

К вопросу реализации алгоритма выбора эффективных вариантов реализации проекта для систем поддержки принятия решений

On the issue of implementing an algorithm for selecting effective project implementation options for decision support systems

УДК 338.984

Получено: 13.06.2025

Одобрено: 19.07.2025

Опубликовано: 25.08.2025

Краснов С.В.

Канд. техн. наук, доцент, доцент Высшей школы бизнес-инжиниринга,
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
г. Санкт-Петербург
e-mail: hsm.krasnov@gmail.com

Krasnov S.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Higher School
of Business Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg
e-mail: hsm.krasnov@gmail.com

Иванов М.И.

Магистрант Высшей школы бизнес-инжиниринга, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург
e-mail: nidflea@gmail.com

Ivanov M.I.

Master's Degree Student at the Higher School of Business Engineering, Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University, St. Petersburg
e-mail: e-mail: nidflea@gmail.com

Краснова С.А.

Старший преподаватель, ФГКВОУ ВО «Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная
академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного» Министерства обороны
Российской Федерации., г. Санкт-Петербург
e-mail: k.svetlana67@mail.ru

Krasnova S.A.

Senior Lecturer, Military Orders of Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications
named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny of the Ministry of Defense of the Russian
Federation, St. Petersburg
e-mail: k.svetlana67@mail.ru

Аннотация

В статье представлена программная имплементация алгоритма поиска эффективного решения
на основе альтернативного графа. Описана цель выполнения работы, поставлена задача и
приведены данные для тестирования алгоритма. Также описана реализация алгоритма, в том
числе вычисление параметров всех решений и отбор наиболее эффективных из них.

Определено, что реализация данного алгоритма может стать основой для системы поддержки принятия решений на основе больших массивов данных.

Ключевые слова: альтернативный граф, реализация проекта, системы поддержки принятия решений, алгоритм поиска эффективных вариантов, библиотека анализа данных, язык программирования Python, управление бизнесом.

Abstract

The article presents a software implementation of an algorithm for finding an effective solution based on an alternative graph. The purpose of the work is described, the task is set and the data for testing the algorithm are provided. The implementation of the algorithm is also described, including the calculation of the parameters of all solutions and the selection of the most effective of them. It is determined that the implementation of this algorithm can become the basis for a decision support system based on large data arrays, Python programming language, business management.

Keywords: alternative graph, project implementation, decision support systems, algorithm for finding effective options, data analysis library.

Введение

Современные тенденции обоснования управленческих решений связаны с развитием технологий, увеличением объема данных и потребностью в более гибких и интеллектуальных инструментах. Это нашло отражение в научных работах многих российских ученых. Землянская С.Ю., Лысенко В.С., Задорожный А.М., Чуваков А.В., Стародубцев А.А. в своих работах отмечают, что системы поддержки принятия решений (СППР) всё чаще применяются в различных отраслях, таких как государственное управление, предпринимательство, образование, для поиска оптимальных вариантов решения поставленных задач [1-3].

Как отмечает Моргунов Е.П. в работе [4], на основе множества входных данных СППР способны рассчитать эффективные варианты, которые отвечают временным, стоимостным затратам компаний, государства и т.д., а также их бизнес-логике. СППР также могут предлагать альтернативные варианты для отображения всех доступных возможностей и поиска решения, которое будет не только отвечать заданным критериям, но и окажет положительное влияние на развитие компаний, страны и т.п. [4].

Одним из способов отображения вариантов принимаемых действий в СППР является граф, предложенный Садовниковой Н.П., Парыгиным Д.С. и Щербаковым М.В. в [5]. Визуальное представление возможностей в виде альтернативного графа позволяет наглядно увидеть, например, варианты реализации проекта, и оценить различные характеристики каждой из представленных опций. Однако, чем больше возможностей для выбора будет отражено в альтернативном графе, тем сложнее будет описать каждый из доступных вариантов и самостоятельно рассчитать его затраты.

Для решения данной задачи необходимо разработать программную реализацию алгоритма, позволяющую на основе альтернативного графа описать каждый вариант реализации проекта, рассчитать его показатели и представить эти данные в удобном для использования виде. В данной статье представлено описание реализации данного алгоритма для его дальнейшего использования в качестве инструмента поддержки принятия решений, который можно применять в различных предметных областях, в частности – для выбора оптимальных вариантов реализации проекта [6].

Постановка задачи и описание данных для алгоритма

В качестве рассматриваемых данных будут использованы варианты проекта разработки и внедрения информационной системы для оценки международной торговли России в современных условиях. Описание работ для реализации проекта составлено на основании анализа материалов [7 - 9] и представлено в табл. 1.

Работы, которые будут выполнены во всех вариантах, обозначены m1, m2 и т.д. Работы, представляющие собой различные опции реализации проекта, обозначены d1.1, d1.2 и т.д. и

объединены в группы с названиями D1, D2 и т.д. В качестве характеристик работ будут использованы временные затраты в часах, стоимость в руб., а также научно-технический уровень работы (далее – НТУ) – интегральный показатель или совокупность отдельных показателей, которые характеризуют степень соответствия технико-экономических характеристик системы современным достижением науки и техники.

Важно отметить, что у всех работ указаны стоимость и время, но не у всех указан НТУ, так как лишь некоторые из представленных работ определяют характеристики системы, отвечающие за значение НТУ. Для рассматриваемого в данной статье проекта определены два научно-технических уровня: 1 и 2.

Таблица 1

Описание работ для реализации проекта

Обозначение	Работа	Время, ч	Стоимость, руб.	НТУ
S	Старт			
m1	Анализ экспорта и импорта России	66,67	402153,44	
m2	Анализ санкций и контрсанкций	53	319696	
m3	Анализ развития отраслей экономики России	73	440336	
m4	Анализ ситуации на различных внутренних рынках России	47,17	284529,44	
m5	Анализ ситуации на различных международных рынках	47,17	284529,44	
m6	Анализ экономических моделей развития России	53,33	321686,56	
m7	Патентный поиск	5,17	31185,44	
m8	Определение математических методов	7	42224	
m9	Разработка математических моделей	14	84448	
m10	Документация разработанных моделей	3	18096	
D1	Выбор языка для проектирования системы			
d1.1	Программирование на Python	40,33	157287	
d1.2	Программирование на Java	47,17	183963	
d1.3	Программирование на C#	46	179400	
D2	Выбор типа интерфейса пользователя			
d2.1	Графический интерфейс	25	150800	1
d2.2	Текстовый интерфейс	14	84448	1
d2.3	Голосовой интерфейс	30,17	181985,44	2
D3	Выбор системного ПО для хранения информации – СУБД			

Обозначение	Работа	Время, ч	Стоимость, руб.	НТУ
d3.1	Разработка с PostgreSQL	2	7800	
d3.2	Разработка с Oracle Database	2	82108	
d3.3	Разработка с MS Access	2	22279	
D4	Выбор ПО для обработки данных			
d4.1	Разработка с AnyLogic	2	381208	
d4.2	Разработка с Statistica	2	2857800	
d4.3	Разработка с SPSS	2	3399972	
D5	Выбор типа ИС			
d5.1	Модельно-ориентированная ИС	12,17	73409,44	2
d5.2	Ориентированная на данные ИС	8,17	49281,44	1
D6	Выбор типа хранилища данных			
d6.1	Двухуровневое хранилище данных	23,67	92313	1
d6.2	Трёхуровневое хранилище данных	32	124800	2
m11	Разработка технического задания	9,17	55313,44	
m12	Разработка календарного плана работ проекта	5,17	5040,75	
m13	Разработка ресурсного плана проекта	7,17	6990,75	
m14	Формирование команды проекта	5,17	5040,75	
D7	Выбор сервера			
d7.1	SUPERCLOUD R5210 G12, 2U	2	361680	
d7.2	DELL PowerEdge T40	2	137680	
m15	Установка оборудования	7,17	6058,65	
m16	Установка системы	20,5	79950,	
m17	Загрузка данных в хранилище	17,83	107550,56	
m18	Тестирование системы	47,17	91981,50	
m19	Написание документации	12	42900	
m20	Обучение пользователей системы	38,33	137029,75	
F	Окончание			

Далее необходимо представить варианты реализации проекта в виде альтернативного графа (см. рис. 1), в вершинах которого находятся все описанные работы.

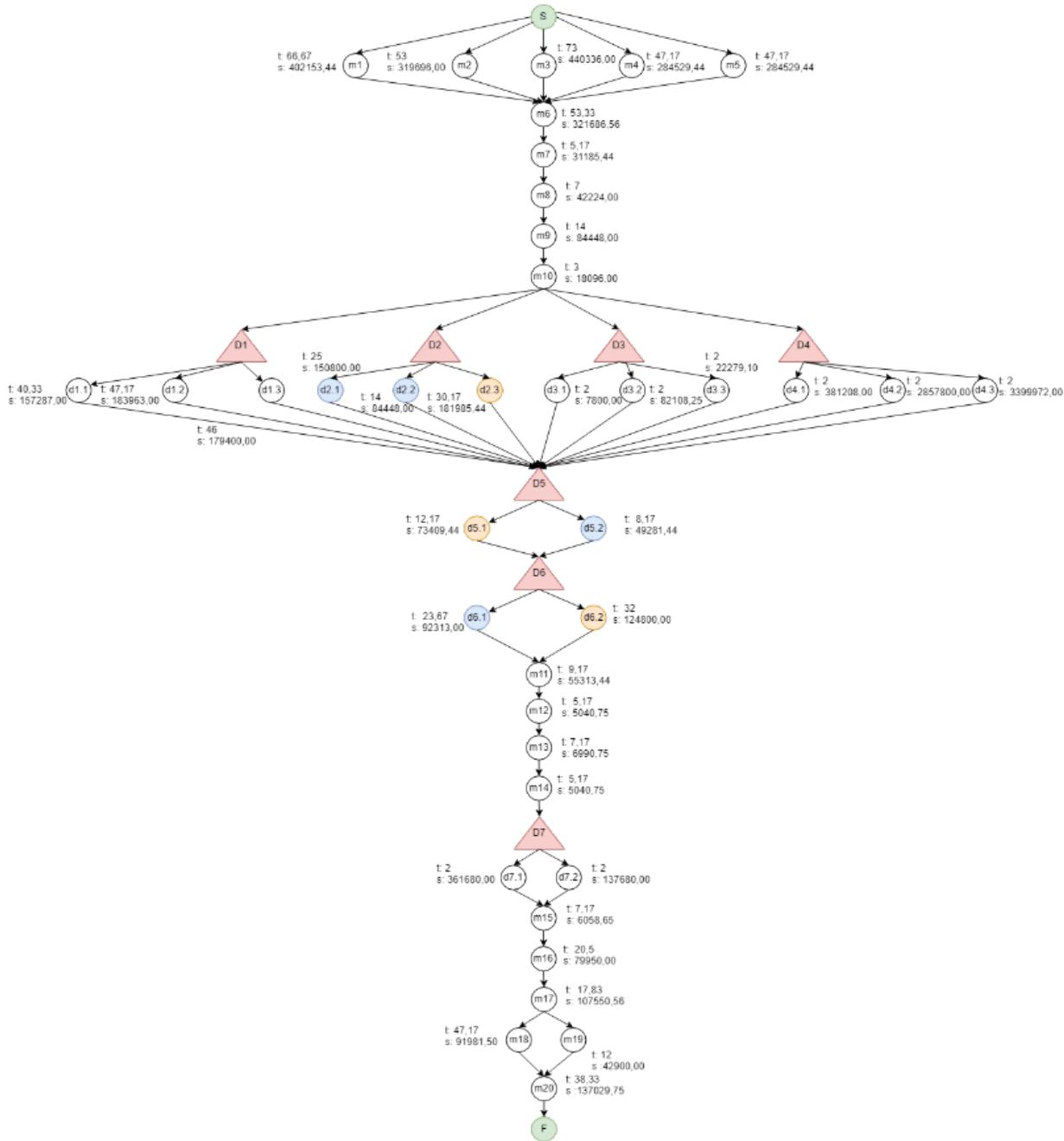


Рис. 1. Альтернативный граф

Зелёным цветом обозначены старт и окончание; красным – группы работ, образующих альтернативные варианты реализации проекта; синим – работы, соответствующие НТУ, равному 1, оранжевым – работы, соответствующие НТУ, равному 2.

Отдельно отметим, что работы с m1 по m5, а также группы работ с D1 по D4 для наглядности будут расположены параллельно; фактически данные работы выполняются последовательно. К моменту начала выполнения работ из группы D5 стоимостные и временные затраты проекта составят сумму работ с m1 по m10 и сумму выбранных работ из групп с D1 по D4.

По данному графу можно составить все варианты реализации проекта.

Выбор эффективных вариантов для каждого НТУ будет осуществляться следующим образом:

- 1) Определяется минимальное время из всех возможных вариантов для данного НТУ (T_{min}).
- 2) Определяется стоимость варианта с минимальным временем для данного НТУ (KT_{min}).
- 3) Определяется минимальная стоимость из всех возможных вариантов для данного НТУ (K_{min}).
- 4) Определяется время варианта с минимальной стоимостью для данного НТУ (TK_{min}).
- 5) Эффективные варианты должны принадлежать отрезкам $[T_{min}; TK_{min}]$ и $[K_{min}; KT_{min}]$.

На следующем шаге преобразуем альтернативный граф в формате JSON представленный на рис. 2, в квадратных скобках указаны время, стоимость этапа и научно-технический уровень.

```
{
  "m1": [66.67, 402153.44],
  "m2": [53.00, 319696.00],
  "m3": [73.00, 440336.00],
  "m4": [47.17, 284529.44],
  "m5": [47.17, 284529.44],
  "m6": [53.33, 321686.56],
  "m7": [5.17, 31185.44],
  "m8": [7.00, 42224.00],
  "m9": [14.00, 84448.00],
  "m10": [3.00, 18096.00],
  "m11": [9.17, 55313.44],
  "m12": [5.17, 5040.75],
  "m13": [7.17, 6990.75],
  "m14": [5.17, 5040.75],
  "m15": [7.17, 6058.65],
  "m16": [20.5, 79950.00],
  "m17": [17.83, 107550.56],
  "m18": [47.17, 91981.50],
  "m19": [12.00, 42900.00],
  "m20": [38.33, 137029.75],
  "d1.1": [40.33, 157287.00],
  "d1.2": [47.17, 183963.00],
  "d1.3": [46.00, 179400.00],
  "d2.1": [25.00, 150800.00, 1],
  "d2.2": [14.00, 84448.00, 1],
  "d2.3": [30.17, 181985.44, 2],
  "d3.1": [2.00, 7800.00],
  "d3.2": [2.00, 82108.25],
  "d3.3": [2.00, 22279.10],
  "d4.1": [2.00, 381208.00],
  "d4.2": [2.00, 2857800.00],
  "d4.3": [2.00, 3399972.00],
  "d5.1": [12.17, 73409.44, 2],
  "d5.2": [8.17, 49281.44, 1],
  "d6.1": [23.67, 124800.00, 1],
  "d6.2": [32.00, 55313.44, 2],
  "d7.1": [2.00, 361680.00],
  "d7.2": [2.00, 137680.00],
  "start_str": "S, m1-m10, ",
  "end_str": ", m15-m20, F",
  "splitters": {"d7.": " m11-m14,"}
}
```

Рис. 2. Альтернативный граф в формате JSON

Таким образом, формируются исходные данные для алгоритма выбора эффективных вариантов.

Программная реализация разработанного алгоритма

Программа, осуществляющая расчёт вариантов, состоит из 3 модулей:

- модуль взаимодействия с пользователем;
- модуль парсера (обработка JSON-файла графа и Excel-файла с ранее посчитанными вариантами);
- модуль обработки альтернативного графа.

Первый модуль получает на вход файл в формате JSON с описанием альтернативного графа либо файл в формате Excel с вариантами реализации проекта, которые уже были

рассчитаны программой ранее и сохранены для дальнейшей обработки. Данный модуль также позволяет указать имя выходного файла, вывод в стандартный поток вывода текста (далее – `stdout`) и получение справки об использовании программы по расчёту вариантов.

Второй модуль обрабатывает полученный входной файл в зависимости от типа и преобразует их в формат альтернативного графа, а также обрабатывает возникающие ошибки и выводит информацию о них.

Третий модуль описывает реализацию графа и методы для работы с ним, такие как:

- расчёт вариантов с помощью декартового произведения;
- поиск эффективных вариантов;
- создание массива с рассчитанными вариантами и их характеристиками;
- вывод массива в `stdout`;
- сохранение массива в файл формата Excel.

Модуль обработки альтернативного графа может использоваться как самостоятельная библиотека для работы с данным типом данных, однако модули парсера и взаимодействия с пользователем позволяют обращаться к методам работы с графом без необходимости написания кода и дают возможность преобразовать данные в формат графа из распространённых форматов JSON и Excel.

С одной стороны, данный подход позволяет пользователям, незнакомым с программированием, использовать данное программное обеспечение для принятия решений.

С другой стороны, разработчики могут доработать модули программы под нужды конкретной организации для учёта особенностей предметной области предприятия или расширения аналитических возможностей программы по расчёту вариантов реализации проекта.

Таким образом, данный инструмент анализа обладает как простотой освоения для бизнес-пользователей, управленицев, руководителей, так и большим потенциалом для расширения текущей функциональности продукта. Это достигается за счёт использования языка программирования Python и открытости исходного кода, которая даёт ряд преимуществ, выделяемых Артамоновым Иваном Васильевичем в статье «Свободное программное обеспечение: преимущества и недостатки», таких как:

- бесплатное использование программного обеспечения без необходимости единоразового приобретения или постоянной оплаты лицензии;
- отсутствие географических ограничений на использование данного программного продукта, например, в России;
- отсутствие зависимости от конкретного поставщика программного обеспечения (ПО): нет необходимости обращаться к нему за поддержкой или обновлениями, так как они находятся в открытом доступе для всех желающих;
- свободное ПО, как правило, более безопасно, так как его открытый исходный код позволяет пользователям проверить его на наличие вредоносного кода или функций скрытого сбора информации. Отсутствие так называемых «черных ящиков» делает ПО с открытым исходным кодом более прозрачным и снижает риски;
- открытый исходный код позволяет пользователям и разработчикам понимать, как работает программа, в случае необходимости модифицировать её под свои нужды или исправлять ошибки самостоятельно [10].

Все эти факторы делают свободное программное обеспечение привлекательным вариантом для многих пользователей и организаций [10].

Взаимодействие описанных модулей представлено на рис. 3:

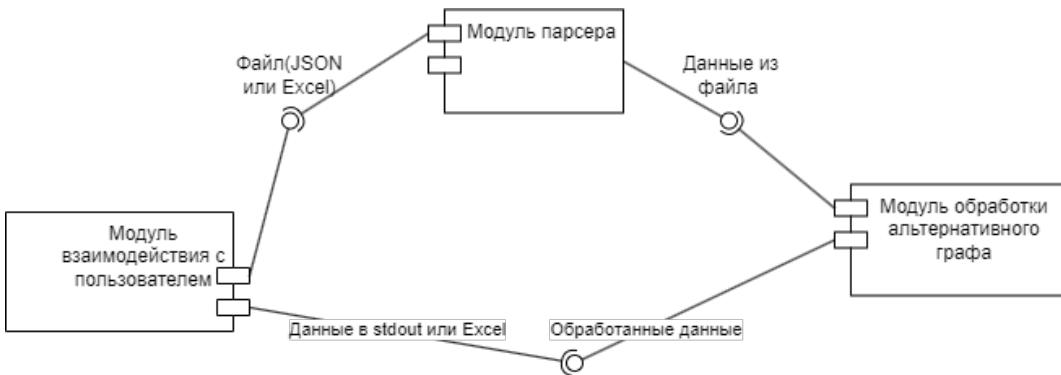


Рис. 1. Архитектура приложения

Возможные сценарии взаимодействия с программой:

- Пользователь отправляет на вход программы данные в виде графа в формате JSON, а на выходе получает два файла Excel: один со всеми вариантами реализации проекта и их характеристиками, второй – с эффективными вариантами и их характеристиками, а также вывод всех вариантов, в том числе отдельно эффективных, в stdout.

- Пользователь отправляет на вход программы в виде ранее рассчитанных варианты в Excel-файле, а на выходе получает расчёт только эффективных вариантов, а также вывод этих вариантов в stdout и в другой Excel-файл.

Программа разработана на языке Python в IDE PyCharm с использованием таких библиотек, как pandas, json, click, os, itertools. Данные библиотеки используются для загрузки данных из файла и выгрузки данных, обработки формата JSON, задания параметров командной строки, проверки пути к файлу и подключения алгоритма декартового произведения для перебора вариантов реализации проекта соответственно. Данные библиотеки поставляются вместе с программой для анализа вариантов ведения проекта по альтернативному графу, дополнительная установка не требуется, однако для использования последних версий библиотек их необходимо обновить с помощью системы управления пакетами для программ, написанных на языке Python – pip. Фрагмент кода программы представлен на рис. 4.

```

def generate_product(self):
    self.options.clear()
    for i in product(*self.graph):
        temp_str = ", ".join(i)
        for key, val in self.params["splitters"].items():
            index = temp_str.find(key) - 1
            temp_str = temp_str[:index] + val + temp_str[index:]
        out_str = self.params["start_str"] + temp_str + self.params["end_str"]
        self.options.append("".join(x for x in out_str))
    return self

# usage (1 dynamic) ±nidflea
def make_options_list(self, options_list: list[str] = None):
    if options_list:
        self.options = options_list
    self.count_op = 0
    self.options_time = [self.time_m] * (len(self.options))
    self.options_price = [self.price_m] * (len(self.options))
    self.options_sci = [1] * (len(self.options))
    for s in self.options:
        check_str = s.split(", ")
        for key_time, key_price, key_sci in zip(
            self.time_values, self.price_values, self.sci_values
        ):

```

Рис. 2. Фрагмент кода программы

Пример расчёта вариантов по выбранным данным

В качестве данных для расчёта вариантов реализации проекта и отбора из полученного массива наиболее эффективных вариантов будем использовать описанный выше альтернативный граф в формате JSON. Результат выполнения представлен на рис. 5 и 6 (вывод в stdout и в Excel-файл соответственно):

(venv) C:\Users\Nidflea\PycharmProjects\dss_alternative_graph\python .\main.py -i ..\data\graph.json -o ..\data\output\out.xlsb -v						
Номер варианта	Работы, входящие в вариант	Затраты на вариант, руб.	Продолжительность варианта, ч.	Технологический уровень варианта		
1 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	4023724.91	646.36		2		
2 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3799724.91	646.36		2		
3 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	3954238.35	654.69		2		
4 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3730238.35	654.69		2		
5 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	3999590.91	642.36		1		
6 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3775598.91	642.36		1		
7 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	3930110.35	650.69		2		
8 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3706110.35	650.69		2		
9 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6500310.91	646.36		2		
10 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6276516.91	646.36		2		
11 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6438830.35	654.69		2		
12 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6206830.35	654.69		2		
13 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6476168.91	642.36		1		
14 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6252188.91	642.36		1		
15 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6406702.35	650.69		2		
16 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6182702.35	650.69		2		
17 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	7042488.91	646.36		2		
18 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6818488.91	646.36		2		
19 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6973002.35	654.69		2		
20 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6749002.35	654.69		2		
21 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	7018360.91	642.36		1		
22 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6794360.91	642.36		1		
23 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6948874.35	650.69		2		

Рис. 5. Первые 23 варианта выполнения проекта, выведенные в среде разработки в результате выполнения программы

A	B	C	D	E	F
Номер варианта	Работы, входящие в вариант	Затраты на вариант, руб.	Продолжительность варианта, ч.	Технологический уровень варианта	
1 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	4023724.91	646.36		2	
2 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3799724.91	646.36		2	
3 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	3954238.35	654.69		2	
4 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3730238.35	654.69		2	
5 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	3999590.91	642.36		1	
6 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3775598.91	642.36		1	
7 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	3930110.35	650.69		2	
8 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3706110.35	650.69		2	
9 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6500310.91	646.36		2	
10 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6500316.91	646.36		2	
11 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6500316.91	646.36		2	
12 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6206830.35	654.69		2	
13 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6476188.91	642.36		1	
14 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6252188.91	642.36		1	
15 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6406702.35	650.69		2	
16 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.2, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6182702.35	650.69		2	
17 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	7042488.91	646.36		2	
18 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6818488.91	646.36		2	
19 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6973002.35	654.69		2	
20 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6749002.35	654.69		2	
21 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	7018360.91	642.36		1	
22 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6794360.91	642.36		1	
23 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6948834.35	650.69		2	
24 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.3, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6724874.35	650.69		2	
25 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.1, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	4099033.16	646.36		2	
26 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.1, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3874904.16	646.36		2	
27 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.1, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	4028446.6	650.69		2	
28 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.1, d5.1, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3804546.6	654.69		2	
29 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.1, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	4072905.16	642.36		1	
30 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.1, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3849095.16	642.36		1	
31 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.1, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	4004418.6	650.69		2	
32 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.1, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3780184.6	650.69		2	
33 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.1, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.1, m15-m20, F	6574625.16	646.36		2	
34 S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.2, d4.2, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	6350625.16	646.36		2	

Рис. 6. Фрагмент Excel-файла с вариантами

Далее рассчитаем эффективные варианты для каждого НТУ. Варианты представлены на рис. 7 и 8 (вывод в stdout и в Excel-файл соответственно):

A	B	C	D	E	F
Номер варианта	Работы, входящие в вариант	Затраты на вариант, руб.	Продолжительность варианта, ч.	Технологический уровень варианта	
74 S, m1-m10, d1.1, d2.2, d3.1, d4.1, d5.1, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3733372.91	635.36		2	
78 S, m1-m10, d1.1, d2.2, d3.1, d4.1, d5.2, d6.1, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3709244.91	631.36		1	
80 S, m1-m10, d1.1, d2.2, d3.1, d4.1, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3639758.35	639.69		2	
104 S, m1-m10, d1.1, d2.2, d3.2, d4.1, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3714066.6	639.69		2	
128 S, m1-m10, d1.1, d2.2, d3.3, d4.1, d5.2, d6.2, m11-m14, d7.2, m15-m20, F	3654237.45	639.69		2	

Рис. 7. Эффективные варианты выполнения проекта

Заключение

В данной статье представлены результаты разработки и программной реализации алгоритма выбора эффективных вариантов реализации проекта.

Этот алгоритм учитывает множество различных факторов и может служить основой для создания системы поддержки принятия решений (СППР) в областях, где необходимо принимать сложные управленческие решения, зависящие от нескольких переменных. Данный

алгоритм автоматизирует процесс оценки и выбора оптимального варианта проекта, анализируя все имеющиеся данные и параметры. Статья подробно рассматривает сам алгоритм, его программную реализацию и потенциальное применение в различных сферах деятельности.

Наиболее значимыми результатами, с точки зрения научной новизны и практической значимости, являются:

- реализация удобного средства расчёта характеристик проекта в зависимости от вариантов реализации;
- возможность разработки эффективного метода анализа больших массивов данных для принятия управленческого решения;
- продолжение исследования применимости СППР в предметной области, имеющей трудно формализуемые данные в комбинации с инструментами искусственного интеллекта.

В отличие от существующих методов представленный в статье, метод позволяет масштабировать принятие решений в рамках системы с большим объёмом данных и обрабатывать множество вариантов принятия решений.

Литература

1. Артамонов Иван Васильевич Свободное программное обеспечение: преимущества и недостатки // Известия БГУ. - 2012. - №6. - С. 122-125.
2. Глухова Т.В., Данилова П.А. Современные тенденции развития систем управления бизнес-процессами // Огарёв-Online. - 2019. - №7 (128). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoye-tendentsii-razvitiya-sistem-upravleniya-biznes-protsessami> (дата обращения: 18.05.2025).
3. Землянская С.Ю., Лысенко В.С. Разработка модели СППР – для малого предприятия по изготовлению печатных плат // Сборник научных трудов ДОНИЖТ. - 2017. - №45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-modeli-sppr-dlya-malogo-predpriyatiya-po-izgotovleniyu-pechatnyh-plat> (дата обращения: 11.04.2025).
4. Задорожный А.М., Чуваков А.В. Положительные аспекты использования СППР, принципы работы и классификация // Теория и практика современной науки. - 2017. - №6 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/polozhitelnye-aspekty-ispolzovaniya-sppr-printsipy-raboty-i-klassifikatsiya> (дата обращения: 12.04.2025).
5. Моргунов Е.П. Система поддержки принятия решений при исследовании эффективности сложных систем: принципы разработки, требования и архитектура // Сибирский аэрокосмический журнал. - 2007. - №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-pri-issledovanii-effektivnosti-slozhnyh-sistem-printsipy-razrabotki-trebovaniya-i-arhitektura> (дата обращения: 12.04.2025).
6. Малых В.Л., Калинин А.Н. Миграция с ORACLE на POSTGRESQL сильно связной МИС ИНТЕРИН // Программные системы: теория и приложения. - 2022. - №4 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/migratsiya-s-oracle-na-postgresql-silno-svyaznoy-mis-interin> (дата обращения: 10.05.2025).
7. Стародубцев А.А. Система поддержки принятия решений // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. - 2016. - №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy> (дата обращения: 12.04.2025).
8. Садовникова Н.П. Системы поддержки принятия решений: учеб. пособие / Н.П. Садовникова, Д.С. Парыгин, М.В. Щербаков. Волгоград: ВолгГТУ. - 2021. - 108 с.
9. Тортика А.С., Ершов А.С. Обзор и сравнительный анализ современных систем управления базами данных // Вестник СГТУ. - 2020. - №4 (87). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-sravnitelnyy-analiz-sovremennoy-sistem-upravleniya-bazami-dannyyh> (дата обращения: 18.05.2025).
10. Skillfactory Media. PostgreSQL. URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/postgresql/> (дата обращения: 11.05.2025).