



Politechnika
Wroclawska

Przemysł 4.0

Protokoły komunikacyjne oraz przetwarzanie w chmurze

Dr inż. Radosław Idzikowski

Katedra Automatyki, Mechatroniki i Systemów Sterowania
Wydział Informatyki i Teleinformatyki

2023/2024





Znaczenie protokołów komunikacyjnych w Przemysle 4.0

Przemysł 4.0

jako koncepcja opiera się na automatyzacji i inteligentnej integracji procesów produkcyjnych z technologiami cyfrowymi. Nowoczesne fabryki są złożonymi systemami, w których współpracują urządzenia IoT, roboty, systemy ERP (*Enterprise Resource Planning*) oraz systemy MES (*Manufacturing Execution Systems*).



Rola protokołów komunikacyjnych

Protokoły komunikacyjne umożliwiają płynną wymianę danych między maszynami, czujnikami, systemami IT oraz operatorami. Bez skutecznych protokołów wymiany danych implementacja systemów IoT, predykcyjnego utrzymania ruchu czy automatyzacji procesów byłaby niemożliwa.

Zasada „*Machine-to-Machine*” (M2M)

W pełni automatyczna wymiana danych między urządzeniami, która redukuje potrzebę interwencji człowieka, optymalizuje procesy produkcyjne oraz skraca czas reakcji na nieprzewidziane sytuacje.



Rodzaje protokołów komunikacyjnych

- ▶ lokalne (sieci przemysłowe Ethernet) – przeznaczone do bezpośredniej komunikacji między urządzeniami w zakładach produkcyjnych, z niskim opóźnieniem i wysoką niezawodnością. (Profinet, EtherCAT, Modbus TCP/IP).
- ▶ dedykowane dla IoT – zapewniają wymianę danych między rozproszonymi urządzeniami, optymalne dla sieci o ograniczonych zasobach. (MQTT, CoAP).
- ▶ integrujące różne systemy – umożliwiają połączenie systemów operacyjnych i produkcyjnych z systemami zarządzania. (OPC UA).
- ▶ wysokiej niezawodności i bezpieczeństwie – wykorzystywane w sektorach wymagających bezpiecznego przesyłu danych. (AMQP).

Message Queuing Telemetry Transport, MQTT

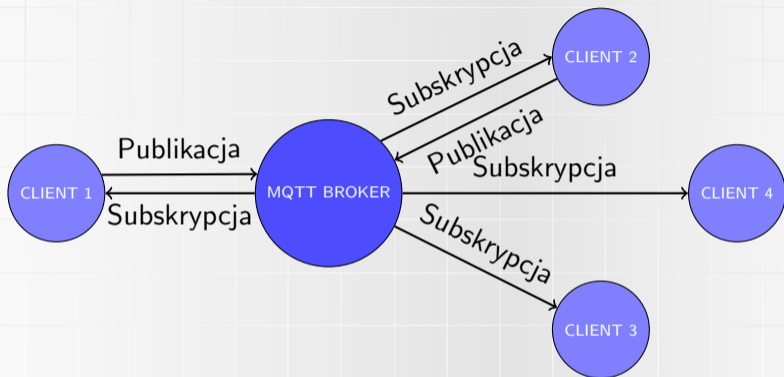
lekki protokół publikowania i subskrybowania, zaprojektowany do komunikacji między urządzeniami o niskiej mocy, doskonały do zastosowań *IoT*.

Protokół *MQTT* został stworzony przez *Andy'ego Stanforda-Clarka* z firmy *IBM*, oraz przez *Arlena Nipperera* z firmy *Arcom* (obecnie *Eurotech*) w 1999 r. *MQ* w nazwie *MQTT* pochodzi od nazwy linii produktów firmy *IBM* (*message queuing*). Najnowsza wersja protokołu to *MQTTv5.0*.



Protokół MQTT

Architektura



Broker – centralny serwer obsługujący publikowanie i subskrybowanie wiadomości. Przykłady brokerów: Mosquitto, HiveMQ, EMQX.

Klient – urządzenie lub aplikacja, które publikują lub subskrybują wiadomości (np. maszyny, czujniki, aplikacje przemysłowe).

- ▶ Minimalizuje ilość danych przesyłanych w sieci, co zmniejsza obciążenie pa-sma.
- ▶ Konstrukcja sprzyja urządzeniom o niskim poborze energii, idealnym do IoT.
- ▶ Obsługuje rozbudowę sieci, dzięki czemu można łatwo dodawać nowe urządzenia.
- ▶ Umożliwia niezawodne przesyłanie danych nawet przy przerywanym połączeniu.
- ▶ Ułatwia komunikację w systemach rozproszonych, eliminując potrzebę bezpośredniego adresowania.

Zastosowanie do komunikacji między maszynami w fabrykach, zarządzanie danymi z sensorów i aktuatorów. Ponadto predykcyjne utrzymanie ruchu, monitorowanie środowiska, zarządzanie energią.



Protokół EtherCAT

Ethernet for Control Automation Technology, EtherCAT

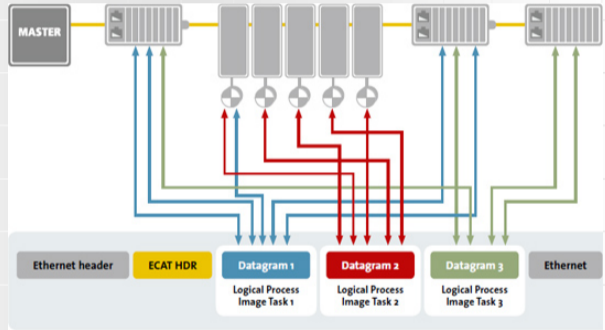
Przemysłowy protokół komunikacyjny opracowany przez firmę Beckhoff do transmisji danych w czasie rzeczywistym. Jest to zmodyfikowany Ethernet, zoptymalizowany pod kątem przemysłowych aplikacji kontrolnych.

Działa z minimalnym opóźnieniem, umożliwiając przetwarzanie danych w ruchu. Każdy węzeł odczytuje lub dodaje dane bez zatrzymywania transmisji, co znacznie przyspiesza proces.

Protokół EtherCAT

Architektura

Master wysyła pojedynczą ramkę danych do wszystkich węzłów jednocześnie. Pojedyncza ramka danych posiada informacje (datagramy) dla wszystkich urządzeń typu slave w danej sieci. Slave sprawdza dane w locie i odbiera informacje, które są skierowane do niego i sam wprowadza informacje zwrotne do ramki. Cała ramka z danymi przechodzi przez wszystkie urządzenia slave, a potem wraca do mastera.





Protokół EtherCAT

Zalety

- ▶ Dzięki sposobowi, w jaki EtherCAT obsługuje ramki danych, można uzyskać bardzo niski czas reakcji — idealny do aplikacji czasu rzeczywistego.
- ▶ Pozwala na zsynchronizowanie zegarów urządzeń z dokładnością poniżej 1 mikrosekundy, co jest kluczowe w precyzyjnym sterowaniu.
- ▶ Obsługuje dużą liczbę urządzeń w linii, umożliwiając połączenie wielu urządzeń w ramach jednej sieci.

Zastosowanie do automatyki przemysłowej, robotyki, sterowania maszyn, aplikacji wymagające wysokiej precyzji i synchronizacji, np. sterowanie serwomechanizmami w czasie rzeczywistym.



Protokół OPC UA

Open Platform Communications Unified Architecture, OPC UA

Otwarty standard komunikacyjny zaprojektowany do ujednocionej wymiany danych między różnymi systemami automatyki, niezależnie od ich dostawców. Standard ten obsługuje nie tylko wymianę danych, ale także ich modelowanie, co umożliwia pełną integrację systemów operacyjnych i IT.

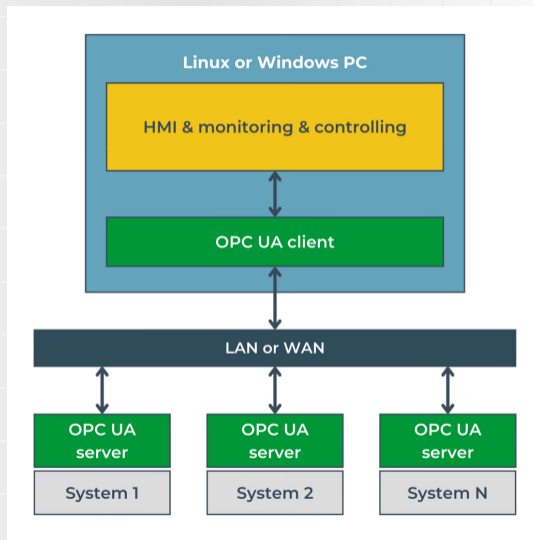
Działa na różnych platformach sprzętowych i systemach operacyjnych, co zapewnia jego dużą elastyczność i wszechstronność w integracji różnych rozwiązań.



Protokół OPC UA

Architektura

Serwer OPC definiuje swoim klientom zestaw usług, jakie oferuje oraz format danych procesowych za pośrednictwem, którego ma odbywać się komunikacja.



- ▶ Ma wbudowane mechanizmy uwierzytelniania i szyfrowania, co jest kluczowe dla bezpieczeństwa danych przemysłowych.
- ▶ Może działać zarówno na małych urządzeniach (np. wbudowanych sterownikach), jak i na dużych systemach *IT*, dzięki czemu nadaje się do różnych aplikacji przemysłowych.
- ▶ pozwala na zaawansowane modelowanie informacji, co ułatwia integrację z systemami ERP i MES.

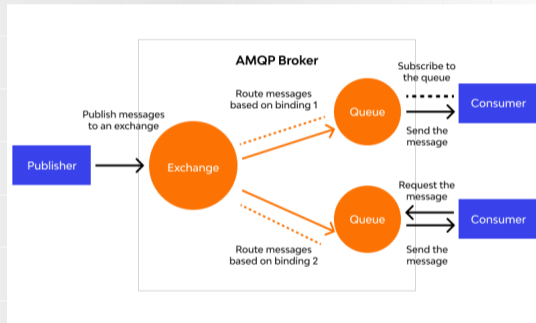
Integracja systemów produkcyjnych z IT, monitorowanie i zarządzanie procesami w przemyśle, wymiana danych między urządzeniami różnych producentów.

Advanced Message Queuing Protocol, AMQP

Otwarty protokół komunikacyjny zaprojektowany głównie dla aplikacji wymagających wysokiej niezawodności i bezpieczeństwa. AMQP jest powszechnie używany w aplikacjach biznesowych, gdzie ważne jest śledzenie i potwierdzanie dostarczania wiadomości.

Protokół wspiera zaawansowane kolejkowanie wiadomości, co pozwala na zachowanie integralności danych nawet w przypadku awarii systemu.

Działa na zasadzie przesyłania wiadomości, zapewniając brokerowi do zarządzania komunikacją między wydawcami a odbiorcami. Każda wiadomość jest przechowywana w kolejce, co umożliwia niezawodne dostarczanie i potwierdzanie.





Protokół AMQP

Zalety

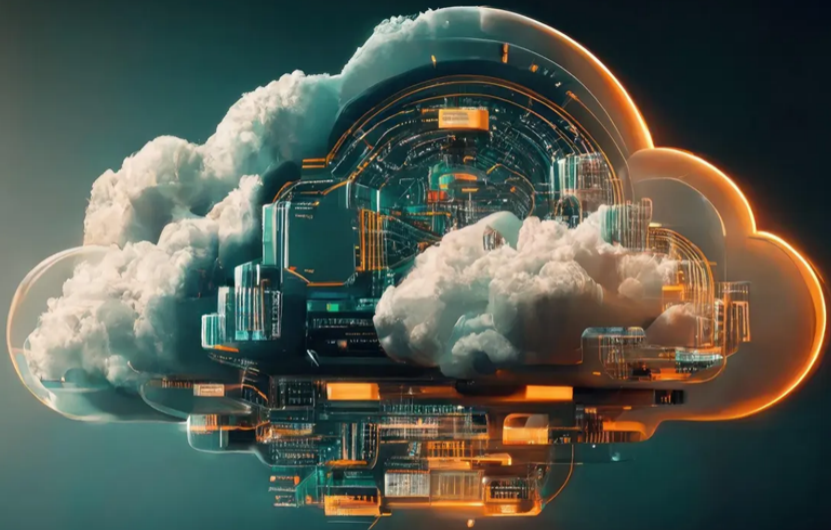
- ▶ Obsługuje kolejkowanie, potwierdzanie odbioru i trwałość wiadomości, co gwarantuje, że każda wiadomość dotrze do celu.
- ▶ Obsługuje zaawansowane mechanizmy autoryzacji i uwierzytelniania, które zabezpieczają dane wrażliwe.
- ▶ Obsługuje różne modele komunikacji, takie jak publish-subscribe oraz punkt-punkt, co pozwala na dostosowanie do różnych potrzeb biznesowych.

Zastosowanie w bankowości, telekomunikacji, przemysłowych systemach monitorowania, gdzie wymagana jest wysoka niezawodność i bezpieczeństwo danych.



Protokoły komunikacyjne

- ▶ MQTT — lekki protokół typu publish-subscribe, idealny do zastosowań IoT, gdzie liczy się efektywna wymiana danych między rozproszonymi urządzeniami przy niskim poborze energii.
- ▶ EtherCAT – Ethernet przemysłowy, zapewnia wysoką przepustowość i niskie opóźnienia, doskonały do aplikacji wymagających precyzyjnej synchronizacji i kontroli w czasie rzeczywistym.
- ▶ OPC UA – protokół umożliwiający integrację systemów produkcyjnych z IT, zapewniający bezpieczeństwo i skalowalność oraz wspierający zaawansowane modelowanie danych.
- ▶ AMQP – protokół o wysokiej niezawodności i bezpieczeństwie, wykorzystywany głównie w aplikacjach biznesowych, takich jak bankowość i telekomunikacja, dzięki obsłudze kolejek i potwierdzeń dostarczenia.





Chmura obliczeniowa, przetwarzanie w chmurze, obliczenia chmurowe model przetwarzania danych oparty na użytkowaniu usług dostarczonych przez usługodawcę (wewnętrzny dział lub zewnętrzną organizację). Chmura to usługa oferowana przez dane oprogramowanie (oraz konieczną infrastrukturę). Oznacza to eliminację konieczności zakupu licencji czy konieczności instalowania i administracji oprogramowaniem.^a

^ahttps://pl.wikipedia.org/wiki/Chmura_obliczeniowa

Przechowywanie danych, obsługa baz danych i aplikacji oraz tworzenie kopii zapasowych online dostępne są na platformach takich jak Google Cloud, Amazon Web Services (AWS) czy Microsoft Azure.



Jak działa chmura obliczeniowa?

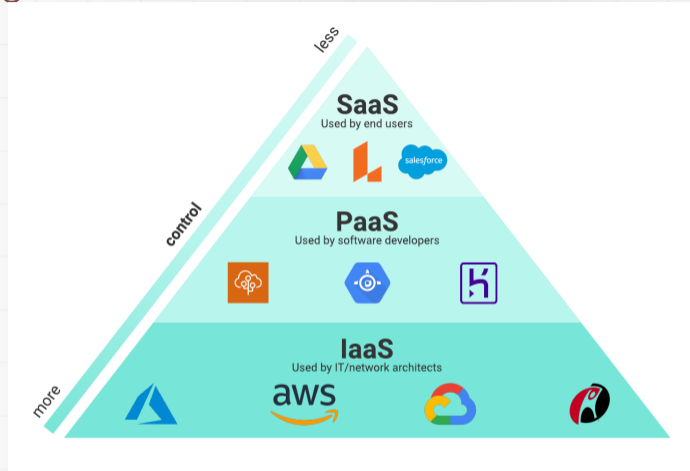
- ▶ Zasoby chmurowe są dostępne na żądanie i elastycznie dopasowywane do aktualnych potrzeb użytkownika. Użytkownik płaci za to, co zużywa, zamiast inwestować w infrastrukturę na własną rękę.
- ▶ Typowe modele rozliczeniowe obejmują opłaty za zużycie (pay-as-you-go), co oznacza, że firmy płacą tylko za zasoby, które faktycznie wykorzystują, co pozwala na efektywne zarządzanie kosztami.



Cechy chmury obliczeniowej

- ▶ Użytkownicy mogą zarządzać zasobami i konfiguracjami samodzielnie, bez konieczności kontaktu z dostawcą.
- ▶ Dostęp do zasobów jest możliwy z dowolnego urządzenia, które ma połączenie z Internetem, co wspiera pracę zdalną i mobilność.
- ▶ Chmura pozwala na szybkie skalowanie w górę lub w dół w zależności od potrzeb biznesowych, co jest istotne przy zmiennych wymaganiach produkcyjnych.
- ▶ Dostawcy śledzą i rozliczają zużycie zasobów, co pozwala firmom precyzyjnie zarządzać kosztami i lepiej kontrolować wydatki.

Modele usług w chmurze



- ▶ SaaS (*Software as a Service*) – aplikacje dostępne online.
- ▶ PaaS (*Platform as a Service*) – platformy dla programistów.
- ▶ IaaS (*Infrastructure as a Service*) – serwery, pamięć masowa.



IaaS (*Infrastructure as a Service*)

IaaS

Dostawca chmury zapewnia infrastrukturę IT: serwery, przestrzeń dyskową, sieć oraz moc obliczeniową. Użytkownik może zarządzać systemem operacyjnym, bazami danych, aplikacjami i konfiguracją sieci, podczas gdy dostawca zarządza sprzętem fizycznym i wirtualizacją.

- ▶ *Amazon Web Services (AWS)* — instancje EC2 pozwalają na dostosowanie mocy obliczeniowej i konfiguracji sieci.
- ▶ *Microsoft Azure* — oferuje maszyny wirtualne z możliwością wyboru systemu operacyjnego i zasobów.
- ▶ *Google Cloud Platform (GCP)* — infrastruktura do wdrażania wirtualnych serwerów na potrzeby aplikacji o wysokiej wydajności.

Idealny dla firm, które potrzebują dużej elastyczności i kontroli nad zasobami IT, np. uruchamianie maszyn wirtualnych dla aplikacji webowych, testowanie oprogramowania czy obliczenia na dużą skalę.



PaaS (*Platform as a Service*)

PaaS

Dostawca chmury udostępnia platformę programistyczną wraz z narzędziami i środowiskami do tworzenia, testowania, wdrażania oraz zarządzania aplikacjami. Platforma zarządza infrastrukturą i systemem operacyjnym, co pozwala programistom skupić się wyłącznie na pisaniu kodu.

- ▶ Google App Engine — platforma umożliwia programowanie i wdrażanie aplikacji bez konieczności zarządzania serwerami.
- ▶ Heroku — pozwala na tworzenie i wdrażanie aplikacji w językach takich jak Python, Ruby, Java bez konfiguracji infrastruktury.
- ▶ Microsoft Azure App Service — umożliwia budowanie aplikacji mobilnych i webowych z automatycznym skalowaniem i integracją z bazami danych.

Świetny wybór dla twórców aplikacji webowych i mobilnych, którzy chcą szybko wdrożyć środowisko pracy bez konieczności konfigurowania infrastruktury.



SaaS (*Software as a Service*)

SaaS

Dostawca chmury udostępnia oprogramowanie za pośrednictwem przeglądarki lub aplikacji, bez potrzeby instalacji lub utrzymywania lokalnych serwerów. SaaS zapewnia pełne wsparcie, w tym aktualizacje, wsparcie techniczne i przechowywanie danych.

- ▶ Google Workspace (dawniej G Suite) — pakiet aplikacji, takich jak Gmail, Google Drive, Google Docs, dostępny w chmurze.
- ▶ Salesforce — system CRM pozwalający na zarządzanie relacjami z klientami, dostępny jako usługa online.
- ▶ Microsoft Office 365 — wersja pakietu Office dostępna w chmurze z narzędziami, takimi jak Word, Excel, PowerPoint, Teams.

Doskonałe dla firm i organizacji, które chcą szybko wdrożyć oprogramowanie dla pracowników bez potrzeby inwestowania w infrastrukturę IT.



Podsumowanie modeli chmurowych

- ▶ IaaS – elastyczność infrastruktury dla dużych aplikacji.
- ▶ PaaS – szybkie tworzenie aplikacji bez zarządzania serwerami.
- ▶ SaaS – gotowe oprogramowanie dostępne online, bez konieczności zarządzania zasobami IT.

Dzięki chmurze firmy mogą wybierać model dostosowany do swoich potrzeb, co zwiększa efektywność i optymalizuje koszty.



Typy chmur obliczeniowych

- ▶ Chmura publiczna – zasoby są udostępniane wielu użytkownikom przez dostawcę chmury. Przykłady obejmują Google Cloud, AWS, Azure. Model ten jest ekonomiczny, ale mniej dostosowany do specyficznych potrzeb.
- ▶ Chmura prywatna – działa wyłącznie na potrzeby jednej organizacji, co zwiększa kontrolę nad bezpieczeństwem i personalizacją. Zasoby mogą znajdować się na lokalnej infrastrukturze organizacji lub być hostowane przez dostawcę chmury.
- ▶ Chmura hybrydowa – łączy elementy chmury publicznej i prywatnej, pozwalając firmom na przenoszenie danych między środowiskami, co umożliwia elastyczne zarządzanie zasobami i optymalizację kosztów.

Compute

Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2)



Amazon Elastic MapReduce



Storage

Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)



Amazon Elastic Block Storage (Amazon EBS)



AWS Import/Export



AWS Storage Gateway Service



AWS Glacier



Database

Amazon DynamoDB



Amazon Relational Database Service (Amazon RDS)



Amazon ElastiCache



Networking

Amazon Route 53



Amazon Elastic Load Balancing



AWS Direct Connect



Amazon Virtual Private Cloud (VPC)



Content Delivery

Amazon Cloudfront



Elastic Network Instance



Application Services

Amazon Simple Queue Service (SQS)



Amazon CloudSearch



Amazon Simple Email Service (SES)



Amazon Simple Workflow (SWF)



Amazon Simple Notification Service (SNS)



Deployment and Management

Amazon Elastic Beanstalk



AWS Identity and Access Management (IAM)



AWS CloudFormation



Monitoring

Amazon CloudWatch



Non-Service Specific



Groups



Security & Management



Security Center



Azure portal



Azure Active Directory



Azure AD B2C



Multi-Factor Authentication



Automation



Key Vault



Azure Marketplace



VM Image Gallery



REST API and CLI

Platform Services

Media & CDN



Media Services

Media Analytics

Media Analytics

Content Delivery Network

Content Delivery Network

Content Delivery Network

Integration



API Management



Service Bus



Azure Logic Apps

Application Platform



Web Apps



Mobile Apps



API Apps



Cloud Services



Service Fabric



Notification Hubs



Functions

Data



SQL Database



Azure Synapse Analytics



Cosmos DB



SQL Server Stretch Database



Azure Cache for Redis



Table Storage



Azure Search

Intelligence



Cognitive Services



Bot Services



Azure ML Studio

Developer Services



Visual Studio



Mobile Engagement



Azure DevOps



Xamarin



Application Insights



Visual Studio App Center

Analytics & IoT



HDInsight



Machine Learning



Stream Analytics



Data Catalog



Data Lake Analytics Service



Data Lake Storage



IoT Hub



Event Hubs



Data Factory



Power BI Embedded

Hybrid Cloud



Azure AD Connect Health



AD Privileged Identity Management



Domain Services



Backup



Azure Monitor



Import/Export



Azure Site Recovery



StorSimple

Infrastructure Services

Compute



Virtual Machines



Containers and Azure Kubernetes

Storage



Blob



Queues



Files



Disks

Networking



Virtual Network



Load Balancer



DNS



Express Route



Traffic Manager



VPN Gateway



App Gateway

Compute



Compute Engine



App Engine



Container Engine



Container Registry



Cloud Functions

Identity & Security



Cloud IAM



Cloud Resource Manager



Cloud Security Scanner



Cloud Platform Security

Networking



Cloud Virtual Network



Cloud Load Balancing



Cloud CDN



Cloud Interconnect



Cloud DNS

Big Data



BigQuery



Cloud Dataflow



Cloud Dataproc



Cloud Datalab



Cloud Pub/Sub



Genomics

Storage and Databases



Cloud Storage



Cloud Bigtable



Cloud Datastore



Cloud SQL



Persistent Disk

Machine Learning



Cloud Machine Learning



Vision API



Speech API



Natural Language API



Translation API



Jobs API



Google Colab

Bezpłatna platforma uruchamiania kodu w języku Python, oferowana przez Google. Colab umożliwia tworzenie i wykonywanie skryptów w Jupyter Notebookach bez konieczności instalacji lokalnego środowiska, co jest szczególnie przydatne w analizie danych i uczeniu maszynowym.



- ▶ Umożliwia obliczenia na procesorach graficznych (GPU) oraz tensorowych (TPU) — przydatne w pracy nad zaawansowanymi modelami AI.
- ▶ Użytkownicy mogą równocześnie edytować i uruchamiać kod w notebooku, co wspiera zespołowe projekty.
- ▶ Notatniki mogą być przechowywane w chmurze, dzięki integracji z Google Drive, co ułatwia zarządzanie plikami i udostępnianie ich.

Zastosowania:

- ▶ Prototypowanie i testowanie modeli uczenia maszynowego.
- ▶ Analiza danych na dużą skalę przy minimalnym koszcie infrastruktury.
- ▶ Nauka programowania w Pythonie oraz ćwiczenia z data science i AI.

Google Colab jest doskonałym narzędziem do pracy w przemyśle i nauce, oferując zaawansowane funkcje przy niskim progu wejścia dla użytkowników.



Podsumowanie

Chmura obliczeniowa to model udostępniania zasobów IT (serwerów, pamięci, aplikacji) przez Internet, co umożliwia elastyczne, skalowalne i opłacalne zarządzanie danymi i aplikacjami. Dzięki trzem modelom usług – IaaS (infrastruktura), PaaS (platforma), i SaaS (oprogramowanie) – firmy mogą dostosować rozwiązania do swoich potrzeb, od infrastruktury po aplikacje użytkowe. Chmura wspiera także technologie analityczne i sztuczną inteligencję, co przekształca cyfrową transformację w biznesie, umożliwiając rozwój i innowacje na dużą skalę.