

ІНСТИТУТ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

Кафедра інформаційних технологій

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

АЛГОРИТМИ ТА СТРУКТУРИ ДАНИХ

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	121 Інженерія програмного забезпечення

Шифр ОК10

**Х а р к і в
2 0 1 9**

Розроблено та внесено:

Інститутом цивільної авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Розробники програми:

Третяк Вячеслав Федорович – доцент кафедри інформаційних технологій, кандидат технічних наук, доцент

Федорченко Володимир Миколайович – доцент кафедри інформаційних технологій, кандидат технічних наук, доцент.

Ухвалено на засіданні вченої ради

Харківського національного університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба

Протокол від "___" _____ 201_ року, № ___

1. Загальна мета навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни "Алгоритми та структури даних" є отримання студентами ґрунтовної математичної підготовки та знань теоретичних, методичних і алгоритмічних основ інформаційних технологій для їх використання під час вирішення прикладних і наукових завдань у сфері інформаційних систем і технологій, забезпечення теоретичної та інженерної підготовки фахівців у галузі проектування, впровадження та використання інформаційних систем в бізнесі. Ознайомити студентів з сучасними та ефективними структурами даних та алгоритмами комп'ютерного оброблення інформації, а також методами їх дослідження та аналізу.

Анотація: дисципліну "Алгоритми та структури даних" віднесено до групи освітньо-професійних дисциплін підготовки бакалаврів за спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

Широке розповсюдження інформаційних технологій, науково-технічний прогрес, проникнення інформаційно-комунікаційних технологій в усі сфери людської діяльності висувають нові, підвищені вимоги до підготовки фахівців в галузі інформаційних технологій. Сучасний професіонал у цій галузі повинен володіти цілим рядом компетенцій, серед яких особливе місце займають загальнонаукові та загально технічні компетенції, або, іншими словами – фундаментальні знання.

У загальному випадку, навчальна дисципліна "Алгоритми та структури даних" розглядає такі питання, як формалізація понять "алгоритм", "структура даних" та дослідження формальних алгоритмічних систем; загальні принципи побудови ефективних алгоритмів; сучасні методи дослідження та аналізу алгоритмів; способи та механізми реалізації ефективних алгоритмів у конкретних застосуваннях; класифікація завдань, визначення і дослідження класів складності; асимптотичний аналіз складності алгоритмів; дослідження та аналіз рекурсивних алгоритмів; отримання явних функцій трудомісткості для порівняльного аналізу алгоритмів; розробка критеріїв порівняльного оцінювання якості алгоритмів.

Робоча програма навчальної дисципліни передбачає навчання у формі лекцій, практичних занять та самостійної підготовки студентів. Для практичного засвоєння основних тем дисципліни заняття проводяться із застосуванням комп'ютерів, локальних мереж та мережі Internet у комп'ютерних класах.

Об'єктом навчальної дисципліни є інформаційні системи та процеси, що відбивають різні аспекти їх функціонування.

Предметом навчальної дисципліни є сучасні та ефективні алгоритми оброблення інформації, а також методи їх дослідження та аналізу.

Вивчення навчальної дисципліни спрямовано на отримання студентами компетентностей у галузі розробки бізнес-застосувань з використанням сучасного програмного забезпечення, що дозволить майбутнім фахівцям вирішувати складні економічні задачі у подальшій професійній діяльності.

Необхідним елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни є самостійна робота студентів з літературою з питань алгоритмів та структур даних, розробки та супроводу відповідних програмних продуктів.

Усі види занять розроблено відповідно до положень кредитно-модульної системи процесу навчання.

Навчальна дисципліна є інструментальною основою для виконання аналітичної частини подальших спецкурсів, а також курсових і дипломних робіт. Вона забезпечує наступні дисципліни: “Операційні системи та системне програмування”, “Бази даних”, “Розробка мобільних застосувань”, “WEB-програмування”, “Тестування програмного забезпечення”, “Кросплатформене програмування”, “Програмування для мобільних пристроїв”.

3. Компетентності, які набуваються під час засвоєння навчальної дисципліни

1. ФК-2 Здатність приймати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування.
2. ФК-7 Володіння знаннями про інформаційні моделі даних, здатність створювати програмне забезпечення для зберігання, видобування та опрацювання даних.
3. ФК-14 Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.

4. Запланований результат навчання

Згідно з вимогами освітньої програми визначені та сформульовані наступні результати навчання студентів:

1. РН-1 Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.
2. РН-5 Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.
3. РН-7 Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.
4. РН-12 Застосовувати на практиці ефективні підходи щодо проектування програмного забезпечення
5. РН-13 Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.
6. РН-18 Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних.

5. Структура навчальної дисципліни

5.1. Короткий зміст навчальної дисципліни

Блок змістових модулів 1. Аналіз алгоритмів та алгоритмічні стратегії

Змістовий модуль 1.1. Математичні основи аналізу алгоритмів.

Вступ. Мета та завдання дисципліни, її місце у навчальному процесі. Структура дисципліни, рекомендації щодо її вивчення. Організаційно-методичне забезпечення дисципліни.

Основи аналізу алгоритмів. Асимптотичний аналіз верхньої та середньої оцінок складності алгоритмів; порівняння найкращих, середніх і найгірших оцінок; O -, o -, θ -нотації; емпіричні вимірювання ефективності алгоритмів; накладні витрати алгоритмів за часом і пам'яттю; рекурентні співвідношення та аналіз рекурсивних алгоритмів.

Порівняння алгоритмів, вплив структур даних і особливостей реалізації на ефективність алгоритмів: сортування файлів.

Методи розроблення алгоритмів: структурне програмування, рекурсія, обходи дерев, "поділяй і пануй", балансування, динамічне програмування, програмування з відходом назад, метод "гілок і меж", евристичні та наближені алгоритми.

Змістовий модуль 1.2. Алгоритми сортування, злиття та пошуку

Значення сортувань при реалізації алгоритмів. Класифікація сортувань. Характеристики сортувань. Прості сортування як спосіб швидкої реалізації алгоритму. Приклади простих сортувань – метод простого включення, метод простого обміну (бульбашкове сортування), шейкерне сортування, сортування вставками, сортування підрахунком, цифрове сортування. Переваги і недоліки простих сортувань.

Складні сортування як спосіб створення ефективних алгоритмів. Приклади складних сортувань – сортування Шелла, сортування Хоара (швидке сортування), сортування злиттям. Переваги і недоліки складних сортувань. Порівняння простих та складних сортувань.

Змістовий модуль 1.3. Динамічні структури даних.

Визначення, класифікація динамічних структур даних, способи оголошення, ініціалізація динамічних структур, методи доступу до даних динамічних структур, розміщення їх у пам'яті, переваги і недоліки використання динамічних структур в програмах.

Зв'язні списки, однозв'язні і двонаправлені списки, циклічні списки. Створення однозв'язного списку. Прохід однозв'язного списку. Включення нового елемента в існуючий список. Виключення елемента із списку.

Створення двонаправленого списку. Прохід двонаправленого списку. Включення нового елемента в існуючий список. Виключення елемента із списку.

Стек та черга.

Змістовий модуль 1.4. Фундаментальні алгоритми на графах.

Основні поняття теорії графів. Матричне подання графів. Матриця зв'язності та матриця відстаней на графі. Пошук найкоротших шляхів та оптимальних маршрутів у графах. Алгоритм Дейкстри. Метод Беллмона. Знаходження мінімального остовного дерева графа за алгоритмом Прима – Краскала. Перевірка зв'язності графів. Задача про найменше вершинне покриття.

Задача про гамільтонові шляхи на графі. Пошук у ширину на графах. Пошук у глибину на графах.

Змістовий модуль 1.5. Алгоритми оброблення даних на деревах.

Алгоритмічні структури даних дерева. Бінарні дерева та алгоритми їх обходу. Бінарні дерева пошуку та алгоритми їх використання. Метод гілок і границь. Декартові дерева. Червоно-чорні дерева. Дерево відрізків. Дерево Фенвіка. Основні алгоритми оброблення даних на деревах.

Блок змістових модулів 2. Фундаментальні алгоритми та їх побудова

Змістовий модуль 2.1. Динамічне програмування.

Поняття про динамічне програмування. Основні підходи до розв'язання задач методом динамічного програмування. Матричне числення. Перемноження декількох матриць. Знаходження найбільшої спільної

підпослідовності множин. Визначення оптимальної триангуляції багатокутника. Задачі лінійного програмування. Симплекс-метод розв'язання задач економічного планування

Змістовий модуль 2.2. Алгоритми пошуку в рядках та їх оброблення.

Алгоритми пошуку в рядках: бінарний пошук, алгоритм Бойера –Мура, алгоритм Кнута – Морріса – Пратта, алгоритм Карпа – Рабіна, наближений пошук.

Прості алгоритми побудови дерева суфіксів. Алгоритм Укконена. Масиви суфіксів. Задача про найбільший спільний підрядок двох рядків.

Основні алгоритми оброблення рядків – розбиття рядків, об'єднання рядків, алгоритми вставки, видалення, заміни.

Змістовий модуль 2.3. Геометричні алгоритми.

Основні формули обчислювальної геометрії. Знаходження довжини відрізка в n -вимірному просторі. Відстань від точки до прямої. Координати точок перетину відрізків і прямих. Рівняння прямої, кола, площини. Знаходження площі багатокутника. Метод триангуляції. Метод трапецій. Перевірка опуклості багатокутника.

Векторна геометрія. Колінеарність векторів. Перевірка належності точок прямій. Ліві та праві трійки векторів. Знаходження порядку обходу вершин опуклого багатокутника. Задачі мінімізації в геометричній інтерпретації.

Змістовий модуль 2.4. Комбінаторні та рекурсивні алгоритми.

Основні поняття комбінаторики. Поняття комбінаторної задачі. Перестановки. Підрахунок кількості можливих перестановок. Організація перестановок. Розміщення та сполучення. Підрахунок кількості. Організація знаходження всіх можливих розміщень і сполучень. Методи організації повного перебору.

Метод гілок і границь. Обмеження варіантів перебору. Алгоритми пошуку з повертанням. Задача про розстановку дужок.

Поняття "жадібного" алгоритму. Теоретичні основи "жадібних" алгоритмів. Переваги та недоліки "жадібних" алгоритмів.

Класичні приклади "жадібних" алгоритмів. Задача про вкладання рюкзака. Розв'язання задач із застосуванням "жадібних" алгоритмів. Геометричні, транспортні, економічні задачі.

5.2. Схема проходження курсу

Схема проходження курсу відповідає робочій навчальній програмі навчальної дисципліни та розміщена в системі дистанційного навчання MOODLE. Система оцінювання сформованих компетентностей у студентів враховує види занять, які згідно з програмою навчальної дисципліни передбачають лекційні, практичні заняття, а також виконання самостійної роботи. Оцінювання сформованих компетентностей у студентів здійснюється за накопичувальною 100-бальною системою. Контрольні заходи включають:

поточний контроль, що здійснюється протягом семестру під час проведення лекційних, практичних занять і оцінюється сумою набраних балів (максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє студенту скласти іспит, – 35 балів);

модульний контроль, що проводиться з урахуванням поточного контролю за відповідний змістовий модуль і має на меті *інтегровану* оцінку результатів навчання студента після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни – блоку змістових модулів;

підсумковий/семестровий контроль, що проводиться у формі семестрового екзамену, відповідно до графіка навчального процесу.

Поточний контроль з цієї навчальної дисципліни проводиться в таких формах:

- активна робота на лекційних заняттях;
- активна участь у виконанні завдань на практичну роботу;
- виконання та захист практичних робіт;
- проведення поточного тестування;
- експрес-опитування.

Модульний контроль з цієї навчальної дисципліни проводиться у формі модульної письмової контрольної роботи.

Підсумковий/семестровий контроль проводиться у формі семестрового екзамену. **Семестрові екзамени** – форма оцінювання підсумкового засвоєння студентами теоретичного та практичного матеріалу з окремої навчальної дисципліни, що проводиться як контрольний захід.

6. Індивідуальні завдання

Робочою програмою навчальної дисципліни передбачено наступні індивідуальні завдання: реферат.

Індивідуальні навчально-дослідні завдання (ІНДЗ) виконуються самостійно при консультуванні викладачем на протязі вивчення дисципліни у відповідності до графіку навчального процесу за рахунок часу відведеного на самостійну роботу.

ІНДЗ виконуються з метою закріплення, поглиблення і узагальнення знань, одержаних студентами за час навчання та придбання практичних навичок їх застосування при вирішенні практичних задач; підготовки до виконання курсових і дипломних робіт.

Індивідуальне навчально-дослідне завдання припускає наявність наступних елементів наукового дослідження:

практичної значущості;

комплексного системного підходу до вирішення завдань дослідження;

теоретичного використання передової сучасної методології і наукових розробок;

наявність елементів творчості.

В процесі виконання ІНДЗ, разом з теоретичними знаннями і практичними навиками за фахом, студент повинен продемонструвати здібності до науково-дослідної роботи і уміння творчо мислити, навчитися вирішувати науково-прикладні актуальні задачі.

7. Методи навчання

Для проведення лекційних занять використовуються наступні методи навчання лекція, розповідь, пояснення, роз'яснення, дискусія.

Для проведення практичних занять використовуються наступні методи навчання інструктаж, ілюстрація, демонстрація, дослід, вправи, навчально-продуктивний пошук, мозковий штурм, мудра порада, коло висновків.

8. Види контролю та методи їх проведення

Поточно-модульний контроль здійснюється 2 рази за семестр (один раз у рамках вивчення відповідного блоку змістових модулів) та оцінюється за трьома складовими: практичний модульний контроль, теоретичний модульний контроль. Поточний контроль з дисципліни здійснюється шляхом вибіркового опитування на початку лекцій, проведення комп'ютерного тестування, експрес-опитування на практичних заняттях.

Оцінка за практичну складову модульного контролю виставляється за результатами оцінювання знань студента під час захисту практичних завдань.

Теоретичний модульний контроль здійснюється у письмовій формі, у вигляді експрес-опитувань і проміжного тестового контролю – модульних тестових контрольних робіт згідно з графіком навчального процесу.

Оцінка за теоретичну складову виставляється за результатами контрольних опитувань і тестового контролю.

Оцінка за ІНДЗ виставляється за результатами оцінювання знань студента під час захисту індивідуальних завдань і враховує своєчасність їх виконання.

Для підведення підсумків роботи студентів із блоку змістових модулів виставляється підсумкова оцінка, яка складається з оцінок за поточно-модульний контроль.

Модульна контрольна робота проводиться 2 рази за семестр, здійснюється шляхом тестування та включає тестові завдання різного рівня складності відповідно до тем блоку змістових модулів.

Оцінка за кожний блок змістових модулів виставляється студенту за результатами його поточної успішності та тестування за блоком змістових модулів.

Екзамен (підсумковий контроль) забезпечує оцінку результатів навчання студентів на заключному етапі їх навчання і проводиться відповідно до навчального плану за результатами вивчення дисципліни. Підсумковий контроль проводиться у вигляді екзамену в термін, визначений графіком-календарем навчального процесу та в обсязі навчального матеріалу, визначеному робочою програмою навчальної дисципліни.

9. Політика курсу

Для успішного проходження курсу та складання контрольних заходів необхідним є вивчення навчального матеріалу за кожною темою. Специфіка курсу здебільшого передбачає акцент на розумінні підходів і принципів, отримання практичних навичок, а не просто запам'ятовування визначень.

Кожен студент повинен ознайомитися і слідувати Положенню про академічну доброчесність, Статуту і розпорядку дня ХНУПС.

Для успішного засвоєння програмного матеріалу студент зобов'язаний:

- не запізнюватися на заняття;
- не пропускати заняття, а в разі пропуску відновити за допомогою консультування з викладачем та з використанням Moodle конспект, самостійно вивчити матеріал пропущеного заняття та скласти відповідні контрольні заходи в індивідуальному порядку;
- конструктивно підтримувати зворотній зв'язок на всіх заняттях;
- брати активну участь у освітньому процесі;
- своєчасно і старанно виконувати завдання для самостійної роботи;
- не користуватися мобільним телефоном під час занять;
- бути доброзичливим до однокурсників та викладачів;
- брати участь у контрольних заходах;
- будь-яке копіювання або відтворення результатів чужої праці (у тому числі списування), якщо тільки робота не має груповий формат, використання чужих завантажених з Інтернету матеріалів кваліфікується як порушення норм і правил академічної доброчесності та передбачає притягнення винного до відповідальності, у порядку, визначеному чинним законодавством та Положенням про академічну доброчесність ХНУПС.

Результатом невиконання та / або недотримання правил може бути оцінка «незадовільно» за курс.

9.1 Вказівки до самостійної роботи

Необхідним елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни є самостійна робота студентів з вітчизняною та закордонною спеціальною літературою. Самостійна робота є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Самостійна робота студентів передбачає поглиблене вивчення тем з використанням рекомендованої літератури, пошук інформації в Інтернеті, а також додаткову роботу в комп'ютерних класах для виконання індивідуальних завдань.

Зміст самостійної роботи:

1. Поглиблене вивчення питань тем за методичними вказівками викладача.
2. Систематичне опрацювання лекційного матеріалу, запропонованої базової та допоміжної літератури з питань курсу.

3. Систематична підготовка до практичних видів занять відповідно до запропонованих планів їх проведення (переліку питань), консультацій викладача, змісту навчальної дисципліни в Moodle.

4. Самостійна підготовка до контрольних заходів.

5. Вивчення основних термінів та понять з галузі обчислювальної техніки і програмування.

6. Робота над ІНДЗ.

У процесі підготовки за темами (питаннями) курсу, що віднесені для самостійного опрацювання, студентам слід звернути особливу увагу на засвоєння зазначених ключових понять та термінів. Обов'язковим вважається ведення студентами конспекту, який повинен містити тезисний огляд питань, що віднесені для самостійного опрацювання, а також визначення ключових понять і термінів.

У процесі вивчення курсу для поточного контролю самостійної роботи курсантів викладач використовує:

- опитування студентів під час практичних видів занять, перевірку робочих конспектів;
- оцінку виконання встановлених нормативів та набуття практичних навичок;
- оцінку вмінь працювати у команді;
- проведення поточних тестувань, проміжного та підсумкового контролю.

9.2 Критерії оцінювання знань

Оцінювання результатів підсумкового контролю навчальних досягнень курсантів здійснюється за 100-бальною шкалою, за шкалою ЄКТС та національною шкалою.

Оцінювання за шкалою ECTS здійснюється згідно табл. 1.

Таблиця 1 - Шкала оцінювання: 100-бальна, ECTS та національна

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 - 100	A	відмінно	зараховано
80 - 89	B	добре	
65 - 79	C		
55 - 64	D	задовільно	
50 - 54	E		
35 - 49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1 - 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Критерії оцінювання знань і вмінь студента за результатами вивчення навчального матеріалу модуля (навчальної дисципліни) наступні:

А - оцінка "відмінно" виставляється за високий рівень знань (допускаються деякі неточності) навчального матеріалу модуля, що міститься в основних і додаткових рекомендованих джерелах, вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їхньому взаємозв'язку і розвитку, чітко, лаконічно, логічно, послідовно відповідати на поставлені запитання, вміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних завдань;

В - оцінка "дуже добре" виставляється за знання навчального матеріалу модуля вище середнього рівня, включаючи розрахунки, аргументовані відповіді на поставлені запитання (можлива невелика кількість неточностей), вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних завдань;

С - оцінку "добре" виставляється в цілому за правильне розуміння навчального матеріалу модуля, включаючи розрахунки, аргументовані відповіді на поставлені питання, які, однак, містять певні (несуттєві) недоліки, за вміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних завдань;

Д - оцінка "задовільно" виставляється за посередні знання навчального матеріалу модуля, малоаргументовані відповіді, слабе застосування теоретичних положень під час розв'язання практичних завдань;

Е - оцінка "достатньо задовільно" виставляється за слабкі знання навчального матеріалу модуля, неточні або малоаргументовані відповіді, з порушенням послідовності його викладення, за слабе застосування теоретичних положень під час розв'язання практичних завдань;

ФХ - оцінка "незадовільно" з можливістю повторного складання екзамену, виставляється за незнання значної частини навчального матеріалу модуля, суттєві помилки у відповідях на питання, невміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних завдань;

F - оцінка "незадовільно" з обов'язковим повторним вивченням модуля (навчальної дисципліни) виставляється за незнання значної частини навчального матеріалу модуля, суттєві помилки у відповідях на запитання, невміння орієнтуватися при розв'язанні практичних завдань, незнання основних фундаментальних положень.

Таблиця 2 - Розподіл балів за змістовими модулями

Поточне тестування та самостійна робота									Екзамен	Сума
Блок змістових модулів 1					Блок змістових модулів 2					
ЗМ 1.1	ЗМ 1.2	ЗМ 1.3	ЗМ 1.4	ЗМ 1.5	ЗМ 2.1	ЗМ 2.2	ЗМ 2.3	ЗМ 2.4		
4	7	7	7	7	7	7	7	7	40	100

В основу системи оцінювання покладено поопераційний контроль і накопичення рейтингових балів за різнобічну навчально-пізнавальну діяльність студентів у процесі навчання.

Метою оцінювання є:

- інтенсифікація навчального процесу та підвищення якості підготовки фахівців;
- підвищення мотивації студентів до активного, свідомого навчання, систематичної самостійної роботи протягом семестру та відповідальності за результати навчальної діяльності;
- встановлення постійного зворотного зв'язку з кожним студентом та своєчасне коригування його навчальної діяльності;
- забезпечення змагальності та здорової конкуренції у навчанні;
- підвищення об'єктивності оцінювання рівня підготовки студентів;
- зменшення психологічних, емоційних і фізичних перевантажень у період екзаменаційних сесій.

10. Методичне забезпечення та рекомендована література

Основна

1. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2013. – 1328 с., с ил.
2. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных: Пер. с англ./ Николас Вирт. — М.: Мир, 2014. – 360 с.

Додаткова

3. Ахо А. Структуры данных и алгоритмы : учеб. пособ., пер. с англ. / А. Ахо, Д. Хопкрофт, Д. Ульман. – Москва : ИД Вильямс, 2010. – 400 с.
4. Ахо А. Построение и анализ вычислительных алгоритмов / А. Ахо, Д. Хопкрофт, Д. Ульман. – М.: Мир, 2010. – 542 с.
5. Кормен Т. Х. Алгоритмы: вводный курс. : пер. с англ. / Томас Х. Кормен. – Москва : ИД Вильямс, 2014. — 208 с.
6. Страуструп Б. Программирование: принципы и практика использования C++. : пер. с англ. – Москва : ИД Вильямс, 2011. – 1248 с..
7. Матвієнко М.П. Алгоритми та структури даних: навчальний посібник. / М. П. Матвієнко. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2014. — 340 с.

11. Інформаційні ресурси

8. Алгоритмы и структуры данных (первый семестр) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.lektorium.tv/course/22823?id=22823>.
9. Алгоритмы сортировки на Си [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.adrutsa.ru/content/codes/sort_array_c.html.
10. Библиотека Алгоритмы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.cppreference.com/w/cpp/algorithm>.
11. Дискретная математика: алгоритмы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory>.
12. Дискретная математика, алгоритмы и структуры данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://neerc.ifmo.ru/wiki>.
13. Знай сложность алгоритмов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/188010>.
14. Список алгоритмов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
15. Algorithms and Data Structures [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://sites.google.com/site/indy256/algo_cpp.