



Міжнародний гуманітарний університет
Факультет кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук
Кафедра інформаційних технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

АЛГОРИТМИ ТА СТРУКТУРИ ДАНИХ

Галузь знань	А Освіта
Спеціальність	А4.09 Середня освіта (Інформатика)
Назва освітньої програми	Інформатика та програмування
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)

Розробники і викладачі	Контактний телефон	Електронна адреса
професор кафедри інформаційних технологій, д.т.н., професор Мірошник Марина Анатоліївна	+380990633145	m.miroshnyk@karazin.ua

1. АНОТАЦІЯ ДО КУРСУ

Підготовка бакалавра з середньої освіти потребує глибокого розуміння принципів побудови алгоритмів і організації даних, що є фундаментом шкільного курсу інформатики та основ програмування. Якість викладання дисциплін технологічного циклу, формування цифрової компетентності учнів та розвиток їхнього логічного мислення визначаються не лише знанням вчителем синтаксису мов програмування, а й глибиною розуміння алгоритмічних підходів та структур даних. Саме ці компоненти дозволяють майбутньому педагогу доступно пояснювати принципи оптимізації коду, коректність обробки інформації та передбачуваність роботи програм у різних сценаріях. Дисципліна «Алгоритми та структури даних» формує предметну компетентність та методичну основу для свідомого проектування навчального процесу, поєднуючи формальний аналіз складності з педагогічно доцільними методами подання матеріалу. Застосування формальних методів аналізу забезпечує наукову обґрунтованість змісту навчання та готовність вчителя до викладання сучасних технологій.

МЕТА ДИСЦИПЛІНИ. Метою викладання навчальної дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти стійкої предметної компетентності для викладання основ алгоритмізації та програмування у закладах загальної середньої освіти. Дисципліна спрямована на розвиток здатності аналізувати алгоритми, обґрунтовано обирати структури даних відповідно до навчальних задач, а також навичок адаптації складних технічних концепцій для сприйняття учнями. Передбачається формування алгоритмічного та методичного мислення, умінь застосовувати рекурсивні та ітераційні підходи у навчальних прикладах, пояснювати принципи роботи лінійних та нелінійних структур даних, методикою викладання алгоритмів пошуку, сортування та обробки графів. Опанування дисципліни забезпечує підґрунтя для професійної педагогічної діяльності, сприяє розвитку обчислювального мислення у школярів та свідомому застосуванню сучасних освітніх технологій у галузі інформатики.

ПРЕРЕКВІЗИТИ. Дисципліна базується на результатах вивчення навчальної компоненти «Алгоритмізація та програмування». Необхідною є здатність реалізовувати лінійні, розгалужені та циклічні алгоритми мовою програмування, працювати з масивами та функціями, використовувати базові конструкції керування та виконувати елементарний аналіз ефективності алгоритмів.

ПОСТРЕКВІЗИТИ. Знання та вміння, отримані під час вивчення дисципліни, є основою для подальшого опанування навчальних компонент: «Об'єктно-орієнтоване програмування мовою Java», «Організація баз даних та знань», «Веб-технології та веб-дизайн», «Програмування мікроконтролерів та робототехніка в закладах освіти».

2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ, ТА ДОСЯГНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

У процесі реалізації програми дисципліни формуються наступні компетентності та результати навчання із передбачених освітньою програмою:

Інтегральна компетентність

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі у галузі освіти, інформатики та інформаційних технологій, що передбачає застосування певних теорій і методів педагогічних та комп'ютерних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення, генерувати нові ідеї, виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Фахові компетентності (ФК)

ФК9. Володіння знаннями про інформаційні моделі даних, здатність створювати програмне забезпечення для зберігання, видобування та опрацювання даних.

ФК10. Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формального опису) його структури, поведінки та процесів функціонування, розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.

ФК16. Здатність застосовувати наукові методи пізнання в освітньому процесі.

Фахові програмні результати навчання (РН)

РН10. Використовувати інформаційно-комунікаційні технології в освітньому процесі та для професійного розвитку, створювати й використовувати цифрові освітні ресурси, застосовувати навчально-методичний інструментарій, обладнання навчального й загального призначення для кабінетів (за предметними спеціальностями), мультимедійне обладнання в освітньому процесі.

Предметні програмні результати навчання (ПРН)

ПРН2. Створювати цифрові продукти, зокрема програми, для розв'язання задач/проблем за допомогою цифрових пристроїв.

ПРН4. Будувати інформаційну модель, реалізовувати її засобами цифрових технологій; проводити комп'ютерний експеримент, інтерпретувати, аналізувати та узагальнювати його результати.

ПРН5. Розв'язувати задачі з інформатики різного рівня складності раціональними методами.

ПРН7. Застосовувати методи розроблення алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.

Заплановані результати навчання за навчальною дисципліною

Знання:

- основні поняття теорії алгоритмів і структур даних, їх класифікацію та взаємозв'язок;
- принципи побудови та аналізу алгоритмів, поняття часової і просторової складності;
- асимптотичні нотації O , Ω , Θ та їх застосування для оцінювання ефективності;
- методи розробки алгоритмів, зокрема рекурсивний підхід і розділяй і володарюй;
- принципи організації лінійних і нелінійних структур даних;
- вплив алгоритмічних рішень на продуктивність і ресурсну ефективність програмних систем;
- особливості реалізації та аналізу алгоритмів пошуку і сортування;
- основи побудови та застосування дерев, хеш-таблиць і графів.

Уміння:

- формалізувати прикладну задачу, визначати вихідні дані для проектування та обґрунтовано обирати структури даних і алгоритмічний підхід до її розв'язування;
- виконувати оцінювання часової та просторової складності алгоритмів;
- реалізовувати лінійні та нелінійні структури даних засобами мови програмування;
- застосовувати алгоритми пошуку і сортування з урахуванням умов задачі;

- використовувати рекурсію та ітерацію під час розробки програмних рішень;
- аналізувати ефективність різних структур даних у контексті конкретної задачі;
- застосовувати базові алгоритми обробки графів для розв’язування прикладних задач;
- виконувати формальний опис алгоритмів і структур даних із використанням відповідної термінології та моделей подання;

Навички:

- алгоритмічного та логічного мислення під час проєктування програмних рішень;
- формального аналізу ефективності програмного коду;
- вибору оптимальної структури даних залежно від вимог до продуктивності;
- оптимізації алгоритмів з урахуванням обмежень часу та пам’яті;
- проєктування та реалізації програмних модулів для структур даних з урахуванням вимог до продуктивності;
- підготовки програмних реалізацій до подальшого масштабування та інтеграції в складні програмні системи.

3. ОБСЯГ ТА ОЗНАКИ КУРСУ

Загалом		Вид заняття (денна форма/заочна форма)				Ознаки курсу		
Кредитів ЄКТС	Годин	Лекційні заняття	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Самостійна робота	Курс, (рік навчання)	Семестр	Обов’язкова / вибіркова
4	120	26/8	26/8	0/0	68/104	1	2	Обов’язкова

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Заг.	у тому числі				Заг.	у тому числі			
		Лекц.	Практ.	Лаб.	Сам. роб.		Лекц.	Практ.	Лаб.	Сам. роб.
Тема 1. Вступ до алгоритмів, структур даних та аналізу складності	24	6	6		12	24	2	2		20
Тема 2. Лінійні структури даних	24	6	6		12	24	2	2		20
Тема 3. Алгоритми пошуку та сортування	24	6	6		12	24	2	2		20

Тема 4. Нелінійні структури даних	24	4	4		16	24	2	0		22
Тема 5. Графи та алгоритми на графах	24	4	4		16	24	0	2		22
Загалом	120	26	26		68	120	8	8		104
Підсумковий контроль – ЕКЗАМЕН										

5. ТЕХНІЧНЕ Й ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ / ОБЛАДНАННЯ

Здобувачі отримують теми та питання курсу, основну і додаткову літературу, рекомендації, завдання та оцінки за їх виконання як традиційним шляхом, так і з використанням платформ онлайн навчання на основі інформаційних систем Moodle або Google Classroom. Практичні навички у пошуку та аналізу інформації за курсом, з оформлення індивідуальних завдань, тощо, здобувачі можуть отримувати як за допомогою власного обладнання, так і користуючись університетськими комп'ютерними класами та бібліотекою.

Для виконання практичних робіт з дисципліни використовується безоплатне програмне забезпечення: середовище розробки Visual Studio Code з компілятором GCC/G++ (для реалізації алгоритмів мовами C/C++) або з інтерпретатором Python (для реалізації алгоритмів мовою Python). Зазначені інструменти забезпечують розробку, налагодження та аналіз програмних реалізацій алгоритмів і структур даних. За потреби можуть використовуватися онлайн-середовища програмування для компіляції та тестування програм без встановлення локального програмного забезпечення.

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи здобувачів відносяться наступні види діяльності:

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Підготовка до практичних занять.
3. Консультації з викладачем впродовж семестру.
4. Ознайомлення з додатковою літературою відповідно до зазначених у програмі тем.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка індивідуальних завдань у вигляді презентацій або рефератів.
7. Підготовка до підсумкового контролю.

Назва теми	Кількість годин	
	Денна форма	Заочна форма
Тема 1. Вступ до алгоритмів, структур даних та аналізу складності 1. Поняття алгоритму та його основні властивості. 2. Класифікація алгоритмів за способом побудови та характером виконання. 3. Поняття часової та просторової складності алгоритму. 4. Асимптотичні нотації O , Ω , Θ та їх інтерпретація. 5. Порівняння рекурсивного та ітераційного підходів до розв'язування задач.	12	20
Тема 2. Лінійні структури даних 1. Поняття абстрактного типу даних і його реалізація. 2. Переваги та недоліки масивів як структури даних. 3. Особливості організації пам'яті у зв'язних списках. 4. Принципи роботи стеку та його застосування. 5. Принципи роботи черги та приклади використання.	12	20
Тема 3. Алгоритми пошуку та сортування 1. Порівняння лінійного та бінарного пошуку за умовами застосування. 2. Аналіз складності простих алгоритмів сортування. 3. Принцип роботи швидкого сортування. 4. Ідея алгоритму сортування злиттям. 5. Поняття стабільності алгоритму сортування.	12	20
Тема 4. Нелінійні структури даних 1. Основні поняття теорії дерев та їх властивості. 2. Принцип організації бінарного дерева пошуку. 3. Вплив структури дерева на складність операцій. 4. Поняття хеш-функції та колізії. 5. Переваги та недоліки хеш-таблиць.	16	22
Тема 5. Графи та алгоритми на графах 1. Основні поняття теорії графів.	16	22

2. Способи подання графів у пам'яті.		
3. Принцип роботи пошуку у глибину.		
4. Принцип роботи пошуку у ширину.		
5. Поняття найкоротшого шляху та остоного дерева.		
Загалом	68	104

7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Види контролю	Складові оцінювання	
	Для екзамену	Для заліку
поточний контроль , який здійснюється у ході: проведення практичних (лабораторних) занять, виконання самостійної роботи, індивідуальних завдань, дослідна робота здобувача тощо.	50%	100%
підсумковий контроль	50%	

Методи діагностики знань (контролю)	фронтальне опитування; наукова доповідь, реферати, усне повідомлення, індивідуальне опитування; робота у групах; ділова гра, розв'язання ситуаційних завдань, кейсів, практичних завдань, екзамен
--	---

8. ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ТА ФАХОВОЇ ПЕРДВИЩОЇ ОСВІТИ ЗА НАВЧАЛЬНУ ДИСЦИПЛІНУ У МІЖНАРОДНОМУ ГУМАНІТАРНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ (поточний контроль, підсумковий контроль, загальний результат оцінювання)

ЕКЗАМЕН

<i>Поточний контроль</i>			
Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання

Систематичність і активність роботи на практичних (лабораторних) заняттях			
1.1. Підготовка до практичних (лабораторних) занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних (лабораторних) занять	30
Виконання завдань для самостійного опрацювання			
1.2. Індивідуальне тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Розгляд відповідного матеріалу під час аудиторних занять або ІКР ¹ , перевірка конспектів навчальних текстів тощо	10
Виконання індивідуальних завдань, дослідна робота здобувача			
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	10
Разом балів за поточний контроль			50
Підсумковий контроль екзамен			50
Загальний результат оцінювання			100

Поточний контроль знань здобувачів освіти при формі контролю **екзамен** (максимум 50 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

- за підготовку до аудиторних занять (максимум 30 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 6;
- за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою) (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переводу зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2;
- за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 10- балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2.

¹ Індивідуально-консультативна робота викладача зі здобувачами

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗА ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ

- «2»- виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;
- «3» -виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання студента мають фрагментарний, поверховий характер;
- «4» - оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що студент знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.
- «5» - оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, показує вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання в практичній площині.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ЗА ІСПИТ (максимум 50 балів)

Рівень знань оцінюється:

- від 40 до 50 балів - студент виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки;
- 30 до 40 балів - студент володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді;
- 20 - 30 балів - студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.
- 10 - 20 балів - володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих;
- 0 10 балів - володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

9. КРИТЕРІЇ ПІДСУМКОВОЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ

«Відмінно» / «Зараховано» (А) – від 90 до 100 балів. Здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, на підсумковому контролі демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та практичних заняттях, під час яких виконував усі поставлені завдання та давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, виконав завдання до самостійної роботи, проявляв активність у науково-дослідній роботі.

«Добре» / «Зараховано» (В) – від 82 до 89 балів. Здобувач володіє знаннями матеріалу на підсумковому контролі, але допускає

незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та практичних заняттях, під час яких виконував усі поставлені завдання та давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, виконав завдання до самостійної роботи, проявляв активність і творчість у науково-дослідній роботі.

«Добре» / «Зараховано» (C) – від 74 до 81 балів. Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу на підсумковому контролі, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність виконаних завдань до самостійної роботи та активність у науково-дослідній роботі.

«Задовільно» / «Зараховано» (D) – від 64 до 73 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та практичних заняттях, на підсумковому контролі володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність виконаних завдань до самостійної роботи.

«Задовільно» / «Зараховано» (E) – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та практичних заняттях, на підсумковому контролі володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, виконав не всі завдання до самостійної роботи.

«Незадовільно з можливістю повторного складання» / «Не зараховано» (FX) – від 35 до 59 балів. Здобувач володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

«Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни» / «Не зараховано» (F) – від 1 до 34 балів. Здобувач не володіє матеріалом.

ТАБЛИЦЯ ВІДПОВІДНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ЗА РІЗНИМИ ШКАЛАМИ

100-бальною шкалою	Шкала за ECTS	За національною шкалою	
		екзамен	залік
90-100	A	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Добре	Зараховано
74-81	C		
64-73	D		
60-63	E	Задовільно	Зараховано
35-59	FX	Незадовільно	Не зараховано
1-34	F		

10. ДОТРИМАННЯ ВИМОГ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Викладання та засвоєння навчальної дисципліни передбачає неухильне дотримання вимог академічної доброчесності, яка регулюється Законом України «Про освіту» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 37-38, ст. 2004), «Методичними рекомендаціями для закладів вищої освіти з підтримки принципів академічної доброчесності» (Лист МОН № 1/9-650 від 23.10.2018), іншими нормативними документами. Зокрема, основні засади дотримання академічної доброчесності визначено у «Положенні про академічну доброчесність у Міжнародному гуманітарному університеті», «Кодексі академічної доброчесності Міжнародного гуманітарного університету» та «Інструкції щодо процедури технічної перевірки на наявність текстових запозичень (академічного плагіату)», затвердженої наказом Міжнародного гуманітарного університету № 708а від 03.05.2024.

Відповідно до ст. 42 Закону України «Про освіту» академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень.

Дотримання академічної доброчесності передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Cormen, Thomas H., Leiserson, Charles E., Rivest, Ronald L., Stein, Clifford. Introduction to Algorithms. 4th ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2022. 1312 p. ISBN 9780262046305.
2. Skiena, Steven S. The Algorithm Design Manual. 3rd ed. Cham: Springer, 2020. 804 p. ISBN: 9783030542566, 3030542564.
3. Sedgewick, Robert, Wayne, Kevin. Algorithms. 4th ed. Boston: Addison-Wesley, 2011. 976 p. ISBN 9780321573513.

4. Goodrich, Michael T., Tamassia, Roberto, Goldwasser, Michael H. Data Structures and Algorithms in Python. Hoboken, NJ: Wiley, 2013. 768 p. ISBN 9781118290279.
5. Erickson, Jeff. Algorithms. 2023. (open textbook, University of Illinois). URL: <https://jeffe.cs.illinois.edu/teaching/algorithms/>

Допоміжна

6. Weiss, Mark Allen. Data Structures and Algorithm Analysis in C++. 4th ed. Boston: Pearson, 2014. 635 p. ISBN 9780132847377.
7. Laakmann McDowell, Gayle. Cracking the Coding Interview. 6th ed. Palo Alto: CareerCup, 2015. 706 p. ISBN: 9780984782864, 0984782869.
8. Kleinberg, J., Tardos, É. (2013). Algorithm Design. Pearson. 2013. 823p. ISBN: 9781292023946, 1292023945.
9. Chen, H. (2023). Computability and Complexity. MIT Press. 2023. 416p. ISBN: 9780262048620, 0262048620.
10. Мелешко Є. В., Якименко М. С., Поліщук Л. І. Алгоритми та структури даних: навчальний посібник. Кропивницький: Видавець Лисенко В. Ф., 2019. 156 с.

Інформаційні ресурси

11. Programiz. URL: <https://www.programiz.com/dsa>
12. GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org>
13. VisuAlgo. URL: <https://visualgo.net>
14. CP-Algorithms. URL: <https://cp-algorithms.com>