

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра ІІІ

Звіт

з лабораторної роботи № 1 з дисципліни
«Алгоритми та структури даних 2. Структури даних»

„Проектування і аналіз алгоритмів внутрішнього сортування”

Виконав(ла)

ІІІ-13 Недельчев Євген
(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірив

Халус Олена Андріївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

Київ 2022

ЗМІСТ

1	МЕТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ	3
2	ЗАВДАННЯ	4
3	ВИКОНАННЯ.....	5
3.1	АНАЛІЗ АЛГОРИТМУ НА ВІДПОВІДНІСТЬ ВЛАСТИВОСТЯМ	5
3.2	ПСЕВДОКОД АЛГОРИТМУ	6
3.3	АНАЛІЗ ЧАСОВОЇ СКЛАДНОСТІ.....	7
3.4	ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ	7
3.4.1	<i>Вихідний код.....</i>	<i>8</i>
3.4.2	<i>Приклад роботи</i>	<i>9</i>
3.5	ТЕСТУВАННЯ АЛГОРИТМУ	11
3.5.1	<i>Часові характеристики оцінювання.....</i>	<i>11</i>
3.5.2	<i>Графіки залежності часових характеристик оцінювання від розмірності масиву</i>	<i>12</i>
	ВИСНОВОК	16
	КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ	17

1 МЕТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – вивчити основні методи аналізу обчислювальної складності алгоритмів внутрішнього сортування і оцінити поріг їх ефективності.

2 ЗАВДАННЯ

Виконати аналіз алгоритму внутрішнього сортування на відповідність наступним властивостям (таблиця 2.1):

- стійкість;
- «природність» поведінки (Adaptability);
- базуються на порівняннях;
- необхідність додаткової пам'яті (об'єму);
- необхідність в знаннях про структуру даних.

Записати алгоритм внутрішнього сортування за допомогою псевдокоду (чи іншого способу по вибору).

Провести аналіз часової складності в гіршому, кращому і середньому випадках та записати часову складність в асимптотичних оцінках.

Виконати програмну реалізацію алгоритму на будь-якій мові програмування з фіксацією часових характеристик оцінювання (кількість порівнянь, кількість перестановок, глибина рекурсивного поглиблення та інше в залежності від алгоритму).

Провести ряд випробувань алгоритму на масивах різної розмірності (10, 100, 1000, 5000, 10000, 20000, 50000 елементів) і різних наборів вхідних даних (впорядкований масив, зворотно упорядкований масив, масив випадкових чисел) і побудувати графіки залежності часових характеристик оцінювання від розмірності масиву, нанести на графік асимптотичну оцінку гіршого і кращого випадків для порівняння.

Зробити порівняльний аналіз двох алгоритмів.

Зробити узагальнений висновок з лабораторної роботи.

Таблиця 2.1 – Варіанти алгоритмів

№	Алгоритм сортування
1	Сортування бульбашкою
2	Сортування гребінцем («розчіскою»)

3 ВИКОНАННЯ

3.1 Аналіз алгоритму на відповідність властивостям

Аналіз алгоритму сортування бульбашкою на відповідність властивостям наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз алгоритму на відповідність властивостям

Властивість	Сортування бульбашкою	Сортування гребінцем
Стійкість	Так	Так
«Природність» поведінки (Adaptability)	Так	Ні
Базуються на порівняннях	Так	Так
Необхідність в додатковій пам'яті (об'єм)	Ні	Ні
Необхідність в знаннях про структури даних	Так	Так

3.2 Псевдокод алгоритму

- **Сортування бульбашкою**

```
повторити для i від 0 до size-1
    повторити для j від 0 до size-1
        якщо array[j] > array[j+1]
            то
                temp := array[j]
                array[j] := array[j+1]
                array[j+1] := temp
        все якщо
    все повторити
все повторити
```

- **Сортування гребінцем**

```
gap = size
is_swapped = true
повторити поки (step != 1 або is_swapped == true)
    step /= 1.247
    is_swapped = false
    повторити для i від 0 до size - gap
        якщо array[i] > array[i+gap]
            то
                temp := array[i]
                array[i] := array[i+gap]
                array[i+gap] := temp
                is_swapped = true
        все якщо
    все повторити
все повторити
```

3.3 Аналіз часової складності

- **Сортування бульбашкою**

Сортування бульбашкою утворене на двох циклах, один вкладений в інший. Кожен цикл має $n-1$ ітерацій, і так як один вкладений, то всього ітерацій $(n-1)^2$. Отже, тому часова складність алгоритму сортування Бульбашкою $\Theta(n^2)$. В найкращому випадку складність буде $\Theta(n)$. В середньому $\Theta(n^2)$.

- **Сортування гребінцем**

Сортування гребінцем утворене на двох циклах: зовнішній – який перевіряє чи наш шаг більше або дорівнює за одиницю, та внутрішній, який проходить із шагом, який постійно зменшується на певну величину. Таким чином, складність нашого алгоритму $\Theta(n \lg n)$. В найкращому випадку складність буде $\Theta(n \lg n)$. В середньому $\Theta(n^2)$.

3.4 Програмна реалізація алгоритму

3.4.1 Вихідний код

- **Сортування бульбашкою**

```
void BubbleSort(int* arr, int size) {  
    for (int i = 0; i < size - 1; i++) {  
        for (int j = 0; j < size - i - 1; j++) {  
            if (arr[j] > arr[j + 1]) {  
                int temp = arr[j];  
                arr[j] = arr[j + 1];  
                arr[j + 1] = temp;  
            }  
        }  
    }  
}
```

- **Сортування гребінцем**

```
void CombSort(int* arr, int size) {  
    int gap = size;  
    bool is_swapped = true;  
    while (is_swapped || gap != 1) {  
        gap = GetGap(gap);  
        is_swapped = false;  
        for (int i = 0; i < size - gap; i++) {  
            if (arr[i] > arr[i + gap]) {  
                int temp = arr[i];  
                arr[i] = arr[i + gap];  
                arr[i + gap] = temp;  
                is_swapped = true;  
            }  
        }  
    }  
}
```


3.4.2 Приклад роботи

На рисунках 3.1 і 3.2 показані приклади роботи програми сортування масивів на 100 і 1000 елементів відповідно.

Рисунок 3.1 – Сортування масиву на 100 елементів

```
Консоль відладки Microsoft Visual Studio
Enter the size of your array: 100

=====PERFECT ARRAY=====
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73
74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99

    BUBBLE SORT
Amount of comparisons: 4950
Amount of permutations: 0
Sorted array: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 6
8 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99

    COBB SORT
Amount of comparisons: 1229
Amount of permutations: 0
Sorted array: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 6
8 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99

=====WORST ARRAY=====
100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 68 67 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31
30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

    BUBBLE SORT
Amount of comparisons: 4950
Amount of permutations: 4950
Sorted array: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68
69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

    COBB SORT
Amount of comparisons: 1328
Amount of permutations: 1328
Sorted array: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68
69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

=====RANDOM ARRAY=====
14193 24355 23982 31125 13823 21573 29379 7833 27497 2805 30900 2192 3038 28356 22993 3807 14529 7403 21548 10142 5210 24882 11076 17307 15819 18577 13170 11170 18757 2997 10381 17148 2171 646 23040 21302 14167 2
8567 23839 17700 24812 8445 14779 27428 4269 11443 17651 16551 9180 19517 7758 17134 20293 7052 775 18194 11563 16162 27560 28999 26499 13866 10202 12641 21088 22426 27772 26776 2735 19739 2034 7304 27940 30505
12480 23420 31092 5879 8791 13803 30149 13157 31790 28995 26210 477 5909 22502 11700 22138 17607 19058 26734 24432 11710 30278 23047 12200 16715 21826

    BUBBLE SORT
Amount of comparisons: 4950
Amount of permutations: 2233
Sorted array: 477 646 775 2034 2171 2192 2735 2885 2997 3038 3157 3807 4269 5210 5879 5909 7052 7304 7403 7758 7833 8445 8791 9180 10142 10202 10381 11076 11170 11443 11563 11700 11710 12200 12480 12641 13157
13170 13686 13803 13823 14167 14193 14529 14779 15819 16162 16551 16715 17134 17148 17307 17607 17651 17700 18194 18577 18757 19058 19517 19739 20293 21088 21302 21548 21826 22138 22426 22502 22993 23040 23047 2
3420 23839 23982 24355 24432 24802 24812 26210 26499 26734 26776 27428 27497 27560 27772 27940 28356 28567 28995 28999 29379 30090 30149 30278 30505 31092 31125 31790

    COBB SORT
Amount of comparisons: 1328
Amount of permutations: 225
Sorted array: 477 646 775 2034 2171 2192 2735 2885 2997 3038 3157 3807 4269 5210 5879 5909 7052 7304 7403 7758 7833 8445 8791 9180 10142 10202 10381 11076 11170 11443 11563 11700 11710 12200 12480 12641 13157
13170 13686 13803 13823 14167 14193 14529 14779 15819 16162 16551 16715 17134 17148 17307 17607 17651 17700 18194 18577 18757 19058 19517 19739 20293 21088 21302 21548 21826 22138 22426 22502 22993 23040 23047 2
3420 23839 23982 24355 24432 24802 24812 26210 26499 26734 26776 27428 27497 27560 27772 27940 28356 28567 28995 28999 29379 30090 30149 30278 30505 31092 31125 31790
```

Рисунок 3.2 – Сортування масиву на 1000 елементів

```
Консоль відладки Microsoft Visual Studio
=====RANDOM ARRAY=====
14624 1353 22757 28986 31859 29965 14239 14648 11571 10460 10566 8006 9018 17015 3239 31443 15560 14700 1059 2438 4728 3902 26954 25730 10099 1776 7851 23273 27108 6850 13289 21918 6060 20463 4114 10320 23382 32
246 5677 25620 13645 15336 30738 32017 1356 7137 11135 7938 18455 16875 13671 14200 23913 25119 16269 14078 27181 27150 11346 13633 10992 22879 7371 11983 19095 3513 7447 20511 4429 1507 27376 29138 32704 24617
2687 18088 10893 6146 7541 6166 27128 18161 12375 19110 12769 27817 29209 27360 9716 628 2543 2552 15903 24021 32608 14632 3913 9836 26780 20143 3137 25371 21263 31770 21236 25191 6710 6594 23012 545 8370 19350
4565 6725 8991 25370 20425 3874 22 8880 4911 20155 29482 17943 31832 15726 15311 29745 1834 21971 24392 32265 24088 32743 12211 3860 22866 25450 25823 12983 32312 14725 14173 21258 4885 25008 12762 5340 6922 158
27 11436 13559 20040 6571 10154 19108 25218 8560 20273 4970 14243 11109 29124 11316 15540 21183 9722 23269 8512 22524 11297 20512 9843 12663 40143 31730 9504 5802 5580 26610 7050 400 32511 11232 22438 524 27416
27818 4487 12586 32372 5853 32372 18586 3093 5303 6968 531 1371 7977 17720 7463 2270 13732 16644 1404 28991 31648 18415 45430 2027 3563 22630 32851 29949 16960 18183 5841 31398 1307 29998 28046 27272 18892 20670 19448
11784 16586 286 11271 9874 18507 25985 9072 4831 19217 18539 29243 5157 391 27761 19767 22090 18700 22080 4076 18949 1423 30688 19153 19009 16732 8506 447 12482 32565 23000 11942 7690 29349 2029 23679 38046 4753
2197 28289 26309 14864 7517 26520 18801 19325 21254 17939 30689 2506 17798 18332 17509 7190 25936 16066 2980 28546 8661 14530 21307 27457 7499 18314 15271 10991 19885 22882 18789 13092 12035 7364 18775 21576 27
363 1147 21610 12621 6456 5466 13942 4810 32322 15405 15462 7423 27102 16368 11672 25398 9716 9279 29831 1560 21150 4110 15015 28241 25702 3226 31632 9003 3411 12447 21343 28514 20484 3020 3161 18484 4238 26228
12242 10935 19579 10630 7758 25455 5139 7033 29413 29728 10458 6430 13804 3041 25945 26009 8913 17778 21025 1038 1351 8143 3086 4220 29091 25861 24521 25715 23686 29509 16016 18633 21949 7223 2878 28559 27237 3
78 9845 15911 29267 32231 21843 4167 10639 31541 29957 2450 20062 15011 4326 29094 28882 10888 18363 1720 29837 4826 8504 6488 17405 21253 23751 12225 28159 13810 7958 4656 13557 904 6030 21221 5801 24608 8827 9
891 547 7483 21801 8547 29126 26083 3771 11002 23672 1933 4322 16857 10899 23177 3932 22884 22202 18067 22714 29381 4703 19090 31847 14670 9796 25477 4582 15627 7857 24230 1571 7448 13190 29810 3495 13930 2927
1475 11690 10978 31362 16631 27659 25145 29101 8633 6458 30589 15184 3376 21490 19771 12454 12476 10469 12506 3187 8104 29609 3359 7473 16638 26362 22671 21026 20383 12777 13806 30407 8338 17338 3670 4408 9117
4543 13338 12469 21080 8668 27276 11589 32748 9205 24205 2716 17178 13065 26803 578 25883 20591 11143 30962 4811 9312 25073 25409 15997 10166 29168 23936 26697 6899 6030 31458 16552 28293 15380 4066 22846 73 198
34 31711 22518 21069 10785 13833 24660 7898 29893 8577 9991 28082 25773 27836 25534 3734 26148 41 5437 7435 7981 16403 19376 29022 11379 9672 27967 8934 10879 29691 10466 32649 24365 2663 2935 7297 5985 7349 274
10 25096 3318 20640 7316 18002 26871 1879 10111 27299 13842 22050 27656 4225 22345 29257 28526 30978 22251 5170 17035 873 8643 5577 13993 24229 655 20516 21654 29722 29108 31848 18939 28580 3375 7142 16617 2265
19663 11146 21941 29071 18081 9846 7942 3487 6000 7146 11788 22504 17631 23655 7083 6294 10312 512 13800 20044 16807 22624 12688 22615 26793 26345 26551 8365 30041 9117 21295 6095 2204 4126 27144 20579 12475 180
27 20062 21485 10831 14526 7825 10262 18489 10416 8160 7925 10358 6563 30522 31886 15868 16993 25680 5528 3800 16897 13039 10332 26970 719 22157 2490 30917 16348 25634 10278 12615 8011 24121 22259 6888 6284 186
2 30614 22236 14165 11834 1807 28854 4416 10581 31207 20440 16743 29409 18062 23854 18296 7755 14383 12572 19832 4652 10532 23988 6537 18344 3552 10541 11868 30398 15910 19600 24350 27378 18544 2741 21398 29160
30059 13166 29105 6193 25156 26370 16244 16269 16348 16368 16403 16448 16551 16552 16586 16617 16631 16637 16638 16644 16732 16753 16831 16857 16875 16888 16897 16899 16902 16906 16981 16993 17015 17035 1704
48 4597 12430 16551 23714 13325 15142 3967 24692 8907 7827 31617 27096 28063 7002 13991 18483 13928 23464 21246 21417 2514 14926 32162 3131 4578 31498 26090 13362 22223 22536 9440 20793 532 2216 14580 998 22467
9602 27121 13969 23068 3496 10543 16904 19294 12586 16907 12682 477 25824 28308 27954 16981 9059 5931 8991 5246 24413 11902 19410 17888 19203 25956 19927 3817 14559 7724 1192 3645 31187 8130 11982 3661 23643 146
54 1805 1871 12562 12393 3634 7837 30840 28745 17667 28784 7666 16448 24519 6144 25018 9002 14183 12371 26137 24278 29540 4705 21178 23479 15537 24098 17441 11484 30067 21174 22836 21538 15459 32430 29271 5801
16244 2285 16888 30084 8631 23754 28074 7851 30843 7355 12722 27224 9144 12239 31826 14366 1454 11095 7106 16637 24009 21019 1141 12582 10144 7665 1724 7736 14366 1934 18247 11690 15000 155 8424 23687 8257 21516
21403 12750 14211 24749 9412 3605 4404 25085 21687 15396 17406 15168 3453 359 20087 30078 788 31668 7034 4074 9538 883 28756 21101 2278 2602 10440 29745 12944 9849 30045 3955 31526 27741 19920 32215
21977 26757 10831 22993 411 26572 21877 14303 17989 25832 11084 21226 1697 23287 502 1465 662 5639 5608 1477 18342 28068 8507 7282 5326 10726 31625 29068 13741 509 20022 2807 6377 26894 11299 9227 9679 7486 218
21082 5433 11532 28852 20917 26329 22713 20422 8931 26351 28685 27806 10271 24129 1452 9696 26828 13774 30408 13825 28000 13741 2076

    BUBBLE SORT
Amount of comparisons: 499500
Amount of permutations: 250183
Sorted array: 22 41 73 155 260 286 399 391 394 411 447 477 502 509 524 531 532 532 545 547 574 578 628 655 662 703 788 873 883 998 1038 1046 1059 1082 1141 1147 1192 1255 1302 1307 1351 1353 1356 1371 1371 140
4 1423 1452 1454 1477 1507 1560 1977 1724 1730 1800 1807 1834 1862 1865 1879 1933 1934 2027 2029 2039 2127 2240 2216 2255 2255 2270 2278 2438 2450 2465 2490 2506 2514 2543 2552 2586 2602 2663 2687 2713 2716 2741
2807 2935 2980 3020 3033 3041 3086 3105 311 3137 3161 3226 3239 3318 3359 3373 3376 3405 3411 3453 3487 3496 3513 3552 3563 3634 3645 3661 3670 3695 3728 3734 3771 3776 3817 3860 3874 3890 3902 3913 3932 3955
3967 4065 4074 4076 4110 4114 4126 4157 4220 4225 4238 4262 4322 4326 4403 4488 446 4429 4487 4494 4543 4565 4578 4582 4597 4652 4656 4703 4728 4753 4765 4818 4831 4885 4911 4978 5044 5139 5157 5165 5
170 5246 5305 5326 5340 5433 5437 5466 5528 5577 5639 5677 5689 5801 5801 5853 5882 5985 6030 6030 6060 6060 6079 6095 6146 6166 6193 6284 6294 6377 6414 6430 6456 6458 6488 6537 6563 6571 6588 6594 6710 6725 67
54 6850 6888 6890 6922 6968 7002 7034 7050 7106 7137 7142 7146 7176 7178 7198 7223 7237 7282 7287 7316 7349 7355 7364 7374 7382 7403 7423 7435 7447 7448 7463 7473 7486 7499 7507 7517 7541 7558 7693 7665 7666 769
9 7724 776 7755 7758 7827 7837 7851 7857 7861 7898 7925 7938 7942 7977 7981 8006 8011 8091 8104 8130 8143 8160 8257 8306 8338 8365 8370 8424 8504 8506 8507 8512 8547 8560 8577 8618 8631 8633 8643 8661 8668
8827 8880 8888 8903 8931 8934 8991 9002 9003 9018 9059 9072 9117 9117 9144 9205 9227 9279 9312 9351 9412 9440 9504 9538 9602 9672 9679 9690 9716 9732 9796 9836 9843 9845 9846 9874 9891 9949 9991 10099 1011
1 10213 10454 10166 10262 10271 10278 10312 10320 10341 10358 10416 10449 10458 10466 10466 10469 10532 10541 10543 10566 10581 10606 10630 10726 10785 10808 10808 10831 10879 10893 10935 10978 10991 10992 11082
11084 11095 11135 11143 11146 11189 11271 11297 11299 11316 11321 11346 11379 11419 11436 11484 11532 11571 11589 11672 11690 11699 11741 11784 11808 11834 11868 11902 11942 11982 11983 11990 12035 12201 12211 12225
12299 12422 12428 12294 12731 12735 12393 12430 12447 12454 12469 12475 12476 12482 12506 12562 12572 12582 12586 12682 12722 12750 12762 12769 12983 13039 13065 13092 13166 13190 13289 13325 1
3338 13362 13403 13557 1359 13633 13634 13645 13671 13732 13741 13741 13774 13804 13810 13925 13833 13842 13866 13906 13939 13942 13969 13991 13993 14078 14109 14165 14172 14183 14200 14211 14230 14243 14366 14
86 14033 14469 14526 14530 14559 14580 14624 14632 14648 14673 14700 14725 14864 14926 15000 15015 15142 15168 15184 15271 15311 15336 15380 15396 15405 15450 15462 15537 15548 15560 15611 15627 15720 15827 158
68 15930 15997 16007 16016 16244 162
```

COMB SORT
Amount of comparisons: 24020
Amount of permutations: 4314
Sorted array: 22 41 73 155 260 286 359 391 394 411 447 477 502 509 524 531 532 532 545 547 574 578 628 655 662 703 788 873 883 998 1038 1046 1059 1082 1141 1147 1192 1255 1302 1307 1351 1353 1356 1371 1371 140
4 1423 1452 1454 1477 1507 1560 1697 1724 1730 1800 1807 1834 1862 1865 1879 1933 1934 2027 2029 2039 2197 2204 2216 2255 2265 2270 2278 2438 2450 2465 2490 2506 2514 2543 2552 2586 2602 2663 2687 2713 2716 2741
2807 2925 2980 3020 3033 3041 3088 3105 3121 3137 3161 3226 3229 3318 3359 3376 3376 3405 3411 3453 3487 3496 3513 3552 3563 3634 3645 3661 3670 3695 3728 3724 3771 3776 3817 3868 3874 3898 3902 3913 3923 3955
3967 4066 4074 4076 4110 4114 4126 4167 4220 4225 4238 4266 4322 4326 4403 4408 4416 4429 4487 4494 4543 4565 4578 4582 4597 4652 4656 4703 4728 4753 4765 4810 4811 4826 4831 4885 4911 4978 5041 5139 5157 5166 5
170 5246 5303 5326 5340 5433 5437 5466 5528 5577 5639 5677 5689 5801 5801 5853 5882 5985 6030 6030 6060 6060 6079 6095 6146 6166 6193 6284 6294 6377 6414 6430 6456 6458 6488 6537 6563 6571 6588 6594 6710 6725 67
54 6850 6888 6899 6922 6968 7002 7034 7050 7106 7137 7142 7146 7176 7179 7190 7223 7237 7282 7297 7316 7349 7355 7364 7371 7382 7403 7423 7435 7447 7448 7463 7473 7486 7499 7509 7517 7541 7558 7603 7665 7666 769
0 7724 7736 7755 7758 7825 7827 7837 7851 7857 7861 7898 7925 7938 7942 7977 7981 8006 8011 8091 8104 8130 8143 8160 8257 8306 8338 8365 8370 8424 8504 8506 8507 8512 8547 8560 8577 8618 8631 8633 8643 8661 8668
8827 8880 8888 8907 8913 8931 8934 8991 9002 9003 9018 9059 9072 9117 9117 9144 9205 9227 9279 9312 9351 9412 9440 9504 9538 9602 9672 9679 9690 9716 9732 9796 9836 9843 9845 9846 9874 9891 9949 9991 10099 1011
1 10143 10154 10166 10262 10271 10278 10312 10320 10341 10358 10416 10449 10458 10460 10466 10469 10532 10541 10543 10566 10581 10606 10630 10726 10785 10808 10808 10831 10879 10893 10935 10978 10991 10992 11082
11084 11095 11135 11143 11146 11189 11271 11287 11299 11316 11323 11346 11379 11436 11484 11532 11571 11589 11672 11690 11699 11741 11784 11808 11834 11868 11902 11942 11982 11983 11990 12035 12201 12211 12225
12239 12242 12248 12294 12371 12375 12393 12430 12447 12454 12469 12475 12476 12482 12506 12562 12572 12582 12586 12615 12663 12668 12682 12722 12750 12762 12769 12983 13039 13065 13092 13166 13190 13289 13325 1
3338 13362 13403 13557 13559 13633 13634 13645 13671 13732 13741 13741 13774 13804 13810 13825 13833 13842 13866 13928 13939 13947 13969 13991 13993 14078 14129 14165 14173 14183 14200 14211 14239 14243 14366 14
366 14383 14469 14526 14530 14559 14580 14624 14632 14648 14673 14700 14725 14864 14926 15000 15015 15142 15168 15184 15271 15311 15336 15380 15396 15405 15459 15462 15537 15548 15560 15611 15627 15726 15827 158
68 15903 15930 15997 16007 16016 16244 16269 16348 16368 16403 16448 16551 16552 16586 16617 16631 16637 16638 16644 16732 16753 16831 16857 16875 16888 16897 16899 16904 16907 16960 16981 16993 17015 17035 1704
1 17178 17338 17406 17441 17465 17509 17567 17631 17728 17778 17798 17888 17939 17943 17989 18002 18027 18062 18081 18161 18183 18212 18247 18296 18314 18332 18342 18344 18363 18415 18455 18483 18484 18488 18507
18539 18544 18633 18700 18731 18775 18789 18801 18892 18939 18949 19009 19011 19090 19095 19108 19110 19144 19153 19203 19217 19294 19325 19332 19350 19376 19410 19448 19579 19600 19635 19663 19767 19771 19831
19832 19834 19867 19885 19920 19927 20040 20046 20062 20143 20155 20383 20422 20425 20440 20462 20463 20464 20484 20511 20512 20516 20579 20591 20640 20644 20670 20917 21010 21019 21025 21026 21069 21103 21150 2
1178 21221 21226 21236 21246 21253 21254 21256 21258 21263 21295 21307 21343 21403 21417 21475 21485 21490 21516 21538 21545 21576 21610 21654 21687 21801 21810 21826 21843 21877 21918 21937 21941 21949 21971 21
983 22050 22080 22090 22157 22202 22223 22236 22251 22259 22345 22438 22467 22504 22518 22521 22536 22547 22624 22630 22671 22713 22714 22757 22777 22836 22846 22866 22879 22882 22884 22993 23000 23012 23068 231
75 23177 23183 23198 23273 23287 23369 23382 23464 23479 23504 23643 23655 23672 23679 23686 23714 23751 23754 23854 23913 23936 23988 24009 24021 24088 24098 24121 24205 24229 24278 24350 24365 24392 24413 2451
9 24521 24617 24628 24660 24692 24749 25008 25073 25085 25119 25156 25191 25218 25370 25371 25398 25409 25438 25450 25455 25477 25534 25618 25632 25634 25652 25680 25696 25702 25715 25730 25773 25823 25824 25832
25837 25861 25883 25929 25936 25945 25956 25985 26003 26009 26090 26137 26148 26208 26228 26309 26339 26345 26351 26362 26370 26520 26551 26610 26697 26752 26753 26757 26780 26803 26871 26894 26954 26970 27073
27096 27102 27108 27121 27128 27144 27147 27150 27181 27224 27237 27276 27299 27360 27363 27376 27378 27410 27416 27457 27556 27656 27659 27761 27806 27817 27818 27836 27954 27967 28000 28063 28068 28082 28087 2
8159 28241 28289 28293 28308 28514 28526 28546 28559 28580 28674 28685 28730 28745 28784 28808 28854 28882 28986 28991 29022 29022 29068 29071 29091 29094 29101 29105 29108 29124 29126 29138 29160 29168 29209 29
243 29257 29267 29349 29381 29413 29482 29499 29509 29540 29620 29691 29699 29721 29722 29728 29745 29745 29819 29831 29844 29893 29949 29957 29965 29998 30041 30059 30067 30084 30273 30398 30405 30407 30522 305
89 30614 30688 30689 30702 30738 30840 30843 30846 30917 30928 30930 30962 30978 31187 31362 31387 31398 31443 31458 31498 31526 31617 31625 31632 31648 31668 31711 31738 31770 31788 31800 31826 31832 31847 3184
8 31859 31886 31941 32017 32051 32107 32162 32215 32231 32246 32265 32312 32322 32372 32415 32430 32430 32513 32565 32608 32649 32687 32704 32722 32743 32748

3.5 Тестування алгоритму

3.5.1 Часові характеристики оцінювання

В таблиці 3.2 наведені характеристики оцінювання числа порівнянь і числа перестановок алгоритму сортування **бульбашки** для масивів різної розмірності, коли масив містить упорядковану послідовність елементів.

Таблиця 3.2 – Характеристики оцінювання алгоритму сортування бульбашки для упорядкованої послідовності елементів у масиві

Розмірність масиву	Число порівнянь	Число перестановок
10	45	0
100	4950	0
1000	499500	0
5000	12497500	0
10000	49995000	0
20000	199990000	0
50000	1249975000	0

ГРЕБІНЕЦЬ

Розмірність масиву	Число порівнянь	Число перестановок
10	36	0
100	1229	0
1000	22022	0
5000	144832	0
10000	329598	0
20000	719136	0
50000	1997680	0

В таблиці 3.3 наведені характеристики оцінювання числа порівнянь і числа перестановок алгоритму сортування бульбашки для масивів різної розмірності, коли масиви містять зворотно упорядковану послідовність елементів.

Таблиця 3.3 – Характеристики оцінювання алгоритму сортування бульбашки для зворотно упорядкованої послідовності елементів у масиві.

Розмірність масиву	Число порівнянь	Число перестановок
10	45	45
100	4950	4950
1000	499500	499500
5000	12497500	12497500
10000	49995000	49995000
20000	199990000	199990000
50000	1249975000	1249975000

ГРЕБІНЕЦЬ

Розмірність масиву	Число порівнянь	Число перестановок
10	45	9
100	1328	110
1000	23021	1512
5000	149831	9154
10000	339597	19018
20000	739135	40730
50000	2047679	110332

У таблиці 3.4 наведені характеристики оцінювання числа порівнянь і числа перестановок алгоритму сортування бульбашки для масивів різної розмірності, масиви містять випадкову послідовність елементів.

Таблиця 3.4 – Характеристика оцінювання алгоритму сортування бульбашки для випадкової послідовності елементів у масиві.

Розмірність масиву	Число порівнянь	Число перестановок
10	45	22
100	4950	2495
1000	499500	242122
5000	12497500	6238250
10000	49995000	24722446
20000	199990000	99823429
50000	1249975000	622091815

ГРЕБІНЕЦЬ

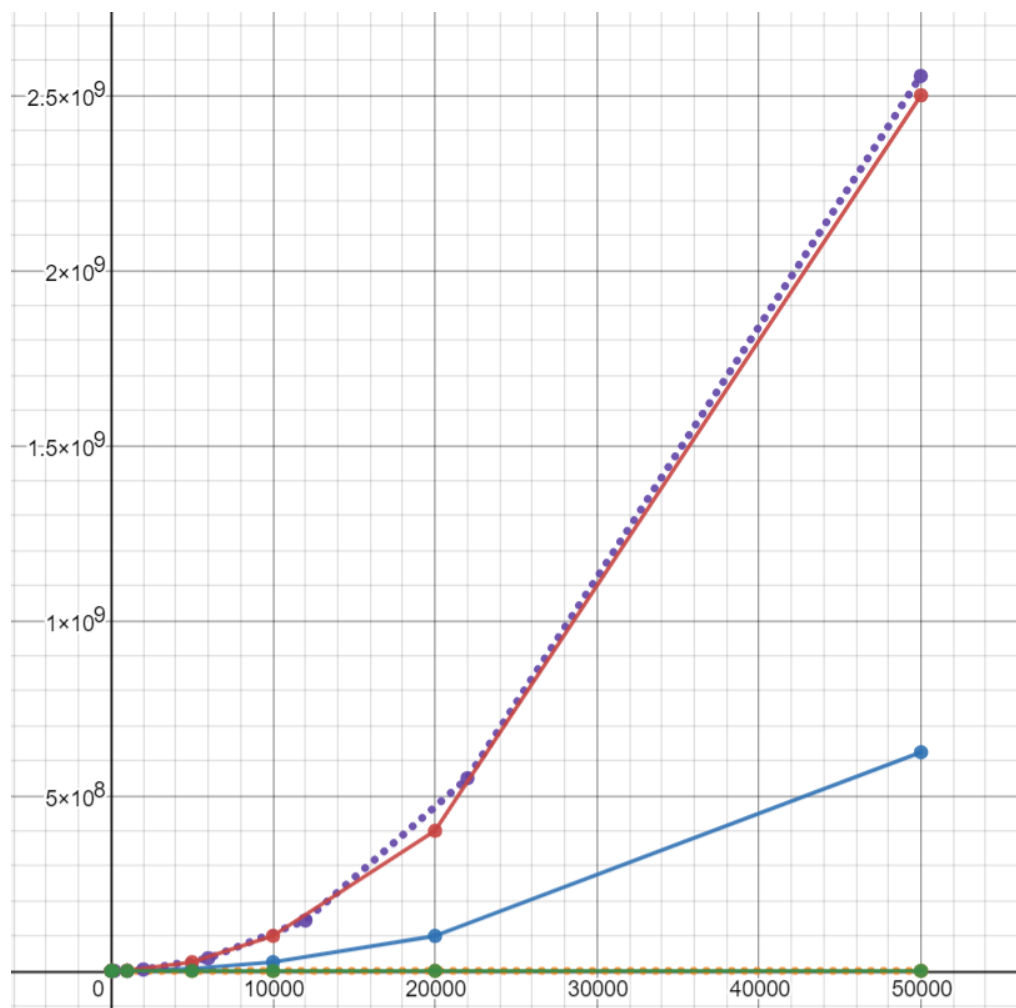
Розмірність масиву	Число порівнянь	Число перестановок
10	45	8
100	1328	239
1000	23021	4260
5000	159829	27003
10000	349596	56092
20000	759134	118326
50000	2097678	344835

3.5.2 Графіки залежності часових характеристик оцінювання від розмірності масиву

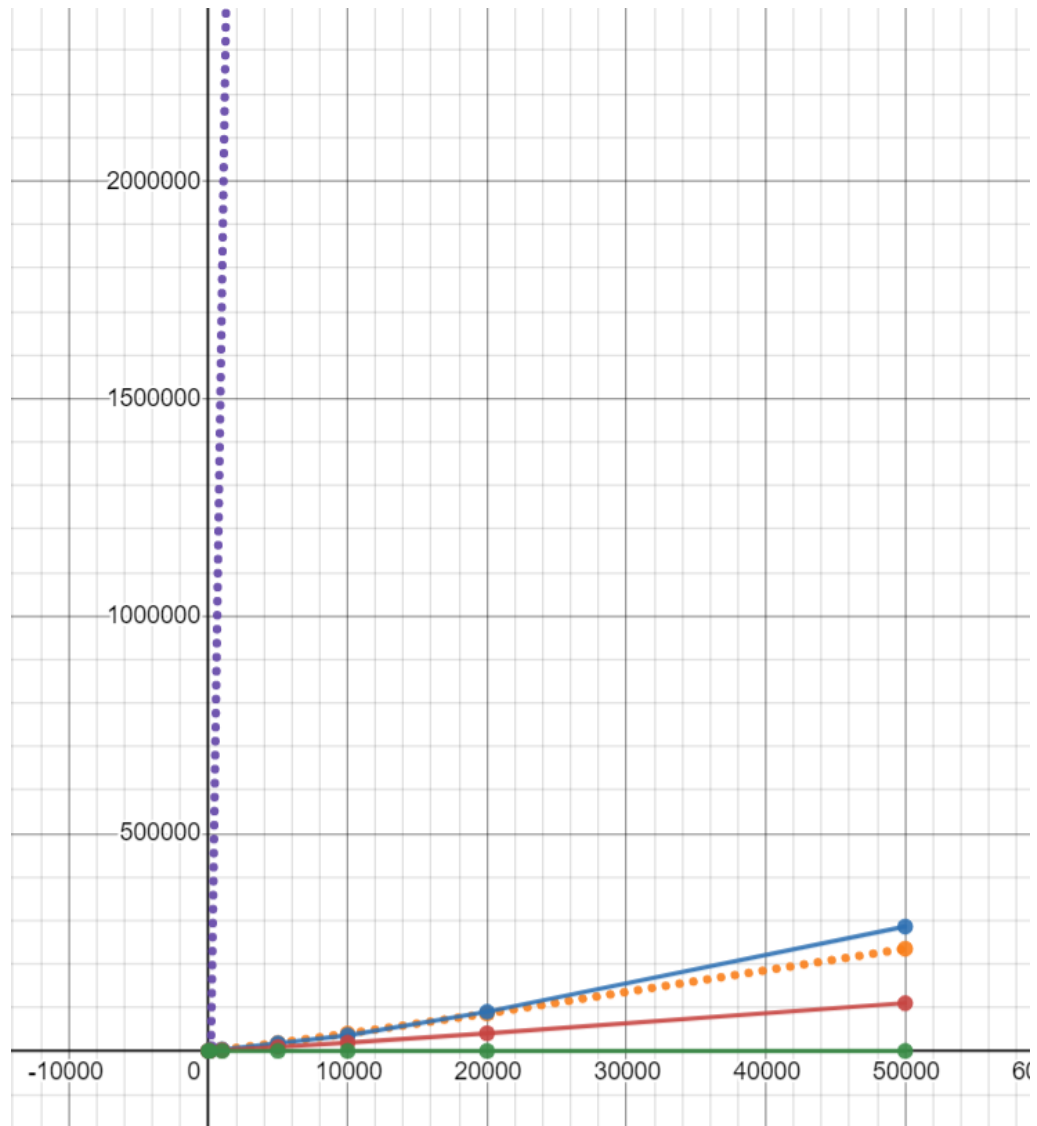
На рисунку 3.3 показані графіки залежності часових характеристик оцінювання від розмірності масиву для випадків, коли масиви містять упорядковану послідовність елементів (зелений графік), коли масиви містять зворотно упорядковану послідовність елементів (червоний графік), коли масиви містять випадкову послідовність елементів (синій графік), також показані асимптотичні оцінки гіршого (фіолетовий графік) і кращого (жовтий графік) випадків для порівняння.

Рисунок 3.3 – Графіки залежності часових характеристик оцінювання

- **Сортування бульбашкою**



- Сортування гребінцем



ВИСНОВОК

При виконанні даної лабораторної роботи я вивчив основні методи аналізу обчислювальної складності алгоритмів внутрішнього сортування і оцінив поріг їх ефективності. Заповнив таблицю порівнянь кількості перестановок та порівнянь для методів бульбашки та гребінця, подав відповідні графіки складності та залежності часу виконання та порівнянь від кількості елементів. При виконанні роботи довів, що сортування гребінцем, яке по суті своїй є модифікацією сортування бульбашкою, є більш ефективним з точки зору складності алгоритму та часу його виконання в незалежності від вхідних даних.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

У випадку здачі лабораторної роботи до 21.02.2022 включно максимальний бал дорівнює – 5. Після 21.02.2022 – 28.02.2022 максимальний бал дорівнює – 2,5. Після 28.02.2022 робота не приймається

Критерії оцінювання у відсотках від максимального балу:

- аналіз алгоритму на відповідність властивостям – 10%;
- псевдокод алгоритму – 15%;
- аналіз часової складності – 25%;
- програмна реалізація алгоритму – 25%;
- тестування алгоритму – 20%;
- висновок – 5%.