

# ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ОБЛАЧНЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ангапов В.Д.

*Ангапов Василий Данилович – старший системный архитектор,  
Digital IQ,  
г. Москва*

**Аннотация:** в данной статье проведен сравнительный анализ платформ для машинного обучения, таких как Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP), Yandex DataSphere и ML Space. Рассмотрены критерии, относящиеся к работе с машинным обучением, такие как инструменты и сервисы, интеграция, гибкость и масштабируемость, безопасность и совместная работа. Выяснено, что каждая платформа предлагает свой уникальный набор инструментов и сервисов для разработки моделей машинного обучения. AWS, Azure и GCP обладают широкими возможностями интеграции с другими сервисами, в то время как ML Space предоставляет специализированные решения и инструменты для полного цикла разработки.

**Ключевые слова:** облачная платформа, машинное обучение, искусственный интеллект, полный цикл разработки, обучение модели.

## OVERVIEW OF MODERN CLOUD PLATFORMS FOR MACHINE LEARNING PURPOSES

Angapov V.D.

*Angapov Vasily Danilovich – senior system architect,  
DIGITAL IQ,  
MOSCOW*

**Abstract:** this article compares machine learning platforms such as Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP), Yandex DataSphere, and ML Space. Considered criteria related to working with machine learning, such as tools and services, integration, flexibility and scalability, security and collaboration. It was found that each platform offers its own unique set of tools and services for developing machine-learning models. AWS, Azure, and GCP provide rich integrations with other services, while ML Space provide specialized solutions and tools for the full development cycle.

**Keywords:** cloud platform, machine learning, artificial intelligence, full development cycle, model training.

УДК 004.75

### Введение

Машинное обучение находит широкое применение во многих областях, таких как обработка естественного языка, компьютерное зрение, медицина, финансы, автономные транспортные средства и многие другие, предоставляя средства для автоматизации задач и создания интеллектуальных систем.

Целью данной работы является исследование современных облачных платформ для целей машинного обучения.

В рамках данной работы необходимо решить ряд задач:

- раскрыть понятие машинное обучение;
- исследовать жизненный цикл машинного обучения в облачных системах;
- провести анализ популярных облачных систем, предоставляющих возможность машинного обучения;
- сформулировать выводы по исследованным облачным системам.

### Машинное обучение и облачные системы

Машинное обучение (Machine Learning) – это подраздел искусственного интеллекта (ИИ), который относится к разработке алгоритмов и моделей, позволяющих компьютерам извлекать знания и обучаться на основе данных, без явного программирования. В основе машинного обучения лежит идея обучения компьютера на определенном наборе данных, чтобы он мог обнаруживать закономерности, делать прогнозы и принимать решения на новых данных [1, 3, 5].

Основной процесс машинного обучения состоит из нескольких этапов:

1. Задача и выбор данных;
2. Выбор модели;
3. Обучение;
4. Оценка и настройка;
5. Применение.

Облачные системы предоставляют возможность масштабирования ресурсов в зависимости от текущих потребностей. Пользователи могут легко увеличивать или уменьшать доступные ресурсы, такие как процессоры, память и хранилище, в зависимости от объема работы. Пользователи получают доступ к облачным сервисам через интернет, что позволяет работать с данными и приложениями из любого устройства, имеющего доступ к сети [2, 4].

Облачные системы используются в современных задачах машинного обучения. Жизненный цикл проекта в облачных системах зависит от особенностей самого проекта, но в большинстве случаев он выглядит так, как показано на рисунке 1.



Рис. 1. Жизненный цикл машинного обучения в облачных системах.

Инфраструктура и обслуживание поддерживаются поставщиком облачных услуг, что позволяет пользователям сосредоточиться на разработке приложений и решении задач, а не на администрировании и обслуживании оборудования. Облачные услуги обычно работают по модели оплаты за использование. Пользователи платят только за реально использованные ресурсы, что делает модель экономически более гибкой [7].

Облачные системы предлагают полный цикл разработки и развертывания моделей машинного обучения, обеспечивая эффективную работу с данными, мощные вычислительные ресурсы, инструменты оценки и настройки моделей, возможности развертывания, мониторинга и масштабирования. Это позволяет ускорить и упростить процесс разработки и внедрения моделей машинного обучения [6].

Serverless (или функции как услуга, Functions as a Service - FaaS) – это модель облачных вычислений, которая позволяет разработчикам создавать и развертывать код в виде небольших функций, выполняющих определенные задачи, без необходимости управления инфраструктурой серверов. При запуске функции облачный провайдер автоматически управляет масштабированием и выделением ресурсов для выполнения функции. Функции запускаются по требованию и только в момент необходимости, что позволяет оптимизировать использование ресурсов и платить только за фактически использованное время выполнения функций.

#### **Amazon Web Services**

Amazon Web Services (AWS) – это облачная платформа, предоставляемая компанией Amazon, которая предлагает широкий спектр облачных услуг для хранения данных, обработки, анализа, разработки приложений и многого другого. AWS также предоставляет множество инструментов и сервисов, которые можно использовать для машинного обучения.

Можно выделить следующие ключевые сервисы AWS, которые поддерживают машинное обучение.

Amazon SageMaker – это полноценная платформа для разработки, обучения и развертывания моделей машинного обучения. SageMaker предоставляет инструменты для создания и обучения моделей с использованием популярных фреймворков машинного обучения, таких как TensorFlow и PyTorch [14].

Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud) предоставляет виртуальные серверы в облаке, которые можно использовать для запуска и масштабирования вычислительных ресурсов для обучения моделей машинного обучения [15].

Amazon S3 (Simple Storage Service) является хранилищем объектов в облаке, которое обеспечивает высокую доступность, масштабируемость и надежность. S3 может использоваться для хранения больших объемов данных, включая наборы данных для обучения моделей машинного обучения [16].

AWS предлагает сервис AWS Lambda для создания и запуска функций в среде Serverless. Можно использовать AWS Lambda для запуска машинно-обученных моделей в ответ на события или запросы. Например, можно создать функцию Lambda, которая обрабатывает изображения, используя предварительно обученную модель компьютерного зрения, или функцию, которая классифицирует текстовые данные с помощью модели машинного обучения [9].

AWS Free Tier предоставляет некоторые услуги, которые могут быть полезными для машинного обучения, в течение первого года бесплатно. Это включает в себя некоторое количество времени использования Amazon EC2, Amazon S3, Amazon RDS и других сервисов, которые можно использовать для хранения данных, развертывания моделей и выполнения обучения. Например, можно получить до 750 часов в месяц использования Amazon EC2 инстансов типа t2.micro бесплатно в течение первого года [9].

Основные преимущества и недостатки Amazon Web Services при решении задач машинного обучения показаны в таблице 1.

Таблица 1. Преимущества и недостатки Amazon Web Services.

№	Преимущества	Недостатки
1	Широкий набор инструментов и сервисов для машинного обучения, включая Amazon SageMaker, которая предоставляет удобную платформу для разработки, обучения и развертывания моделей.	Иногда может быть сложно определить оптимальную конфигурацию ресурсов для задач машинного обучения, требуется некоторая экспертиза в выборе правильного набора сервисов.
2	Интеграция с другими сервисами AWS, такими как S3 для хранения и доступа к данным, Redshift для аналитической обработки данных и другими, обеспечивает легкость в работе с данными и их масштабировании.	Сложности в использовании некоторых сервисов могут возникнуть у новичков в области облачных технологий и машинного обучения.
3	Гибкость и масштабируемость ресурсов, позволяющие адаптировать вычислительные и хранилищеские ресурсы под требования задач машинного обучения.	Некоторые сервисы и функции могут иметь сложную структуру и требовать времени на изучение документации для их эффективного использования.
4	Большой объем документации, обучающих материалов и сообщества разработчиков, что облегчает изучение и использование платформы AWS для машинного обучения.	Некоторые сервисы могут быть относительно дорогими, особенно при использовании большого объема ресурсов.
5	Обеспечение безопасности данных с помощью различных механизмов, включая управление доступом, шифрование и аудит.	Может потребоваться определенное время для освоения платформы и настройки инфраструктуры для работы с машинным обучением.

AWS обеспечивает масштабируемость, гибкость и доступность для решений машинного обучения, а также обладает высоким уровнем безопасности и надежности. Пользователи могут арендовать и настраивать требуемые ресурсы, а также использовать широкий выбор инструментов для разработки и развертывания моделей машинного обучения.

#### Microsoft Azure

Microsoft Azure – это облачная платформа, предоставляемая компанией Microsoft, которая предлагает широкий спектр облачных услуг для хранения данных, разработки приложений, анализа данных и многого другого. Azure также предоставляет набор инструментов и сервисов для работы с машинным обучением [12].

Azure предлагает несколько ключевых сервисов для машинного обучения:

1. Azure Machine Learning – это платформа, которая упрощает разработку, обучение и развертывание моделей машинного обучения. Azure Machine Learning предоставляет среду для создания моделей с использованием популярных фреймворков, таких как TensorFlow и PyTorch [17].

2. Azure Databricks – это управляемый сервис аналитики данных, который интегрируется с Azure. Он предоставляет среду для обработки и анализа больших объемов данных и поддерживает интеграцию с популярными инструментами машинного обучения, такими как TensorFlow, PyTorch и scikit-learn [18].

3. Azure Cognitive Services – это сервисы и API, предоставляемые Azure, для работы с обработкой естественного языка, компьютерным зрением, речью и другими когнитивными возможностями [19].

Можно выделить следующие преимущества Microsoft Azure в области машинного обучения:

### 1. Интеграция с другими инструментами Microsoft.

Azure интегрируется с другими платформами и инструментами Microsoft, такими как Microsoft Office, Power BI и SQL Server. Это обеспечивает удобство и гибкость при работе с данными и приложениями.

### 2. Широкий выбор сервисов.

Azure предлагает широкий спектр сервисов для машинного обучения, аналитики данных и облачных вычислений. Это позволяет пользователям выбрать наиболее подходящие инструменты и услуги в соответствии с их потребностями.

### 3. Масштабируемость и гибкость.

Azure предоставляет возможность масштабирования ресурсов в зависимости от требований приложений и моделей машинного обучения. Пользователи могут увеличивать или уменьшать вычислительные ресурсы в соответствии с объемом работы.

### 4. Обеспечение безопасности.

Azure обладает высоким уровнем безопасности и конфиденциальности данных. Он предлагает инструменты для управления доступом, шифрования данных и мониторинга безопасности.

Azure предлагает сервис Azure Functions для разработки функций Serverless. С помощью Azure Functions можно развернуть машинно-обученные модели, написанные на языках программирования, таких как Python или C#, и вызывать их в ответ на события или запросы.

На рисунке 2 показан интерфейс рабочей области с примером процесса машинного обучения в Microsoft Azure.

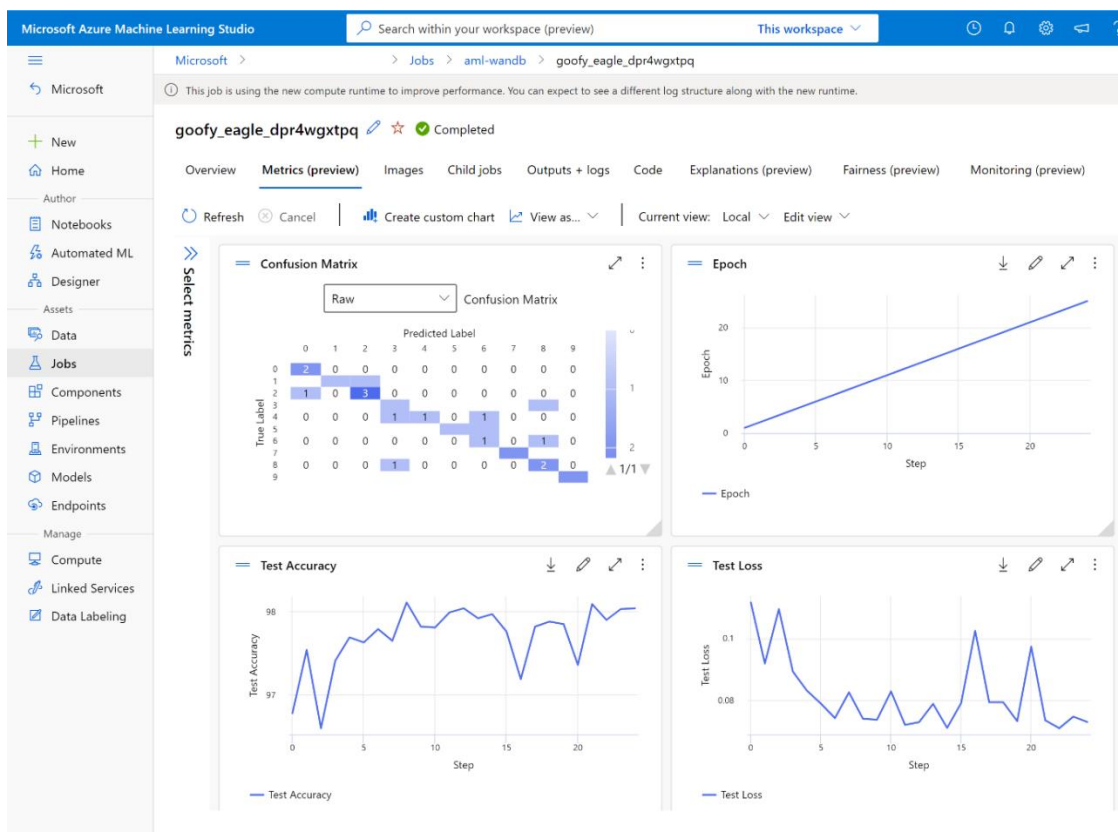


Рис. 2. Интерфейс рабочей области Microsoft Azure.

Для новичков может быть сложным освоение Azure и его различных сервисов, особенно при использовании продвинутых функций и интеграций. В некоторых случаях масштабирование ресурсов в Azure может быть ограничено или требовать дополнительных настроек и оплаты [12].

Azure Free Account предоставляет некоторые услуги бесплатно в течение первых 12 месяцев, а также постоянные бесплатные услуги. В рамках бесплатного тарифа вы можете получить кредит на использование Azure в размере 200 долларов США на 30 дней и использовать определенные сервисы бесплатно. Например, можно получить бесплатное время выполнения виртуальных машин Azure и хранение данных в Azure Storage.

Таким образом, Microsoft Azure предоставляет мощные инструменты и сервисы для работы с машинным обучением, аналитикой данных и облачными вычислениями.

## Google Cloud Platform

Google Cloud Platform (GCP) – это облачная платформа, предоставляемая компанией Google, которая предлагает широкий спектр облачных услуг для хранения данных, разработки приложений, аналитики данных и других вычислительных задач. GCP также предоставляет ряд инструментов и сервисов, которые могут быть использованы для машинного обучения [13].

Можно выделить несколько ключевых сервисов GCP, которые поддерживают машинное обучение:

1. Google Cloud AI Platform – это платформа для разработки, обучения и развертывания моделей машинного обучения. Cloud AI Platform предоставляет инструменты для создания и обучения моделей с использованием популярных фреймворков, таких как TensorFlow и scikit-learn [20].

2. Google Cloud AutoML – это серия инструментов, которые позволяют разработчикам с ограниченным опытом в области машинного обучения создавать модели автоматически [21].

3. Google Colab – это интерактивная среда для разработки и обучения моделей машинного обучения, доступная через браузер. Она предоставляет предустановленные библиотеки и ресурсы вычислительной мощности, а также позволяет совместно работать над проектами с другими пользователями [22].

GCP предоставляет сервис Cloud Functions для разработки функций Serverless. С помощью Cloud Functions можно создавать и запускать машинно-обученные модели в ответ на события и запросы. GCP также предоставляет сервисы, такие как Cloud Machine Learning Engine, который позволяет обучать модели машинного обучения на больших объемах данных и развертывать их с использованием функций Serverless.

Google Cloud Platform в области машинного обучения обладает рядом существенных преимуществ, например, следующих:

1. Мощные инструменты и экосистема.

GCP предоставляет широкий спектр инструментов и сервисов, разработанных Google, включая TensorFlow и другие, что делает интеграцию и работу с моделями машинного обучения более удобной.

2. Высокая производительность и масштабируемость.

GCP обеспечивает высокую вычислительную мощность и масштабируемость, позволяющие обрабатывать большие объемы данных и выполнять вычисления в режиме реального времени.

3. Интеграция с другими сервисами Google.

GCP интегрируется с другими сервисами Google, такими как Google Cloud Storage, Google BigQuery и Google Data Studio, что упрощает работу с данными и создание полных решений на основе машинного обучения.

4. Глубокое обучение и искусственный интеллект.

GCP активно разрабатывает и поддерживает инновационные сервисы и инструменты в области глубокого обучения и искусственного интеллекта, такие как AutoML и AI Platform, что упрощает процесс разработки и развертывания моделей.

Можно выделить следующие недостатки Google Cloud Platform:

– большой порог вхождения;

– ограничения на использование бесплатного периода.

Google Cloud Free Tier предоставляет некоторые услуги бесплатно на протяжении первых 12 месяцев, а также предоставляет постоянно бесплатные услуги, которые можно использовать в машинном обучении. Также есть ограниченное бесплатное время использования Google Cloud TPU для выполнения задач машинного обучения.

Таким образом, Google Cloud Platform предоставляет мощные инструменты и сервисы для работы с машинным обучением, обработкой данных и анализом. Он обеспечивает высокую производительность, гибкость и интеграцию с другими сервисами Google.

### **Yandex DataSphere**

Yandex DataSphere – это сервис для разработки машинного обучения с удобным интерфейсом, который предоставляет все необходимые инструменты и масштабируемые облачные ресурсы для полного цикла разработки моделей машинного обучения.

Функционал Yandex DataSphere относительно работы с машинным обучением включает в себя следующие аспекты:

1. Гибкость и масштабируемость облака.

Пользователи могут выбирать необходимую конфигурацию вычислительных ресурсов и мгновенно использовать их для обучения моделей. Облачные ресурсы масштабируются динамически в соответствии с потребностями.

2. Режимы Serverless и Dedicated.

Пользователи могут выбрать между режимами Serverless и Dedicated. В режиме Serverless они могут определить конфигурации вычислительных ресурсов для конкретных ячеек кода и платить только за время вычислений. В режиме Dedicated пользователи могут зарезервировать виртуальные машины и ускорить процесс разработки.

3. Знакомые IDE.

В Yandex DataSphere используется знакомый интерфейс Jupyter Notebook в качестве среды для решения задач. Пользователи могут подключать популярные библиотеки, такие как TensorFlow и PyTorch, для анализа данных и машинного обучения.

#### 4. Гибкое управление ресурсами.

Пользователи могут управлять данными в своих проектах, сохранять их в датасеты и настраивать подключения к базам данных или Object Storage в едином интерфейсе.

#### 5. Командная работа.

Yandex DataSphere позволяет совместно работать над созданием моделей машинного обучения с коллегами. Пользователи могут делиться кодом проекта и настраивать бюджеты для команд в организации.

Yandex DataSphere предоставляет возможности для разработки и развертывания моделей машинного обучения в Serverless-окружении. С помощью DataSphere можно создавать функции, которые выполняют различные задачи машинного обучения, такие как обработка данных, обучение моделей и классификация данных.

Можно выделить следующие преимущества Yandex DataSphere:

- удобный интерфейс;
- масштабируемость облака;
- режимы Serverless и Dedicated;
- знакомая среда разработки;
- гибкое управление ресурсами;
- простое развертывание [10].

Yandex DataSphere может быть доступен только в определенных регионах, что ограничивает его использование в некоторых странах. Возможно, некоторые функции и возможности машинного обучения могут быть ограничены в рамках предоставляемого сервиса. Также возможности интеграции с другими сервисами и платформами могут быть ограничены или требовать дополнительной настройки.

Таким образом, Yandex DataSphere предоставляет удобный сервис для разработки моделей машинного обучения с облачными ресурсами и широким функционалом. Он обеспечивает простоту использования, масштабируемость и гибкость при работе с моделями машинного обучения в облаке.

Yandex запускает free tier сервиса ML-разработки в облаке Yandex DataSphere для вузов. Бесплатный доступ к инструменту поможет образовательным организациям увеличить количество программ по машинному обучению и улучшить их качество.

Платформа Yandex Cloud имеет аттестат соответствия ИСПДн требованиям безопасности информации и персональных данных, а также выполняет все требования ФЗ-152 (УЗ-1), постановления правительства № 1119 и Приказа ФСТЭК № 21.

#### **ML Space**

ML Space – это российская платформа для разработки машинного обучения полного цикла и совместной работы команды специалистов по науке о данных [11].

Можно выделить следующие основные преимущества при использовании ML Space относительно работы с машинным обучением включает:

- поддержка полного цикла разработки;
- экономия времени;
- повышение уровня зрелости проектов машинного обучения;
- защита от утечек информации;
- гибкость и масштабируемость;
- безопасность.

С помощью ML Space можно создавать функции, которые выполняют обучение моделей, предсказания и другие задачи машинного обучения, используя различные инструменты и библиотеки по Serverless технологии.

ML Space предоставляет привычную среду разработки с использованием Jupyter Notebook и Jupyter Lab, а также поддерживает совместную работу, кастомные образы и гибкое масштабирование ресурсов. Платформа предлагает различные типы вычислительных ресурсов, включая CPU и GPU Tesla, с возможностью оплаты по мере использования (PAY-AS-YOU-GO).

Бесплатный тестовый доступ к системе предоставляется по запросу.

Работа с пользовательскими данными регулируется законодательными актами федерального уровня и внутренней политикой компании Cloud.ru. Политика конфиденциальности опубликована на нашем сайте. Платформа ML Space соответствует требованиям федерального закона ФЗ-152 «О персональных данных», уровня УЗ-1.

#### **Специализированные типы инстансов**

AWS Inferentia – это специализированный аппаратный акселератор, разработанный Amazon Web Services (AWS) для выполнения инференса моделей машинного обучения. Он предназначен для

обработки больших объемов данных и обеспечивает высокую производительность при выполнении задач машинного обучения. Inferentia использует собственную архитектуру, оптимизированную для выполнения операций инференса, и поддерживает популярные фреймворки машинного обучения, такие как TensorFlow, PyTorch и ONNX. Преимущества Inferentia перед обычными GPU инстансами включают высокую производительность, энергоэффективность и возможность масштабирования для обработки больших нагрузок инференса.

AWS Trainium – это специализированный инстанс, предназначенный для выполнения задач обучения моделей машинного обучения. Он разработан для обеспечения высокой производительности и эффективности при обучении моделей на больших объемах данных. Trainium поддерживает популярные фреймворки машинного обучения, такие как TensorFlow и PyTorch, и предлагает возможность горизонтального масштабирования для ускорения обучения моделей. Преимущества Trainium включают высокую производительность, оптимизацию для задач обучения моделей и возможность эффективного использования ресурсов в облаке.

Google Cloud TPU (Tensor Processing Unit) – это специализированная аппаратная платформа, разработанная Google Cloud Platform (GCP) для ускорения выполнения задач машинного обучения. TPU предоставляет высокую производительность для обучения и инференса моделей машинного обучения. Он оптимизирован для работы с фреймворком TensorFlow и предлагает высокую энергоэффективность. TPU поддерживает горизонтальное масштабирование для обработки больших объемов данных и выполнения сложных вычислений. Преимущества Google Cloud TPU включают высокую производительность, энергоэффективность и интеграцию с фреймворком TensorFlow.

В таблице 2 показано сравнения цен инстансов с GPU в каждом облаке.

Таблица 2. Сравнение цен инстансов.

Платформа	Примеры типов инстансов с GPU	Цена (в долларах США)
Amazon Web Services (AWS)	- Amazon EC2 P3 (NVIDIA V100 Tensor Core)	Начинается от \$3.06 за час
	- Amazon EC2 G4 (NVIDIA T4)	Начинается от \$0.526 за час
Microsoft Azure	- Azure NVv2 (NVIDIA V100 Tensor Core)	Начинается от \$1.515 за час
	- Azure NCv3 (NVIDIA V100 Tensor Core)	Начинается от \$1.305 за час
Google Cloud Platform	- Compute Engine P100 (NVIDIA P100)	Начинается от \$1.46 за час
	- Compute Engine V100 (NVIDIA V100 Tensor Core)	Начинается от \$2.48 за час
Yandex DataSphere	- Yandex Compute Cloud (NVIDIA V100 Tensor Core)	Начинается от \$2.75 за час
	- Yandex Compute Cloud (NVIDIA P100)	Начинается от \$1.10 за час
ML Space	- ML Space GPU (NVIDIA V100 Tensor Core)	Начинается от \$1.41 за час
	- ML Space GPU (NVIDIA A100)	Начинается от \$3.14 за час

Приведенные цены могут изменяться в зависимости от региона и времени использования. Цены могут различаться в зависимости от выбранной конфигурации и длительности использования инстанса.

### Сравнительный анализ облачных платформ

Выводы на основе выше проведенного обзора можно привести в виде таблицы 3.

Таблица 3. Сравнительный анализ облачных платформ для машинного обучения.

Критерий	Amazon Web Services (AWS)	Microsoft Azure	Google Cloud Platform (GCP)	Yandex DataSphere	ML Space
Инструменты и сервисы	Широкий набор инструментов и сервисов для машинного обучения, включая Amazon SageMaker, Amazon Elastic Inference и	Azure Machine Learning, Azure Databricks, Azure Cognitive Services и другие.	TensorFlow, Google Cloud AutoML, BigQuery ML и другие.	Предоставляет доступ к инструментам доступным в Yandex Cloud	Инструменты и ресурсы для полного цикла ML-разработки, включая совместную работу, кастомные

	другие.				образы и гибкое масштабирование.
Jupyter Notebook	Amazon SageMaker Notebook	Azure Notebooks, Azure Machine Learning Studio	Google Colaboratory, AI Platform Notebooks	Yandex DataSphere Notebook	ML Space Notebook
Интеграция	Широкая интеграция с другими сервисами AWS, такими как S3, Redshift, Glue и другими.	Интеграция с другими сервисами Microsoft Azure, такими как Azure Storage, Azure SQL Database и другими	Интеграция с другими сервисами Google Cloud, такими как BigQuery, Google Cloud Storage и другими	Возможность интеграции с сервисами Yandex Cloud	Интеграция с сервисами SberCloud
GPU инстансы	Amazon EC2 P3: NVIDIA V100 Tensor Core, NVIDIA T4	Azure NVv2: NVIDIA V100 Tensor Core, NVIDIA A100	Compute Engine GPU: NVIDIA V100 Tensor Core, NVIDIA T4, NVIDIA A100	Yandex Compute Cloud: NVIDIA V100 Tensor Core, NVIDIA P100	ML Space GPU: NVIDIA V100 Tensor Core, NVIDIA A100
Диапазон конфигураций CPU	От 1 до 224 виртуальных ядер	От 2 до 128 виртуальных ядер	От 1 до 96 виртуальных ядер	От 1 до 128 виртуальных ядер	От 1 до 96 виртуальных ядер
Диапазон памяти	От 0,5 ГБ до 24 ГБ	От 7 ГБ до 320 ГБ	От 0,9 ГБ до 896 ГБ	От 4 ГБ до 448 ГБ	От 7 ГБ до 896 ГБ
Гибкость и масштабируемость	Предоставляет высокую гибкость и масштабируемость ресурсов, включая вычислительные мощности и хранилища данных.	Позволяет гибко масштабировать ресурсы, включая вычислительные мощности и хранилища данных.	Обеспечивает гибкость и масштабируемость вычислительных ресурсов и хранилищ данных.	Позволяет гибко использовать систему и масштабировать при необходимости.	Обеспечивает гибкую масштабируемость вычислительных ресурсов в соответствии с задачами, потребностями и бюджетом.
Безопасность	Обеспечивает широкий набор инструментов и сервисов для обеспечения безопасности данных и приложений.	Предоставляет механизмы и инструменты для обеспечения безопасности данных и приложений.	Обеспечивает механизмы и инструменты для обеспечения безопасности данных и приложений.	Встроенные инструменты по контролю за безопасным процессом при машинном обучении	Предоставляет безопасность в соответствии с требованиями информационной безопасности и сертификации.
Совместная работа	Предоставляет средства для совместной работы и совместной разработки моделей машинного обучения.	Поддерживает совместную работу и совместную разработку моделей машинного обучения.	Обеспечивает средства для совместной работы и совместной разработки моделей машинного обучения.	Предоставляет инструменты, позволяющие проводить совместную работу	Предоставляет средства для совместной работы и совместной разработки моделей машинного обучения.

На основе проведенного сравнительного анализа платформ для машинного обучения, можно сделать вывод, что все рассмотренные платформы предлагают широкий набор инструментов и сервисов для работы с машинным обучением. Они обеспечивают возможности для разработки моделей, интеграции с другими сервисами и гибкого масштабирования ресурсов.



В таблице 4 представлено сравнение бесплатных сервисов облачных провайдеров в контексте машинного обучения для AWS, Azure и Google Cloud.

Таблица 4. Сравнение некоторых Free Tier облачных платформ.

Платформа	Бесплатные услуги для машинного обучения
Amazon Web Services (AWS)	AWS Free Tier включает ограниченное время использования Amazon EC2, Amazon S3, Amazon RDS и других сервисов. – Amazon SageMaker - бесплатные лимиты для создания и развертывания моделей машинного обучения, 2-месячная бесплатная пробная версия; – Amazon Lex - искусственный интеллект для диалоговых интерфейсов чат-ботов, 12 месяцев бесплатно, 10 000 текстовых запросов в месяц, 5000 голосовых запросов в месяц.
Microsoft Azure	Azure Free Account предоставляет кредит на использование Azure в размере \$200 на 30 дней. – Azure Notebooks - бесплатная среда для разработки в Jupyter Notebook; – Azure Machine Learning - бесплатные лимиты на обучение и развертывание моделей машинного обучения.
Google Cloud Platform	Google Cloud Free Tier предоставляет бесплатное время использования виртуальных машин Google Compute Engine и хранение данных в Google Cloud Storage. – Google Colaboratory - бесплатная среда для разработки в Jupyter Notebook. – Google Cloud AI Platform - бесплатные лимиты на обучение моделей машинного обучения.

Эти бесплатные сервисы предоставляют различные возможности для начала работы с машинным обучением без затрат на начальном этапе. Например, AWS Free Tier предоставляет доступ к основным инфраструктурным сервисам, а Amazon SageMaker и AWS Lex обеспечивают предварительно настроенные окружения для разработки и развертывания моделей. Azure и Google Cloud также предлагают аналогичные бесплатные услуги, включая возможности работы с Jupyter Notebook и обучения моделей машинного обучения.

#### Заключение

При выборе платформы для работы с машинным обучением, важно учитывать не только инструменты и сервисы, но и другие факторы, такие как интеграция с другими сервисами, гибкость и масштабируемость, безопасность и возможность совместной работы. Все рассмотренные платформы – Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP), Yandex DataSphere и ML Space предлагают разнообразные инструменты и сервисы для разработки моделей машинного обучения.

AWS предлагает широкий набор инструментов и сервисов, Azure и GCP предоставляют разнообразные инструменты и платформы, также и Yandex DataSphere, и ML Space предоставляют инструменты и ресурсы для полного цикла разработки. Все платформы обеспечивают интеграцию с другими сервисами и масштабируемость ресурсов.

Из-за множества сервисов и инструментов в GCP может быть сложно выбрать наиболее подходящий вариант для конкретных потребностей, особенно для новичков в области машинного обучения.

При выборе платформы для работы с машинным обучением, также следует учитывать требования безопасности и возможность совместной работы в команде. Некоторые платформы, например, ML Space, обладает сертификатами и предоставляет средства для совместной работы.

Окончательный выбор платформы для машинного обучения зависит от конкретных требований проекта, бюджета и предпочтений команды.

#### Список литературы / References

1. *Бостром Ник* Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии. — Манн, Иванов и Фербер (МИФ), 2014. — 760 с.
2. *Гудфеллоу Ян, Курвилль Аарон, Бенджио Йошуа*. Глубокое обучение. — ДМК Пресс, 2017. — 654 с.
3. *Джулли А., Пал С.* Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow. – ДМК Пресс, 2017. – 296 с.

4. *Николенко С., Кадурич А., Архангельская Е. В.* Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. — Питер, 2018. — 481 с.
5. *Франсуа Шолле* Глубокое обучение на R. — Питер, 2018. — 400 с.
6. *Aurelien Geron* Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. — O'Reilly Media, 2017. — 572 p.
7. *Eric Topol* Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again. — Basic Books, 2019. — 400 p.
8. *Martin Ford* Architects of Intelligence: The truth about AI from the people building it. — Packt Publishing 2018. — 554 p.
9. *Aws* [Электронный ресурс] AWS Amazon. Режим доступа: <https://aws.amazon.com/ru/> Дата обращения (05.07.2023)
10. *Yandex Cloud* [Электронный ресурс] Yandex DataSphere. Режим доступа: <https://cloud.yandex.ru/services/datasphere> Дата обращения (05.07.2023)
11. *ML Space* [Электронный ресурс] ML Space. Режим доступа: <https://cloud.ru/ru/aicloud/mlspace> Дата обращения (05.07.2023)
12. *Microsoft* [Электронный ресурс] Что такое служба «Машинное обучение Microsoft Azure»? Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/azure/machine-learning/overview-what-is-azure-machine-learning?view=azureml-api-2> Дата обращения (05.07.2023)
13. *Google Cloud* [Электронный ресурс] AI and machine learning products. Режим доступа: <https://cloud.google.com/products/ai> Дата обращения (05.07.2023)
14. *Aws* [Электронный ресурс] Amazon SageMaker. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aws.amazon.com/ru/sagemaker/> Дата обращения (14.07.2023).
15. *Aws* [Электронный ресурс] Amazon EC2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aws.amazon.com/ru/ec2/> Дата обращения (14.07.2023).
16. *Aws* [Электронный ресурс] Amazon S3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aws.amazon.com/ru/s3/> Дата обращения (14.07.2023).
17. *Microsoft* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/en-us/products/machine-learning/> Дата обращения (14.07.2023).
18. *Microsoft* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/en-us/products/databricks> Дата обращения (14.07.2023).
19. *Microsoft* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/en-us/products/cognitive-services/> Дата обращения (14.07.2023).
20. *Google Cloud* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cloud.google.com/ai-platform/docs/technical-overview/> Дата обращения (14.07.2023).
21. *Google Cloud* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cloud.google.com/automl/> Дата обращения (14.07.2023).
22. *Google Cloud* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://colab.google/> Дата обращения (14.07.2023).