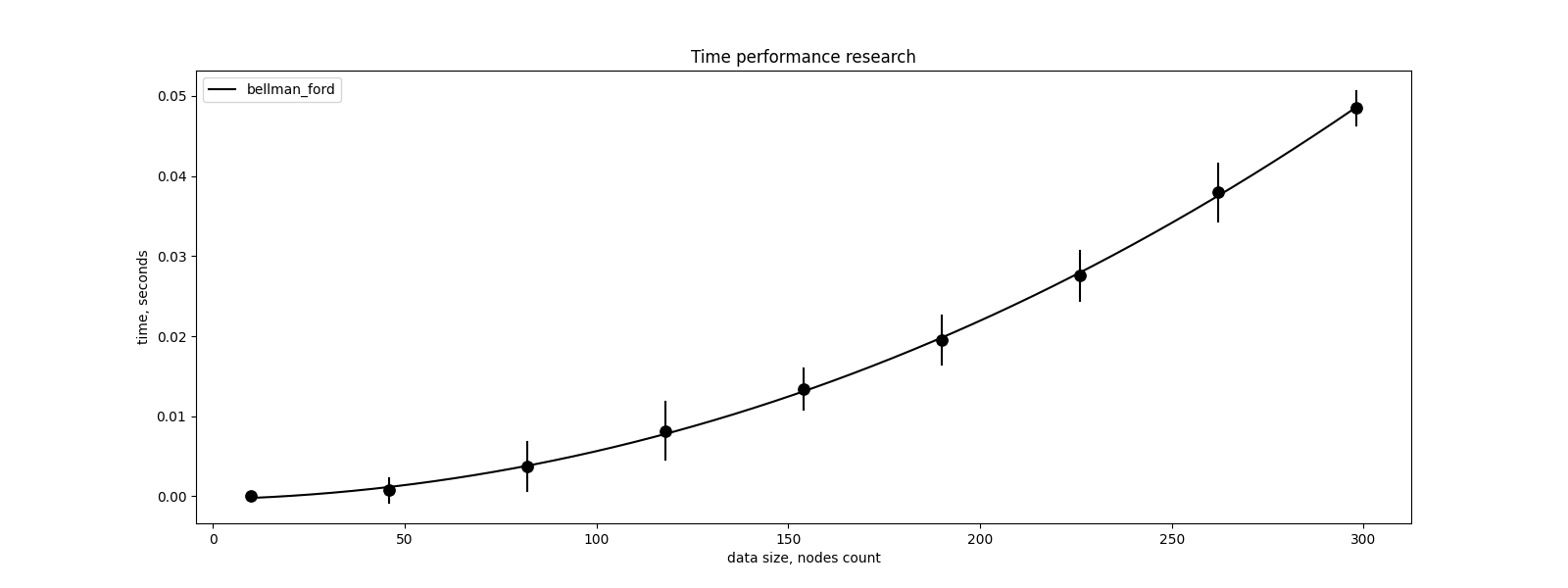
**Все алгоритмы (исследование по временной сложности)**



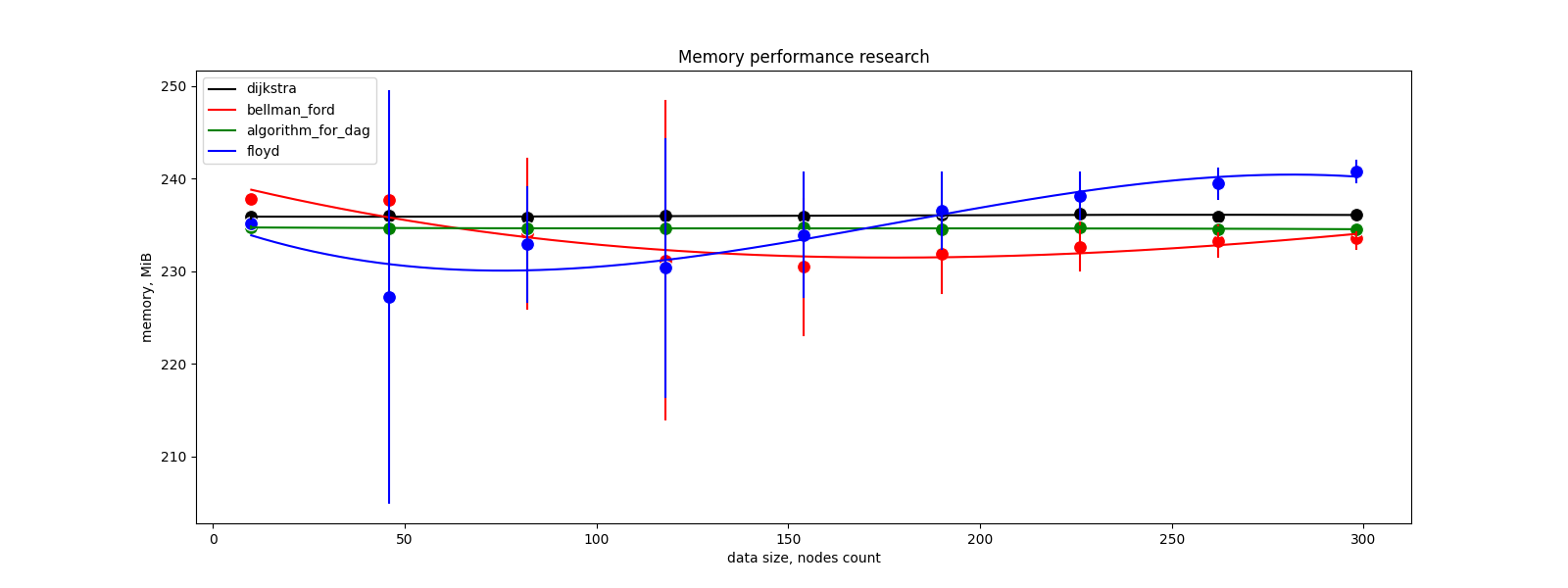
**Алгоритм Беллмана-Форда (худший случай)**



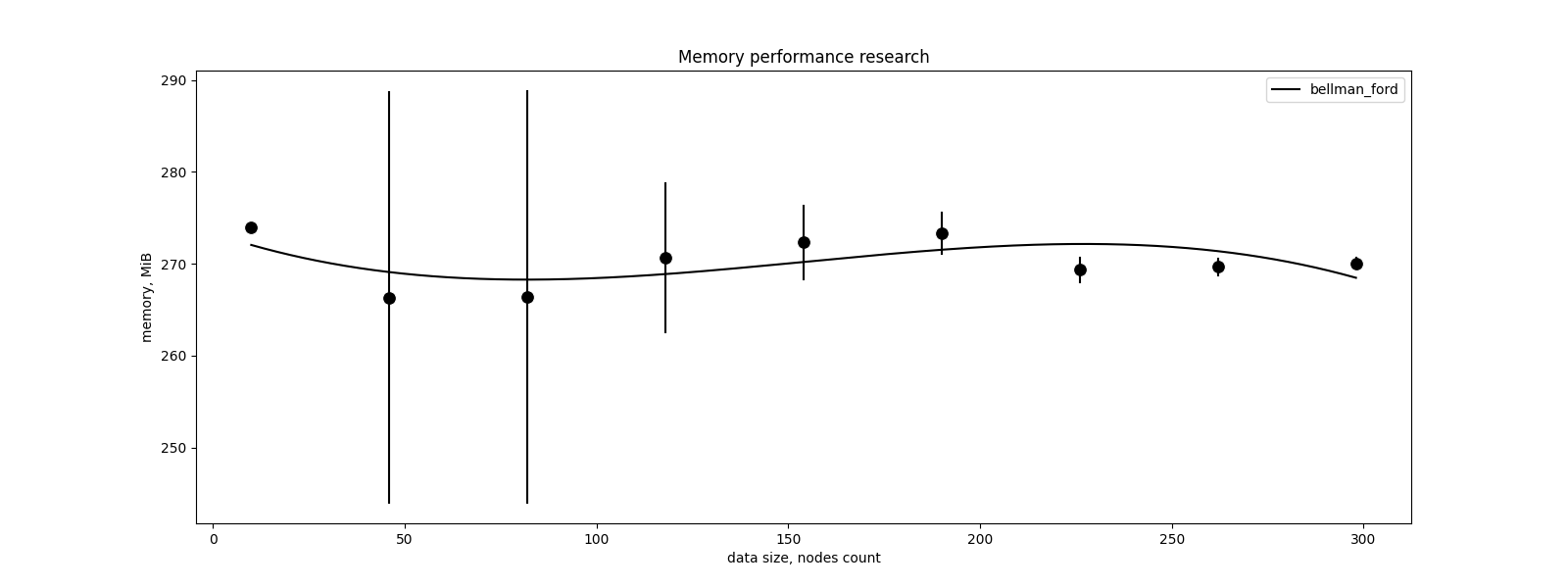
**Алгоритм Беллмана-Форда (лучший случай)**



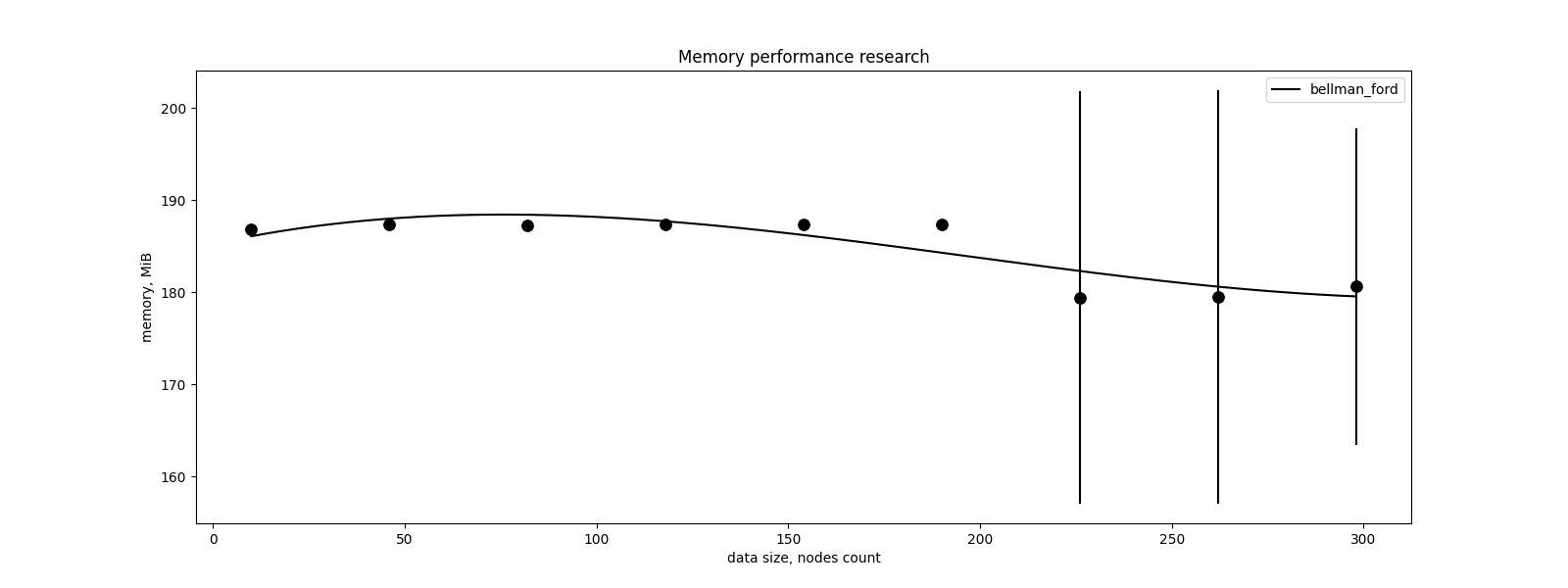
**Все алгоритмы (исследование по затратам памяти)**



**Алгоритм Беллмана-Форда (худший случай)**



**Алгоритм Беллмана-Форда (лучший случай)**



**Обоснование результатов**

Все алгоритмы тратят примерно одно количество памяти, несмотря на то что алгоритм Флойда должен потреблять больше памяти, так как результат алгоритма хранит пути между всеми вершинами, в отличие от остальных алгоритмов, которые хранят путь от одной вершины до всех остальных. По времени выполнения алгоритм Дейкстры и «Безымянный» алгоритм лидируют, так как их время выполнения O(n^2). Алгоритм Флойда и алгоритм Беллмана-Форда имеют схожее время выполнения. Алгоритм Флойда имеет временную сложность O(n^3), а алгоритм Беллмана-Форда имеет сложность O(|V|\*|E|), где V – множество вершин, E – множество рёбер, но в случае генерации данных почти все графы имеют n вершин и n^2 рёбер, из чего и получается, что алгоритм Беллмана-Форда схож по сложности с алгоритмом Флойда, так как |V| = n, |E| ≈ n^2. При выборе худших входных данных (полные графы) алгоритм Беллмана-Форда становится еще медленнее. При выборе лучших данных (все вершины соединены между собой только одним ребром) алгоритм Беллмана-Форда становится на порядок быстрее. Стандартное отклонение значительно больше у алгоритмов, которые имеют временную сложность O(n^3), так как при росте размера входных данных время выполнения значительно увеличивается.

**Анализ результатов**

Результаты показывают, что предпочтительным алгоритмом для поиска пути от одной вершины до всех в графах без отрицательных весов является алгоритм Дейкстры, так как он эффективен не только по временной сложности, но и по памяти. Если в графе нет цикла, то предпочтительным вариантом будет алгоритм для бесконтурных сетей (algorithm\_for\_dag, «Безымянный алгоритм»), потому что он может работать в графах с отрицательными весами, и он практически не отстаёт в эффективности от алгоритма Дейкстры. И если в графе есть и отрицательные веса, и циклы, то выбор падает на алгоритм Беллмана-Форда. В графах, где количество вершин примерно равно количеству рёбер данный алгоритм не будет отставать от алгоритма Дейкстры и алгоритма для бесконтурных сетей по скорости и по потреблению памяти.