

2.3.5.

**А.А. Голубничий, А.Д. Яблонцева**

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,  
инженерно-технологический институт,  
кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем,  
Абакан, artem@golubnichij.ru

**РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «АЛГОРИТМЫ И СТРУКТУРЫ ДАННЫХ: ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ»**

В статье рассматривается разработка интерактивного справочника, посвященного алгоритмам динамического программирования, который может быть использован в образовательных целях для подготовки IT-специалистов. Программный продукт создан на основе языка R и фреймворка Shiny, что обеспечивает удобную визуализацию и интерактивное тестирование алгоритмов. В приложении представлены теоретические аспекты, примеры кода, анализ временной и пространственной сложности, а также возможность тестирования алгоритмов на пользовательских данных. Реализованы четыре классических алгоритма динамического программирования: задача о рюкзаке, максимальная сумма подпоследовательности, наибольшая общая подпоследовательность и редакционное расстояние. Программный продукт может быть эффективно использован в учебном процессе для повышения уровня понимания алгоритмов.

Ключевые слова: алгоритмы и структуры данных, динамическое программирование, Shiny, язык R.

**Введение**

«Алгоритмы и структуры данных» является классической дисциплиной в подготовке IT-специалистов и встречается практически на всех специальностях и направлениях подготовки бакалавриата в укрупненной группе 09.00.00. При этом данная дисциплина также является одной из самых сложных, особенно при подготовке будущих программистов. По этой причине разработка приложения в виде интерактивного справочника, который содержит как теорию, так и практический элемент по отдельным темам является актуальным.

**Описание логики приложения**

Программный продукт должен включать основные алгоритмы, относящиеся к теме динамического программирования [1,2]. Пример отображения вкладок по алгоритмам приведен на рисунке 1.

**Алгоритмы и структуры данных: Динамическое программирование**

Задача о рюкзаке	Максимальная сумма подпоследовательности	Наибольшая общая подпоследовательность	Редакционное расстояние
Описание	Код	Сложность	Тестирование

**Задача о рюкзаке**

Задача о рюкзаке является классической задачей динамического программирования. Цель состоит в том, чтобы выбрать набор предметов с различной стоимостью и весом, которые можно поместить в рюкзак фиксированной вместимости, так, чтобы максимизировать суммарную ценность предметов.

Основные идеи:

- Создаем таблицу динамического программирования (DP), где  $DP[i][w]$  представляет максимальную ценность, которую можно достичь, рассматривая первые  $i$  предметов и имея ограничение веса  $w$ .
- Для каждого предмета принимается решение: включать его в рюкзак или нет. Если предмет включается, его ценность добавляется к предыдущему оптимальному решению, соответствующему оставшемуся весу.
- Оптимизация основывается на следующей формуле:
  - Если текущий предмет не включается:  $DP[i][w] = DP[i-1][w]$
  - Если текущий предмет включается:  $DP[i][w] = \max(DP[i-1][w], values[i] + DP[i-1][w-weights[i]])$
- В конечном итоге  $DP[n][W]$  будет содержать максимальную ценность, которую можно получить, используя все предметы с учетом ограничения веса.

Пример задачи:

- Вместимость рюкзака: 50.
- Вес предметов: [10, 20, 30].
- Ценность предметов: [60, 100, 120].
- Ответ: максимальная ценность — 220, взяв предметы с весами 20 и 30.

Рис. 1 – Интерфейс приложения «Алгоритмы и структуры данных: Динамическое программирование»

При этом по каждой теме дается подробное описание задачи в пункте «Описание», приводится пример программного кода на языке R во вкладке «Код», отдельное внимание отведено сложности работы алгоритма с позиции временной и пространственной сложности с использованием O-нотации, описание приведено во вкладке «Сложность». Для тестирования алгоритма на своих данных для его понимания на странице каждого алгоритма была добавлена вкладка «Тестирование». Блоковый подход, используемый в разработке, позволяет не только структурировать данные для более удобного изучения слушателями, но и способствует возможности расширения программного продукта.

Каждый из представленных алгоритмов объединяется общей темой – динамическое программирование, однако, при желании, данный программный продукт можно расширить и алгоритмами из других категорий, например жадными алгоритмами, алгоритмами «разделяй и властвуй» и т.д.

### **Технологическая реализация**

Для реализации интерактивного справочника по динамическому программированию был выбран язык программирования R, который широко используется в научных исследованиях, статистике и аналитике данных [3]. Основой приложения является фреймворк Shiny [4], предоставляющий инструменты для создания веб-приложений с гибким пользовательским интерфейсом и интеграцией логики серверной части. Данный выбор обусловлен тем, что Shiny позволяет эффективно сочетать визуализацию данных, интерактивность и высокую вычислительную мощность R в одном программном продукте.

Приложение построено на основе модульной архитектуры, которая включает следующие части:

Пользовательский интерфейс (UI) – реализует структуру вкладок для представления теоретической информации, кода, анализа сложности и тестирования алгоритмов;

Серверная логика – выполняет расчетные операции, обработку пользовательского ввода и возврат результатов тестирования.

Алгоритмическое ядро – включает реализацию четырех алгоритмов динамического программирования.

Каждый из перечисленных алгоритмов имеет четко структурированную логику и представлен пользователю через вкладки, объединенные общей темой «Динамическое программирование».

### **Пользовательский интерфейс**

Пользовательский интерфейс приложения был реализован с использованием функций `fluidPage` и `tabsetPanel`, предоставляемых фреймворком Shiny, что позволило создать интуитивно понятную навигацию между различными разделами. Для каждого алгоритма были созданы четыре подвкладки:

1. Описание – содержит теоретические аспекты алгоритма, включая основные идеи, применяемые принципы и формулировку задачи. Описание написано доступным языком, что упрощает его понимание для пользователей с различным уровнем подготовки.

2. Код – приводит пример реализации алгоритма на языке R с пояснениями структуры кода. Используется форматирование, обеспечивающее сохранение отступов и синтаксической читаемости.

3. Сложность – рассматривает временную и пространственную сложность алгоритма с точки зрения O-нотации, включая разбор применяемых оптимизаций.

4. Тестирование – включает интерактивный элемент, позволяющий пользователю ввести свои данные, запустить алгоритм и получить результат.

### **Серверная логика**

Серверная часть приложения отвечает за обработку пользовательского ввода, выполнение расчетов и генерацию выводов. Логика серверной части реализована через функции, которые запускаются при взаимодействии пользователя с кнопками интерфейса. Для каждого алгоритма серверная часть принимает данные, введенные пользователем, такие как массивы чисел, строки или параметры задачи, выполняет реализацию соответствующего алгоритма на

основе введенных данных и возвращает результат вычислений, который отображается в интерфейсе в виде текста.

Например, для задачи о рюкзаке серверная функция принимает массивы весов и ценностей, а также вместимость рюкзака. Затем алгоритм динамического программирования создает таблицу решений (матрицу DP), вычисляя максимальную ценность, которую можно получить. Итоговое значение отображается на вкладке «Тестирование» – рисунок 2.

### Тестирование алгоритма

Введите данные для задачи:

**Вместимость рюкзака:**

**Вес предметов (через запятую):**

**Ценность предметов (через запятую):**

**Результат:**

Рис. 2 – Тестирование работы алгоритма «Задача о рюкзаке»

#### Расширяемость приложения

Одной из ключевых особенностей приложения является его модульная структура, которая обеспечивает возможность добавления новых алгоритмов. Например, в дальнейшем планируется включение: Жадных алгоритмов, таких как задача о минимальном остовном дереве; Алгоритмов «разделяй и властвуй», включая быструю сортировку и бинарный поиск;

Алгоритмов для работы с графами, таких как алгоритм Дейкстры или Беллмана-Форда. Для этого достаточно добавить новый модуль с вкладками, аналогичными существующим, а также соответствующую серверную логику.

#### Заключение

Реализация интерактивного справочника по алгоритмам динамического программирования демонстрирует возможности использования современных технологий для упрощения обучения сложным темам. Выбранные решения, такие как модульная структура, поддержка пользовательского ввода и использование алгоритмов на языке R, делают продукт универсальным и перспективным для дальнейшего развития.

#### Список литературы

1. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. Алгоритмы: построение и анализ, 3-е издание = Introduction to Algorithms, Third Edition. — М.: «Вильямс», 2013. — 1328 с. — ISBN 978-5-8459-1794-2. Bertele U., Brioshi F. Nonserial dynamic programming. — N. Y.: Academic Press, 1972. — 235 pp.
2. Кабаков Р. R в действии = R in Action. — ДМК-Пресс, 2014. — 588 с. — ISBN 978-5-947060-077-1.
3. Chang W. et al. Shiny: web application framework for R. 2021 //R package version. — 2022