

# **Применение кластерного анализа при выборе варианта ведения проекта в системе поддержки принятия решений**

## **Application of cluster analysis in choosing a project management option in a decision support system**

УДК 004

Получено: 20.12.2025

Одобрено: 22.01.2026

Опубликовано: 25.02.2026

### **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 of the 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

### **Ivanov M.I.**

Master's Degree Student at the Higher School of Business Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

### **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

### **Krasnova S.A.**

Senior Lecturer, Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, Order of Zhukov and Lenin, Russian Ministry of Defense, St. Petersburg

### **Аннотация**

В статье представлено использование кластерного анализа методом K-Means в рамках интеллектуальной системы поддержки принятия решений для группировки вариантов ведения проекта, а также формирование рекомендаций по выбору для конечного пользователя на основе результатов кластеризации. Кроме того, показаны различные опции выполнения кластерного анализа, а также влияние данных опций на конечные результаты. Продемонстрирована практическая польза системы для анализа проектов, реализация которых зависит от множества переменных составляющих и требует детального анализа полученных вариантов выполнения проекта по группам для выбора подходящих под разнообразные сценарии и ограничения опций.

**Ключевые слова:** системы поддержки принятия решений, кластерный анализ, рекомендательная система, управление проектами, анализ больших объёмов данных, применение методов машинного обучения в экономике.

### **Abstract**

The article presents the use of K-Means cluster analysis within an intelligent decision support system for grouping project management options, as well as the formation of selection recommendations for the end user based on the clustering results. In addition, various options for performing cluster analysis are shown, as well as the impact of these options on the final results. The practical utility of the system for analyzing projects whose implementation depends on multiple variable components and requires a detailed analysis of options by group to select suitable ones for various scenarios and limit options is demonstrated.

**Keywords:** decision support systems, cluster analysis, recommender system, project management, big data analysis, application of machine learning methods in economics.

### **Введение**

Развитие информационных технологий и цифровая трансформация общества оказывают значительное влияние на анализ информации при принятии управленческих решений. Согласно исследованиям, проведённым Барсегяном А.А. в статьях [1, 2], одной из ключевых сложностей современных систем поддержки управленческих решений является извлечение полезной информации из огромного объёма неструктурированных, несогласованных и разнотипных данных. Для эффективного принятия решений важно опираться на реальные данные, собираемые в рамках работы предприятия. Однако анализ таких данных затруднён из-за их разнородности и значительного количества параметров для рассмотрения. Для упрощения процесса принятия решений требуется обобщённая информация, полученная на основе анализа исходных выборок данных. Получение подобного рода информации может быть осуществлено различными методами анализа данных, среди которых присутствуют статистические, описательные, диагностические, методы имитационного моделирования, а также применение искусственного интеллекта и, в частности, различных методов машинного обучения.

Методам применения машинного обучения в рамках обозначенных задач посвящены труды многих российских ученых. Как отмечено в работах Антонова В.В. и Конева К.А. [3, 4], для решения задач принятия решений часто применяются интеллектуальные подходы в рамках информационных систем. В научных публикациях Савенкова П.А., в частности в работе [5] отмечается, что интеграция методов машинного обучения (МО) в системы поддержки принятия решений (СППР) стала активно развивающейся областью исследований, демонстрирующей значительный потенциал для повышения эффективности и интеллектуализации процессов принятия решений. Использование методов машинного обучения в основе функциональности системы поддержки принятия решений формирует характеристику интеллектуальности данной системы, иными словами, такая система поддержки принятия решений может называться интеллектуальной СППР по утверждению Стародубцева А.А [6]. Использование методов машинного обучения в архитектуре системы поддержки принятия решений в качестве отдельного модуля или непосредственно основы автоматизированной системы способно стать мощным фундаментом для обработки данных, создания аналитических отчётов и предсказания изменения данных в дальнейшей перспективе, а также решить следующие проблемы:

1. Предсказание будущих трендов: классические системы поддержки принятия решений в основном обрабатывают исторические данные, предоставляя информацию о том, что уже произошло. Машинное обучение позволяет строить прогнозные модели, предсказывающие будущие значения показателей, основываясь на исторических данных и выявленных закономерностях. Это может быть прогнозирование продаж, спроса, оттока клиентов, финансовых показателей и т.д.

2. Использование глубинного обучения: глубинное обучение позволяет создавать высокоточные модели для решения сложных задач, таких как распознавание образов, обработка естественного языка и др.

3. Оптимизация процессов: машинное обучение позволяет находить оптимальные решения в сложных задачах оптимизации, например, оптимизация маршрутов доставки, расписания производства, ценообразования. Это существенно повышает эффективность бизнеса.

4. Персонализация: с помощью машинного обучения можно создавать персонализированные рекомендации для клиентов, предлагая им товары или услуги, которые им наиболее интересны. Это повышает конверсию и лояльность клиентов.

### **Цель и задачи исследования**

Целью работы является обоснование и демонстрация процесса и результатов применения кластерного анализа методом K-Means в рамках интеллектуальной системы поддержки принятия решений для выбора варианта выполнения проекта.

Задачи исследования:

- провести анализ применяемых в интеллектуальных системах поддержки принятия решений методов машинного обучения;
- сформировать теоретическое обоснование выбора кластерного анализа методом K-Means для использования в качестве одного из модулей анализа данных в рамках разрабатываемой авторами автоматизированной системы поддержки принятия решений по отбору эффективных вариантов ведения проекта;
- описать применение выбранного метода в рамках разрабатываемой авторами интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

### **Разновидности используемых в СППР методов машинного обучения**

Ниже представлен обзор основных направлений использования машинного обучения в СППР, составленный на основе исследования Флаха П. [7]:

1. Прогнозирование и предсказательное моделирование.

Задача: предсказание будущих значений или событий на основе исторических данных для улучшения планирования и оптимизации ресурсов.

Методы и модели:

- Временные ряды (ARIMA, Exponential Smoothing, Prophet, LSTM).

Применение: прогнозирование спроса, продаж, трафика, загруженности транспортных сетей.

- Регрессионные модели (Linear Regression, Polynomial Regression, SVR, Random Forest, Gradient Boosting).

Применение: прогнозирование финансовых показателей, цен на рынке, оценки рисков.

2. Классификация и категоризация.

Задача: отнесение объектов к определенным категориям или классам для автоматизации принятия решений и выявления закономерностей.

Методы и модели:

- Логистическая регрессия (Logistic Regression), SVM, Наивный байесовский классификатор (Naive Bayes).

Применение: оценка кредитоспособности, диагностика заболеваний, выявление мошеннических операций, классификация клиентов.

- Деревья решений (Decision Trees), Случайный лес (Random Forest), Градиентный бустинг (Gradient Boosting), Нейронные сети (Neural Networks).

Применение: классификация рисков, выявление клиентов, склонных к оттоку, анализ тональности.

3. Рекомендательные системы.

Задача: предоставление персонализированных рекомендаций пользователям для увеличения продаж, улучшения удовлетворенности и оптимизации процессов.

Метод и модель:

– Коллаборативная фильтрация (Collaborative Filtering), Content-based filtering, Матричная факторизация (Matrix Factorization).

Применение: Рекомендации продуктов, поставщиков, маршрутов, инвестиций.

4. Оптимизация и анализ данных.

Задача: оптимизация параметров системы для достижения определенной цели и выявление скрытых закономерностей для улучшения эффективности и принятия обоснованных решений.

Методы и модели:

– Генетические алгоритмы (Genetic Algorithms), Метод имитации отжига (Simulated Annealing).

Применение: Оптимизация логистических цепочек, составление расписаний, управление ресурсами.

– Методы уменьшения размерности (PCA, t-SNE), Кластеризация (K-Means, DBSCAN).

Применение: визуализация данных, выявление скрытых закономерностей, ускорение обучения моделей.

### **Теоретическое обоснование выбора подхода**

В качестве средства для выполнения анализа вариантов реализации проекта будет выбран метод обучения без учителя, а именно кластерный анализ методом K-Means. Кластеризация позволяет создать объективную классификацию множества альтернатив, определяя скрытые закономерности в многомерном пространстве признаков. Данный метод позволяет сформировать отражающую внутреннее разнообразие стратегических подходов систему из неупорядоченной совокупности вариантов. Кластерный анализ методом K-Means даёт возможность сделать процесс сравнения более объективным, используя формальные показатели, выявить неочевидные компромиссы между различными стратегическими подходами, а также сформировать основу для принятия взвешенных и обоснованных решений, которые зависят от различных факторов.

Кластерный анализ преобразует задачу выбора из дискретной (N вариантов) в комбинаторную (K стратегических классов), что значительно увеличивает результативность аналитической стадии проектирования. Метод предоставляет не только группировку, но и глубокое понимание структуры пространства возможных решений. Он позволяет определить характеристики каждого кластера и сравнить их по полученным метрикам для поддержки принятия управленческого решения в зависимости от поставленных задач, наличия ограничений по финансовым или временным ресурсам и других факторов, которые играют роль в конечной реализации проекта.

Таким образом, кластеризация распределит множество вариантов по группам (кластерам), что позволит оценить разнообразие и схожесть рассчитанных ранее способов реализации проекта, а также сформировать рекомендации с оптимальными группами вариантов для различных сценариев и ограничений. Именно этот метод отлично подойдёт для анализа вариантов реализации проекта и поможет сделать правильный выбор, подходящий под конкретный сценарий.

### **Описание данных для алгоритма**

В качестве исходных данных для кластерного анализа будут использованы характеристики вариантов реализации проекта, представленные в формате JSON на рис. 1.

```

{
  "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],
  "d1.4": [56.00, 178400.00],
  "d1.5": [48.20, 18010.00],
  "d2.1": [25.00, 150800.00],
  "d2.2": [14.00, 84448.00],
  "d2.3": [30.17, 181985.44],
  "d3.1": [2.00, 7800.00],
  "d3.2": [2.00, 82108.25],
  "d3.3": [2.00, 22279.10],
  "d3.4": [2.00, 8800.10],
  "d3.5": [2.00, 7900.00],
  "d3.6": [4.00, 27900.00],
  "d3.7": [3.00, 8000.00],
  "d4.1": [2.00, 381208.00],
  "d4.2": [2.00, 2857800.00],
  "d4.3": [2.00, 3399972.00],
  "d5.1": [12.17, 73409.44],
  "d5.2": [8.17, 49281.44],
  "d6.1": [23.67, 124800.00],
  "d6.2": [32.00, 55313.44],
  "d7.1": [2.00, 361680.00],
  "d7.2": [2.00, 137680.00],
  "d7.3": [2.00, 232680.00],
  "d8.1": [14.00, 49281.44],
  "d8.2": [12.00, 49221.44],
  "d8.3": [14.00, 43281.44],
  "d8.4": [16.00, 49281.44],
  "d8.5": [15.00, 44281.44],
  "job_order":
    "S, m1-m10, D1, D2, D3, D4, D5, D6, m11-m14, D7, m15-m20, D8, F"
}

```

Рис. 1. Варианты реализации проекта в формате JSON

За основу взята структура, разработанная авторами в статье [10]. В ключах JSON-файла указаны работы проекта: m1, m2... mn – работы без опций, d1.1, d1.2... dn.k – работы с опциями, а также порядок работ в ключе “job\_order”, в котором опции сгруппированы и обозначаются D1, D2... Dn, а начало и конец проекта обозначены S и F соответственно.

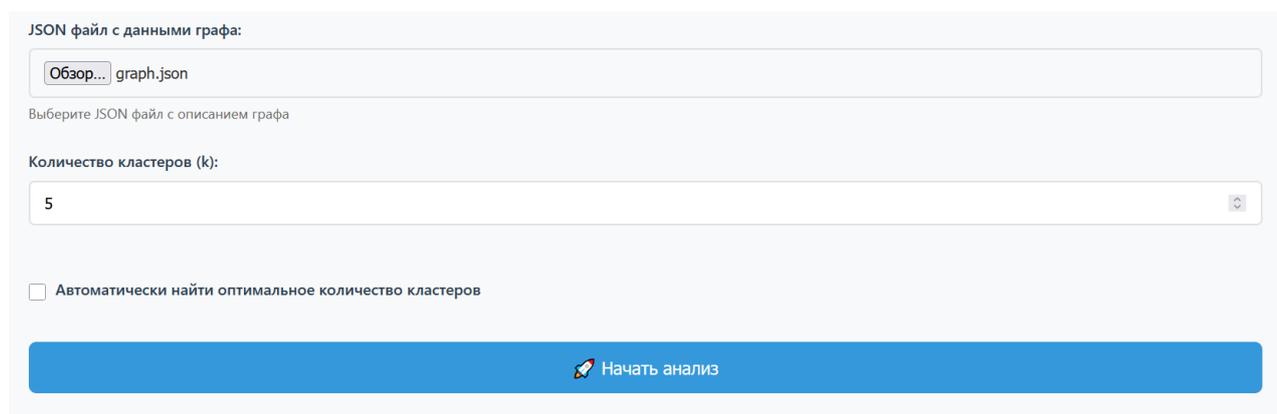
У каждой работы указаны время в часах и стоимость в тысячах рублей. В отличие от структуры из статьи [10], порядок работ помещён в единый ключ для удобства восприятия и упрощения алгоритма расчёта всех вариантов реализации, а также убрана характеристика научно-технического уровня у работ, так как её использование не является приоритетным для выполнения поставленной задачи реализации проекта и не оказывает значительного влияния на выбор варианта.

## Примеры применения кластерного анализа для выбранных данных

В ключах JSON-файла указаны работы проекта: m1, m2... mn – работы без опций, d1.1, d1.2... dn.k – работы с опциями, а также порядок работ, в котором опции сгруппированы и обозначаются D1, D2... Dn, а начало и конец проекта обозначены S и F соответственно. У каждой работы указаны время в часах и стоимость в тысячах рублей.

Далее передадим интеллектуальной системе поддержки принятия решений, разрабатываемой авторами, сформированный JSON-файл. Данная система поддержки принятия решений рассматривает описание вариантов выполнения проекта как альтернативный граф, на основе которого рассчитываются все варианты и отбираются эффективные. Подробное описание алгоритма расчёта и отбора вариантов представлено в статье [10].

В качестве параметров укажем 5 кластеров (рис. 2).



JSON файл с данными графа:

Обзор... graph.json

Выберите JSON файл с описанием графа

Количество кластеров (k):

5

Автоматически найти оптимальное количество кластеров

Начать анализ

Рис. 2. Интерфейс интеллектуальной системы поддержки принятия решений, передача исходных данных и выбор параметров кластеризации

Результаты кластеризации представлены на рис. 3-6.

### Сводка анализа

Всего вариантов	Эффективных вариантов	Среднее время	Средняя стоимость
<b>18900</b>	<b>283</b>	<b>657.0 ч.</b>	<b>3687969 руб.</b>

#### Снижение времени

1.7%

#### Снижение стоимости

35.6%

Все варианты				
Номер	Работы	Время (ч.)	Стоимость (руб.)	Уровень
1	S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.1,...	660.36	4073006	1
2	S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.1,...	658.36	4072946	1
3	S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.1,...	660.36	4067006	1
4	S, m1-m10, d1.1, d2.1, d3.1, d4.1, d5.1, d6.1,...	662.36	4073006	1

Эффективные варианты				
Номер	Работы	Время (ч.)	Стоимость (руб.)	Уровень
1281	S, m1-m10, d1.1, d2.2, d3.1, d4.1, d5.1, d6.2,...	657.69	3713168	1
1282	S, m1-m10, d1.1, d2.2, d3.1, d4.1, d5.1, d6.2,...	655.69	3713108	1
1283	S, m1-m10, d1.1, d2.2, d3.1, d4.1, d5.1, d6.2,...	657.69	3707168	1
1284	S, m1-m10, d1.1, d2.2, d3.1, d4.1, d5.1, d6.2,...	659.69	3713168	1

Рис. 3. Результаты расчёта эффективных вариантов

## Результаты кластеризации

### Параметры кластеризации

- Количество кластеров: 5
- Средний индекс силуэта: 0.643
- Количество кластеров с данными: 5

Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5
<b>Размер:</b> 120 вариантов	<b>Размер:</b> 25 вариантов	<b>Размер:</b> 72 вариантов	<b>Размер:</b> 14 вариантов	<b>Размер:</b> 52 вариантов
<b>Центр кластера:</b> Время: 656.9 ч. Стоимость: 3706498 руб.	<b>Центр кластера:</b> Время: 654.5 ч. Стоимость: 3618794 руб.	<b>Центр кластера:</b> Время: 656.4 ч. Стоимость: 3737995 руб.	<b>Центр кластера:</b> Время: 660.9 ч. Стоимость: 3552811 руб.	<b>Центр кластера:</b> Время: 658.2 ч. Стоимость: 3645587 руб.
<b>Диапазон времени:</b> 651.2-661.6 ч.	<b>Диапазон времени:</b> 651.2-661.6 ч.	<b>Диапазон времени:</b> 643.4-661.5 ч.	<b>Диапазон времени:</b> 659.6-661.6 ч.	<b>Диапазон времени:</b> 651.2-661.6 ч.
<b>Диапазон стоимости:</b> 3683040-3721647 руб.	<b>Диапазон стоимости:</b> 3613249-3628728 руб.	<b>Диапазон стоимости:</b> 3722647-3758466 руб.	<b>Диапазон стоимости:</b> 3543763-3569803 руб.	<b>Диапазон стоимости:</b> 3633349-3664803 руб.
<b>Средний силуэт:</b> 0.625	<b>Средний силуэт:</b> 0.816	<b>Средний силуэт:</b> 0.591	<b>Средний силуэт:</b> 0.858	<b>Средний силуэт:</b> 0.613

Рис. 4. Результаты кластеризации

## Визуализация

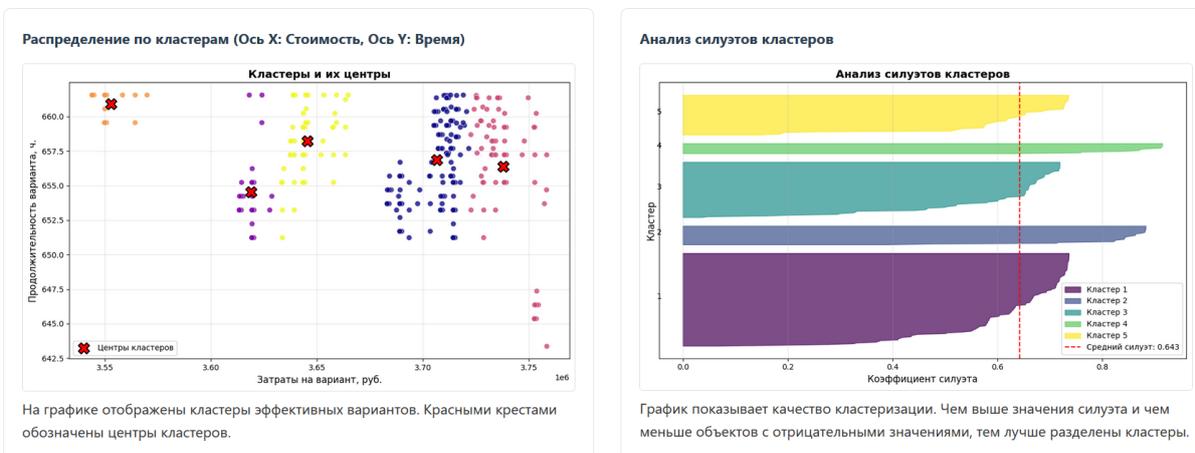


Рис. 5. Визуализация кластеров и кластерных силуэтов с помощью графиков

### Конкретные рекомендации

**Самый быстрый кластер**  
Кластер 2

*Когда использовать:* Используйте для срочных проектов, где время критично

**Внимание:** Может быть самым дорогим решением

**Самый дешевый кластер**  
Кластер 4

*Когда использовать:* Используйте при ограниченном бюджете

**Внимание:** Может быть самым медленным решением

**Самый плотный кластер**  
Кластер 1

*Когда использовать:* Используйте, когда нужна предсказуемость результатов

**Внимание:** Меньше разнообразия вариантов

### Общие рекомендации

**Warning:** Маленькие кластеры (2, 4) содержат уникальные варианты. Рассмотрите их для нестандартных решений.

### Рекомендации по улучшению

**Success:** Кластеры 1, 2, 3, 4, 5 имеют хорошее качество разделения (силуэт > 0.5)

Рис. 6. Рекомендации по кластерам, сформированные системой поддержки принятия решений

Система поддержки принятия решений рассчитала все варианты, отобрала эффективные и разделила их на 5 кластеров, а также сформировала рекомендации, выбрав кластеры для разных сценариев. По результатам анализа кластер 2 подойдёт для случая, когда временные затраты первостепенны; кластер 4 будет оптимальным выбором при ограниченных финансовых ресурсах. Кластер 1 имеет самую высокую плотность, значит, варианты, которые к нему относятся, более похожи друг на друга, и результат при выборе вариантов из этого кластера будет более предсказуем, чем при выборе из других кластеров.

Чтобы не выбирать количество кластеров вручную, можно подобрать оптимальное число. Существуют различные методы выбора оптимального числа кластеров, например, метод локтя, в котором выбор происходит по графику зависимости суммарной внутрикластерной дисперсии от количества кластеров [8]. Однако более эффективным считается метод кластерных силуэтов, алгоритм работы которого выглядит следующим образом:

1. Для каждого количества кластеров из диапазона вычисляются значения коэффициенты кластерных силуэтов.
2. Далее для каждого количества кластеров из диапазона вычисляется среднее значение коэффициентов кластерных силуэтов на основе значений из пункта 1.
3. Вычисляется максимальный коэффициент кластерного силуэта из значений, полученных в пункте 2.

Число кластеров с максимальным значением коэффициента кластерного силуэта и будет считаться эффективным по результатам применения данного метода [9]. Воспользуемся методом кластерных силуэтов, изменив параметры передачи данных системе: активируем опцию «Автоматически найти оптимальное число кластеров» при передаче данных о вариантах реализации проекта автоматизированной системе поддержке принятия решений, а также укажем верхнюю границу поиска количества кластеров как показано на рис. 7.

Рис. 7. Изменённые параметры передачи данных системе

После расчётов получим следующие результаты кластеризации (рис. 8-10):

### Результаты кластеризации

#### Параметры кластеризации

- Количество кластеров: 2
- Средний индекс силуэта: 0.726
- Количество кластеров с данными: 2

Кластер 1	Кластер 2
<b>Размер:</b> 192 вариантов	<b>Размер:</b> 91 вариантов
<b>Центр кластера:</b> Время: 656.7 ч. Стоимость: 3718309 руб.	<b>Центр кластера:</b> Время: 657.6 ч. Стоимость: 3623953 руб.
<b>Диапазон времени:</b> 643.4-661.6 ч.	<b>Диапазон времени:</b> 651.2-661.6 ч.
<b>Диапазон стоимости:</b> 3683040-3758466 руб.	<b>Диапазон стоимости:</b> 3543763-3664803 руб.
<b>Средний силуэт:</b> 0.770	<b>Средний силуэт:</b> 0.633

Рис. 8. Новые результаты кластеризации

## Визуализация

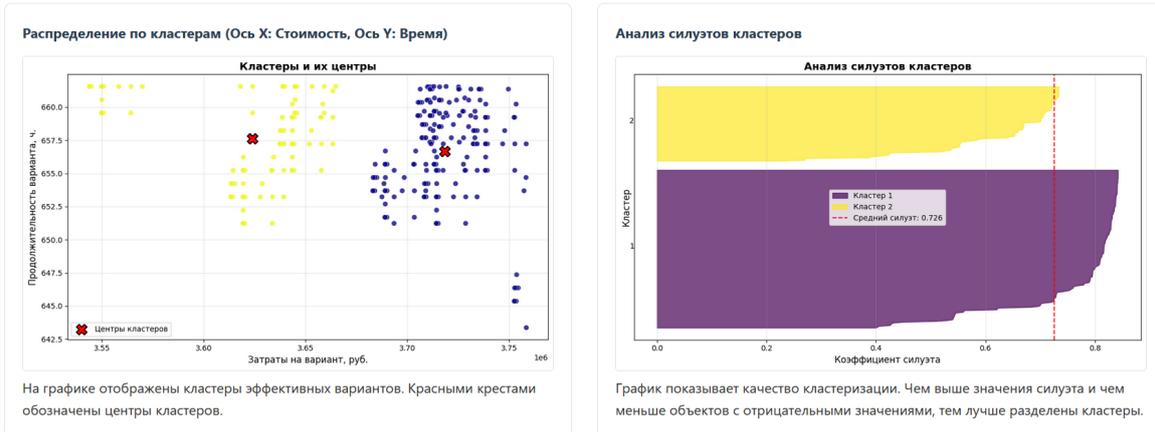


Рис. 9. Новые графики кластеров и кластерных силуэтов

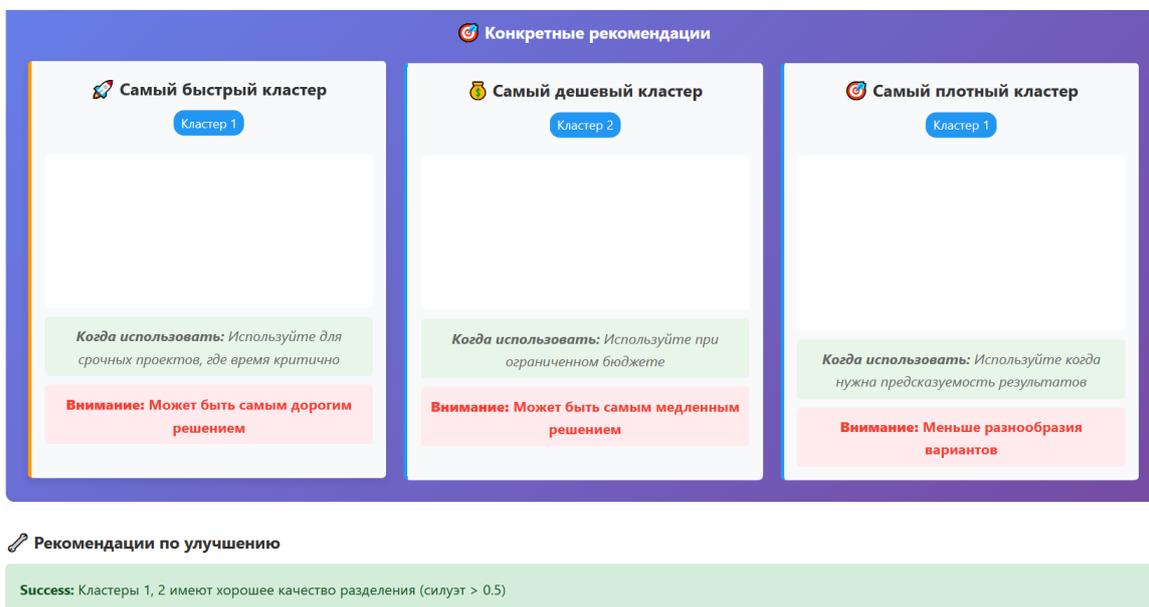


Рис. 10. Новые рекомендации по кластерам

Оптимальное число кластеров, определённое с применением метода кластерных силуэтов, оказалось равным 2. Система поддержки принятия решений определила первый кластер как эффективный по времени и подходящий при наличии ограничений по данному критерию. Второй кластер оказался эффективным по стоимости и подходящим для сценариев с ограниченным бюджетом. Самым плотным и предсказуемым по поведению кластером оказался первый.

Таким образом, разрабатываемая авторами интеллектуальная система поддержки принятия решений позволяет не только отобрать эффективные варианты реализации проекта из всех возможных, но и сгруппировать данные варианты, а также предоставить рекомендации по сформированным кластерам вариантов для принятия решения о реализации проекта, подходящего под определённый сценарий. Результаты кластерного анализа методом K-Means и рекомендации на основе данного анализа позволяют принимать решение о выборе варианта с учётом различных факторов, таких как ограниченность финансовых или временных ресурсов, а также необходимость предсказуемости результатов вне зависимости от выбранного варианта. Кластерный анализ окажет значительную поддержку в принятии верного управленческого решения и станет отличным фундаментом для аналитики различных опций выполнения того или иного проекта.

## Заключение

В данной статье представлены результаты использования кластерного анализа методом K-Means для анализа эффективных вариантов реализации выбранного проекта по группам.

Были описаны различные методы и алгоритмы машинного обучения, которые применяются в интеллектуальных системах поддержки принятия решений. Далее был обоснован выбор кластерного анализа из рассмотренных ранее методов для решения поставленной задачи. Для подтверждения теоретических положений было продемонстрировано применение кластерного анализа с заданным пользователем количеством кластеров и с поиском оптимального значения количества кластеров с применением метода кластерных силуэтов. Система поддержки принятия решений сгруппировала эффективные варианты по кластерам и сформировала рекомендации на основе полученных кластеров для разных сценариев реализации проекта.

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

- реализация удобного средства выбора вариантов реализации проекта в зависимости от поставленных задач;
- разработка эффективного метода формирования рекомендаций на основе больших массивов данных для поддержки принятия управленческого решения;
- разработка прототипа интеллектуальной системы поддержки принятия решений, на основе которого можно создать мощный аналитический инструмент для использования в деятельности государственных организаций, коммерческих предприятий и т.д. для поддержки принятия управленческих решений в рамках деятельности данных организаций;
- возможность масштабирования способа применения кластеризации и применения алгоритма для анализа в схожих или отличных предметных областях.

## Литература

1. Барсегян А. А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 336 с.
2. Барсегян А. А. Технологии анализа данных: Data Mining, Text Mining, Visual Mining, OLAP. 2 изд. / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. - 384 с
3. Конев К. А. Использование методов машинного обучения в задачах принятия решений при обеспечении качества в приборостроении //Экономика. Информатика. – 2022. – Т. 49. – №. 4. – С. 820-832.
4. Антонов В. В., Конев К. А. Интеллектуальный метод поддержки принятия решений в типовой ситуации //Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11. – №. 1 (39). – С. 126-136.
5. Савенков П. А. Использование методов и алгоритмов машинного обучения в системах поддержки принятия управленческих решений //Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – №. 2. – С. 213-218.
6. Стародубцев А. А. Система поддержки принятия решений //Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – Т. 2. – №. 12. – С. 99-101.
7. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. – Litres, 2022.
8. Орехов А. В. Аппроксимационно-оценочные критерии (аналитическое обобщение эвристического «метода локтя») //Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2025. – Т. 21. – №. 3. – С. 373-384.
9. Репина С. И. Проверка качества кластеров с помощью силуэтного анализа //Экономика и социум. – 2024. – №. 9 (124). – С. 958-975.
10. Краснов, С. В. К вопросу реализации алгоритма выбора эффективных вариантов реализации проекта для систем поддержки принятия решений / С.В. Краснов, М.И. Иванов, С.А. Краснова // Журнал исследований по управлению. – 2025. – Т. 11, № 4. – С. 24-33.