

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

КРЕНЕВИЧ А.П.

**Методичні вказівки  
до лабораторних занять із дисципліни  
«Алгоритми і структури даних»**

для студентів механіко-математичного факультету

Київ – 2018

УДК 519.942+550

Рецензенти:  
доктор фіз.-мат. наук, професор  
доктор фіз.-мат. наук,

*Рекомендовано до друку вченою радою механіко-математичного  
факультету  
(протокол № \_\_ від \_\_ \_\_\_\_\_ 201\_\_ року)*

**Крєневич А.П.**

Методичні вказівки до лабораторних занять із дисципліни «Алгоритми і структури даних» для студентів механіко-математичного факультету – К.: ВПЦ "Київський Університет", 2018. – \_\_ с.

Посібник містить перелік завдань для самостійної роботи з дисципліни «Алгоритми і структури даних», що викладається студентам механіко-математичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Він містить завдання для засвоєння основних понять цього курсу, таких як рекурентні співвідношення, рекурсія, аналіз складності алгоритмів, лінійні рекурсивні структури даних, графи, дерева, динамічне програмування тощо.

Для студентів механіко-математичного факультету та викладачів, які проводять заняття з курсу «Алгоритми і структури даних».

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП .....</b>	<b>4</b>
<b>ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ .....</b>	<b>5</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1. РЕКУРЕНТНІ СПІВВІДНОШЕННЯ ТА РЕКУРСІЯ.....</b>	<b>7</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2. СКЛАДНІСТЬ АЛГОРИТМІВ .....</b>	<b>9</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3. ЛІНІЙНИЙ ТА БІНАРНИЙ ПОШУК. РОЗВ’ЯЗАННЯ РІВНЯНЬ МЕТОДОМ БІЄКЦІЇ.....</b>	<b>11</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4. ХЕШУВАННЯ ТА ХЕШ-ТАБЛИЦІ.....</b>	<b>14</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5. СОРТУВАННЯ.....</b>	<b>16</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6. РЕКУРСІЯ, ПОВНИЙ ПЕРЕБІР, МЕТОД «РОЗДІЛЯЙ І ВОЛОДАРЮЙ».....</b>	<b>18</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7. СТЕК ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ.....</b>	<b>20</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 8. ЧЕРГИ ТА ЗВ’ЯЗНІ СПИСКИ. ЇХНЕ ЗАСТОСУВАННЯ</b>	<b>23</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 9. ДЕРЕВА. АЛГОРИТМИ НА ДЕРЕВАХ.....</b>	<b>24</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 10. БІНАРНІ ДЕРЕВА. БІНАРНІ ДЕРЕВА ПОШУКУ.....</b>	<b>26</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 11. БІНАРНА КУПА ТА ДЕРЕВО ВІДРІЗКІВ.....</b>	<b>28</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 12. АЛГОРИТМИ НА НЕ ЗВАЖЕНИХ ГРАФАХ.....</b>	<b>30</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 13. ЗВ’ЯЗНІСТЬ ТА СИЛЬНА ЗВ’ЯЗНІСТЬ ГРАФІВ .....</b>	<b>32</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 14. АЛГОРИТМИ НА ЗВАЖЕНИХ ГРАФАХ.....</b>	<b>34</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ТА ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>36</b>

## **ВСТУП**

## **ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

1. Основна ціль лабораторної роботи довести викладачу, що студент засвоїв матеріал на достатньому рівні.
2. Кожна лабораторна роботи містить
  - a. перелік контрольних запитань, що стосуються теоретичного матеріалу;
  - b. варіанти індивідуальних/групових завдань лабораторних робіт для практичного виконання;
  - c. посилання на допоміжну літературу для закріплення теоретичного матеріалу і стане в нагоді під час виконання практичних завдань.
3. На вибір студентів надано перелік практичних завдань по кожній темі, серед яких вони мають можливість самостійно вибрати бажаний варіант. Обраний номер завдання студенти записують у спеціальний хмарний документ, наданий викладачем, ціль якого рівномірно розподілити завдання між студентами групи. Кілька студентів однієї групи, що можуть обрати один варіант не може перевищувати 2, у випадку самостійної роботи, та 3-х, у випадку роботи у команді.
4. Кожна лабораторна робота оформлюється у паперовому та електронному вигляді.
5. Паперове оформлення здійснюється за допомогою текстового процесору Word (чи аналогічного) або редактора презентацій PowerPoint (чи аналогічного) та має містити такі частини:
  - a. Титульний аркуш, що містить назву навчальної дисципліни, номер лабораторної роботи, номер варіанту, ПІБ студента (студентів, якщо спільна лабораторна робота), що виконав роботу, спеціальність, курс, номер групи.
  - b. Умову задачі. Якщо задача береться з електронних джерел, то вказати посилання на задачу. Умова задачі має містити приклади вхідних та вихідних даних.
  - c. Аналіз задачі та опис алгоритму, яким пропонується розв'язувати задачу.
  - d. Приклад роботи алгоритму на модельному прикладі (взятому з умови задачі або придуманому самостійно).
  - e. Програмну реалізацію (основні моменти).
  - f. Висновки: якщо робота програми перевірялася за допомогою електронних систем, то обов'язково вказати

посилання на систему перевірки разом з задачею (наприклад, <https://www.e-olymp.com/uk/problems/3966>), логін (логіни) виконавців лабораторної роботи та результат перевірки (наприклад, 100%). Якщо результат не 100%, то обов'язково зазначити у чому проблема (не пройшов, по часу, помилки виконання, тощо).

6. Електронна частина, складається з
  - a. Файлу (файлів), з яких друкується паперовий примірник лабораторної роботи.
  - b. Файлів вихідного коду програми, що розв'язує поставлену задачу.
  - c. Файлів вхідних даних (за необхідності) – текстові файли, що містять вхідні дані задачі. Вони мають бути названі згідно з правилом – «input.txt» (якщо один файл) та «input01.txt», «input02.txt» і т.д. – якщо кілька файлів вхідних даних.
7. Електронний варіант надсилається на електронну адресу викладача, що викладає практичні заняття не пізніше ніж напередодні лабораторного заняття, на якому студент має її захищати.
8. Захист лабораторної роботи здійснюється студентом (студентами) одним з двох способів:
  - a. Індивідуальна співбесіда з викладачем, протягом якої викладач ставить запитання по теоретичному матеріалу теми лабораторної роботи (з переліку контрольних запитань), вислуховує ідею алгоритму, що розв'язує поставлену задачу, знайомиться з деталями реалізації алгоритму та перевіряє коректність розв'язку.
  - b. Презентація розв'язаної задачі з усіма деталями реалізації для всіх студентів навчальної групи. У цьому випадку роздрукований варіант не вимагається.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1. Рекурентні співвідношення та рекурсія.**

### **Контрольні запитання**

1.1.

### **Варіанти індивідуальних завдань**

1.1.

### **Допоміжна література по темі**

1.1.





## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2. Складність алгоритмів**

### **Контрольні запитання**

2.1.

### **Варіанти індивідуальних завдань**

2.1.

### **Допоміжна література по темі**

2.1. [http://nord.org.ua/static/course/algo\\_2011/lecture2.pdf](http://nord.org.ua/static/course/algo_2011/lecture2.pdf)



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3. Лінійний та бінарний пошук. Розв'язання рівнянь методом бісекції.

### Контрольні запитання

- 3.1. Які задачі допомагає розв'язати лінійний пошук? Наведіть алгоритм лінійного пошуку та його складність (у найгіршому випадку).
- 3.2. У чому полягає цілочисельний бінарний пошук? Для яких структур даних він може бути реалізований? Яка складність бінарного пошуку? Яка перевага бінарного пошуку у порівнянні з лінійним пошуком? Наведіть алгоритм бінарного пошуку.
- 3.3. Для чого використовується дійсний бінарний пошук? Наведіть приклад задачі. Чи є відмінність у реалізації дійсного бінарного пошуку від цілочисельного? Які основні підходи застосовуються для моменту завершення пошуку? У чому їхні переваги та недоліки у порівнянні один з одним? Наведіть алгоритм дійсного бінарного пошуку.

### Завдання для аудиторної роботи

3.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/622">https://www.e-olymp.com/uk/problems/622</a>
3.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/27">https://www.e-olymp.com/ru/problems/27</a>

### Варіанти індивідуальних завдань

**Зауваження.** Варіанти 3.7 – 3.15 можуть виконуватися у командах. Ці варіанти мають захищатися у вигляді презентацій для студентів своєї групи.

	Індивідуальні завдання
3.1.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=224">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=224</a> 2) <a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3966">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3966</a>
3.2.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=225">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=225</a> 2) <a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3968">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3968</a>
3.3.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=227">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=227</a> 2) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view.php?id=3516">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view.php?id=3516</a>

3.4.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=228">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=228</a> 2) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=3516&amp;chapterid=3571">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=3516&amp;chapterid=3571</a>
3.5.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1409">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1409</a> 2) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=3516&amp;chapterid=111403">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=3516&amp;chapterid=111403</a>
3.6.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1412">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1412</a> 2) Знайдіть найменше $x \in [0,10]$ , що $f(x) = x^3 + x + 1 > 5$
	<b>Командні завдання</b>
3.7.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1427">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1427</a> 2) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=1966&amp;chapterid=1620">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=1966&amp;chapterid=1620</a>
3.8.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1440">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1440</a> 2) <a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/5149">https://www.e-olymp.com/uk/problems/5149</a>
3.9.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1447">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=1447</a> 2) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=1966&amp;chapterid=414">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=1966&amp;chapterid=414</a>
3.10.	1) <a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=226">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=270&amp;chapterid=226</a> 2) <a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/669">https://www.e-olymp.com/uk/problems/669</a>
3.11.	1) 2) <a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/161">https://www.e-olymp.com/ru/problems/161</a>
3.12.	1) 2) <a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/3969">https://www.e-olymp.com/ru/problems/3969</a>
3.13.	1) 2) <a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/3970">https://www.e-olymp.com/ru/problems/3970</a>
3.14.	1) 2) <a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/2254">https://www.e-olymp.com/ru/problems/2254</a>
3.15.	1) 2) <a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/3967">https://www.e-olymp.com/ru/problems/3967</a>

**Допоміжна література по темі**

- 3.1. А.П.Крєневич «Алгоритми і структури даних», §3.1  
<https://1drv.ms/b/s!AkQ93-IlgoCHgpsqQvGRPDultn6aiw>
- 3.2. <https://informatics.msk.ru/file.php/3/binary-search.pdf> - тут описано приклади алгоритмів для розділу «Бінарний пошук по відповіді».

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4. Хешування та хеш-таблиці.

### Контрольні запитання

4.1.

### Варіанти індивідуальних завдань

4.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4842">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4842</a>
4.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1227">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1227</a>
4.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/7273">https://www.e-olymp.com/uk/problems/7273</a>
4.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/131">https://www.e-olymp.com/uk/problems/131</a>
4.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2035">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2035</a>
4.6.	<p>Розв'яжіть задачу</p> <p><a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=601&amp;chapterid=745">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=601&amp;chapterid=745</a></p> <p>використовуючи метод лінійного зондування для розв'язання колізій</p>
4.7.	<p>Розв'яжіть задачу</p> <p><a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=601&amp;chapterid=745">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=601&amp;chapterid=745</a></p> <p>використовуючи метод ланцюжків для розв'язання колізій</p>
4.8.	
4.9.	<p><b>Відгадай мелодію.</b> База даних телепередачі «Відгадай мелодію» налічує близько 10000 різних мелодій.</p> <p>Кожна мелодія складається зі звуків, кожен з яких записується цілими числами в межах від -128 до 128. Кількість звуків в мелодії не менше 8 і не більше 200. Наприклад,</p> <p>111 -14 123 -14 33 -12 -121 123 -87 66 89 -23 127</p> <p>Меломан Володька Пельшчук знає багато мелодій, проте йому вже інколи складно по кількох нотах вгадати мелодію.</p> <p>Потрібно написати програму, що допоможе виграти Володьці Пельшчуку у цю гру.</p> <p><b>Вхідні дані:</b></p> <p>Перший рядок містить число N – кількість мелодій у базі даних.</p> <p>Наступні N рядків містять послідовності чисел з діапазону (-128, 127), що відповідають звуками мелодії.</p> <p>Наступний рядок містить число M – кількість фрагментів мелодій</p> <p>Далі, кожен наступний з M рядків містить фрагмент мелодії з 8 звуків.</p>

	<p><b>Вихідні дані:</b> Список номерів мелодій (починаючи з 0 у порядку введення), фрагменти яких задано вище.</p> <p>Приклад.</p> <p><b>Вхідні дані:</b></p> <p>2</p> <p>111 -14 123 -14 33 -12 -121 123 -87 66 89 -23 127</p> <p>111 -14 23 -124 -13 112 -121 -123 87 -66 -89 -23 127 23 66 21</p> <p>1</p> <p>-124 -13 112 -121 -123 87 -66 -89</p> <p><b>Вихідні дані:</b></p> <p>1</p> <p><b>Зауваження.</b> Файл вхідних даних згенеруйте випадковим чином. Фрагменти мелодій виберіть як послідовні 8 чисел випадкових мелодій зі згенерованого файлу.</p>
4.10.	<a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/3037">https://www.e-olymp.com/ru/problems/3037</a>
4.11.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1225">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1225</a>

### Допоміжна література по темі

- 4.1. А.П.Крєневич «Алгоритми і структури даних», §3.1  
<https://1drv.ms/b/s!AkQ93-IlgoCHgpsqQvGRPDultn6aiw>
- 4.2. <http://aliev.me/runestone/SortSearch/Hashing.html>
- 4.3. [https://csc.sibsutis.ru/sites/default/files/courses/pavu/S2\\_Lab3.pdf](https://csc.sibsutis.ru/sites/default/files/courses/pavu/S2_Lab3.pdf)
- 4.4. [https://bitsofmind.wordpress.com/2008/07/28/introduction\\_in\\_hash\\_tables/](https://bitsofmind.wordpress.com/2008/07/28/introduction_in_hash_tables/)

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5. Сортування.

### Контрольні запитання

5.1.

### Завдання для аудиторної роботи

5.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2321">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2321</a>
5.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2663">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2663</a>
5.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/5089">https://www.e-olymp.com/uk/problems/5089</a>
5.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2664">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2664</a>

### Варіанти індивідуальних завдань

5.1.	<a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=1121&amp;chapterid=767">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=1121&amp;chapterid=767</a>
5.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1303">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1303</a>
5.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/972">https://www.e-olymp.com/uk/problems/972</a>
5.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4037">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4037</a>
5.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1130">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1130</a>
5.6.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1344">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1344</a>
5.7.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1457">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1457</a>
5.8.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1462">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1462</a>
5.9.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2662">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2662</a>
5.10.	<a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/4230">https://www.e-olymp.com/ru/problems/4230</a>
5.11.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1303">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1303</a>
5.12.	<a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/3607">https://www.e-olymp.com/ru/problems/3607</a>

### Допоміжна література по темі

5.1. А.П.Крєневич «Алгоритми і структури даних», §3.2  
<https://1drv.ms/b/s!AkQ93-IlgoCHgpsqQvGRPDultn6aiw>

5.2. <http://aliev.me/runestone/SortSearch/TheBubbleSort.html>

Бульбашкове сортування:

<http://aliev.me/runestone/SortSearch/TheBubbleSort.html>



<https://www.youtube.com/watch?v=lyZQPjUT5B4>

Сортування вибором

<http://aliev.me/runestone/SortSearch/TheSelectionSort.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=Ns4TPTC8whw&t=223s>

Сортування вставкою

<http://aliev.me/runestone/SortSearch/TheInsertionSort.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=ROaIU379I3U&list=RDlyZQPjUT5B4&index=2>

Сортування злиттям

[https://www.youtube.com/watch?v=XaqR3G\\_NVoo&index=3&list=RDlyZQPjUT5B4](https://www.youtube.com/watch?v=XaqR3G_NVoo&index=3&list=RDlyZQPjUT5B4)

4

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6. Рекурсія, повний перебір, Метод «розділяй і володарюй».

### Контрольні запитання

6.1.

### Завдання для аудиторної роботи

6.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/364">https://www.e-olymp.com/uk/problems/364</a>
6.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1296">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1296</a>
6.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1540">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1540</a>
6.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1592">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1592</a>
6.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1781">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1781</a>

### Варіанти індивідуальних завдань

6.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/224">https://www.e-olymp.com/uk/problems/224</a>
6.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/317">https://www.e-olymp.com/uk/problems/317</a> – Множення Карацуби
6.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1266">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1266</a>
6.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1524">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1524</a>
6.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2000">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2000</a>
6.6.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2633">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2633</a>
6.7.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2764">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2764</a>
6.8.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3606">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3606</a>
6.9.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4746">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4746</a>
6.10.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/7031">https://www.e-olymp.com/uk/problems/7031</a>
6.11.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/7227">https://www.e-olymp.com/uk/problems/7227</a>
6.12.	<a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/6">https://www.e-olymp.com/ru/problems/6</a>

### Допоміжна література по темі

- 6.1. А.П.Крєневич «Алгоритми і структури даних», §4  
<https://1drv.ms/b/s!AkQ93-IlgoCHgpsqQvGRPDultn6aiw>
- 6.2. <https://logic.pdmi.ras.ru/~kulikov/simplealgs/course/lecture2-handout.pdf>
- 6.3. [http://nord.org.ua/static/course/algo\\_2011/lecture3.pdf](http://nord.org.ua/static/course/algo_2011/lecture3.pdf)

- .....
- 6.4. <http://csaa.ru/algoritmy-razdeljaj-i-vlastvui/>
- 6.5. [http://www.kalinin.ru/programming/alg/11\\_11\\_00.shtml](http://www.kalinin.ru/programming/alg/11_11_00.shtml)
- 6.6. [https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/201612#.D0.A1.D0.B2.D1.8F.D0.B7.D1.8C\\_.D1.81\\_.D0.BA.D0.BE.D0.BD.D1.86.D0.B5.D0.BF.D1.86.D0.B8.D0.B5.D0.B9\\_.C2.AB.D1.80.D0.B0.D0.B7.D0.B4.D0.B5.D0.BB.D1.8F.D0.B9\\_.D0.B8\\_.D0.B2.D0.BB.D0.B0.D1.81.D1.82.D0.B2.D1.83.D0.B9.C2.BB](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/201612#.D0.A1.D0.B2.D1.8F.D0.B7.D1.8C_.D1.81_.D0.BA.D0.BE.D0.BD.D1.86.D0.B5.D0.BF.D1.86.D0.B8.D0.B5.D0.B9_.C2.AB.D1.80.D0.B0.D0.B7.D0.B4.D0.B5.D0.BB.D1.8F.D0.B9_.D0.B8_.D0.B2.D0.BB.D0.B0.D1.81.D1.82.D0.B2.D1.83.D0.B9.C2.BB)
- 6.7. [http://math.nsc.ru/LBRT/k4/or/or\\_part4.pdf](http://math.nsc.ru/LBRT/k4/or/or_part4.pdf)
- 6.8. <https://www.matburo.ru/Examples/Files/Nazn3.pdf>
- 6.9. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0\\_%D0%BF%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F\\_%D1%80%D1%8E%D0%BA%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4\\_%D0%B3%D1%96%D0%BB%D0%BE%D0%BA\\_%D1%96\\_%D0%BC%D0%B5%D0%B6](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0_%D0%BF%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%80%D1%8E%D0%BA%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%B3%D1%96%D0%BB%D0%BE%D0%BA_%D1%96_%D0%BC%D0%B5%D0%B6)
- 6.10. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%83%D0%B1%D1%8B](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%83%D0%B1%D1%8B) –Множення великих чисел

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7. Стек та його застосування.

### Контрольні запитання

7.1.

### Завдання для аудиторної роботи

7.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1994">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1994</a>
7.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4259">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4259</a>
7.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2479">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2479</a>
7.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/7433">https://www.e-olymp.com/uk/problems/7433</a>
7.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/855">https://www.e-olymp.com/uk/problems/855</a>
7.6.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/731">https://www.e-olymp.com/uk/problems/731</a>
7.7.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/5322">https://www.e-olymp.com/uk/problems/5322</a>
7.8.	

### Варіанти індивідуальних завдань

7.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1376">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1376</a>
7.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/5205">https://www.e-olymp.com/uk/problems/5205</a>
7.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3013">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3013</a>
7.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4438">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4438</a>
7.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1801">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1801</a>
7.6.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2039">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2039</a>
7.7.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/5539">https://www.e-olymp.com/uk/problems/5539</a>
7.8.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2702">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2702</a>
7.9.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1008">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1008</a>
7.10.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1377">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1377</a>
7.11.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1394">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1394</a>
7.12.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1073">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1073</a>
7.13.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1515">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1515</a>
7.14.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1549">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1549</a>
7.15.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3837">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3837</a>
	<a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/1776">https://www.e-olymp.com/ru/problems/1776</a>

**Допоміжна література по темі**

7.1.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 8. Черги та зв'язні списки. Їхнє застосування

### Контрольні запитання

8.1.

### Завдання для аудиторної роботи

8.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/971">https://www.e-olymp.com/uk/problems/971</a>
8.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/6125">https://www.e-olymp.com/uk/problems/6125</a>
8.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/6126">https://www.e-olymp.com/uk/problems/6126</a>
8.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/6127">https://www.e-olymp.com/uk/problems/6127</a>
8.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/6128">https://www.e-olymp.com/uk/problems/6128</a>
8.6.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/6129">https://www.e-olymp.com/uk/problems/6129</a>
8.7.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/6130">https://www.e-olymp.com/uk/problems/6130</a>
8.8.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4847">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4847</a>

### Варіанти індивідуальних завдань

8.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3615">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3615</a>
8.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1549">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1549</a>
8.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1515">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1515</a>
8.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2510">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2510</a>
8.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3809">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3809</a>
8.6.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4847">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4847</a>
8.7.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/694">https://www.e-olymp.com/uk/problems/694</a>
8.8.	<a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/1228">https://www.e-olymp.com/ru/problems/1228</a>
8.9.	<a href="https://www.e-olymp.com/ru/problems/4005">https://www.e-olymp.com/ru/problems/4005</a>
8.10.	<a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view.php?id=206">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view.php?id=206</a>
8.11.	<a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=206&amp;chapterid=112984">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=206&amp;chapterid=112984</a>
8.12.	<a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=206&amp;chapterid=53">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=206&amp;chapterid=53</a>
8.13.	<a href="https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=601&amp;chapterid=746">https://informatics.msk.ru/mod/statements/view3.php?id=601&amp;chapterid=746</a>

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 9. Дерева. Алгоритми на деревах.

### Контрольні запитання

9.1.

### Завдання для аудиторної роботи

9.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2317">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2317</a>
9.2.	

### Варіанти індивідуальних завдань

9.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2925">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2925</a>
9.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4325">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4325</a>
9.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4173">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4173</a>
9.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/5067">https://www.e-olymp.com/uk/problems/5067</a>
9.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2242">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2242</a>
9.6.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2923">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2923</a>
9.7.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3710">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3710</a>
9.8.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3983">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3983</a>
9.9.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3299">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3299</a>

### Допоміжна література по темі

9.1.





## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 10. Бінарні дерева. Бінарні дерева пошуку.

### Контрольні запитання

10.1.

### Завдання для аудиторної роботи

10.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2312">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2312</a>
10.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2316">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2316</a>
10.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1513">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1513</a>
10.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/7466">https://www.e-olymp.com/uk/problems/7466</a>
10.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2314">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2314</a>

### Варіанти індивідуальних завдань

10.1.	Дерево синтаксичного розбору – <a href="http://aliev.me/runestone/Trees/ParseTree.html">http://aliev.me/runestone/Trees/ParseTree.html</a>
10.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1846">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1846</a>
10.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/1516">https://www.e-olymp.com/uk/problems/1516</a>
10.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/468">https://www.e-olymp.com/uk/problems/468</a>
10.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2950">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2950</a>
10.6.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3326">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3326</a>

### Допоміжна література по темі

10.1.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 11. Бінарна купа та дерево відрізків.

### Контрольні запитання

11.1.

### Завдання для аудиторної роботи

11.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4481">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4481</a>
11.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4482">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4482</a>
11.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/2919">https://www.e-olymp.com/uk/problems/2919</a>
11.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3737">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3737</a>
11.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4039">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4039</a>

### Варіанти індивідуальних завдань

11.1.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/5952">https://www.e-olymp.com/uk/problems/5952</a>
11.2.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/695">https://www.e-olymp.com/uk/problems/695</a>
11.3.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4496">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4496</a>
11.4.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3318">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3318</a>
11.5.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3329">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3329</a>
11.6.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/402">https://www.e-olymp.com/uk/problems/402</a>
11.7.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4487">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4487</a>
11.8.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4488">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4488</a>
11.9.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4491">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4491</a>
11.10.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4492">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4492</a>
11.11.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/4082">https://www.e-olymp.com/uk/problems/4082</a>
11.12.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/3358">https://www.e-olymp.com/uk/problems/3358</a>
11.13.	<a href="https://www.e-olymp.com/uk/problems/5274">https://www.e-olymp.com/uk/problems/5274</a>



## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 12. Алгоритми на не зважених графах.**

### **Контрольні запитання**

12.1.

### **Варіанти індивідуальних завдань**

12.1.

### **Допоміжна література по темі**

12.1.



## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 13. Зв'язність та сильна зв'язність графів**

### **Контрольні запитання**

13.1.

### **Варіанти індивідуальних завдань**

13.1.





## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 14. Алгоритми на зважених графах.**

### **Контрольні запитання**

14.1.

### **Варіанти індивідуальних завдань**

14.1.

### **Допоміжна література по темі**

14.1.



## **Список літератури та додаткових джерел**

1.

