

UNIT – 1

❖ Introduction to Artificial Intelligence (AI)

Artificial Intelligence (AI) computer science की एक branch है जो ऐसी machines और software बनाने पर focus करती है जो सामान्यतः human intelligence की आवश्यकता वाले tasks perform कर सकें। यह intelligent systems—विशेषकर intelligent computer programs—बनाने का science और engineering है, जो सोचने (think), तर्क करने (reason), सीखने (learn), समझने (understand) और autonomous या semi-autonomous तरीके से कार्य करने (act) में सक्षम हों।

AI, computer science, mathematics, psychology, neuroscience, linguistics, philosophy और engineering के elements को combine करता है ताकि cognitive functions जैसे problem-solving, decision-making, learning, perception और language understanding को simulate किया जा सके।

AI को broadly इस रूप में define किया जा सकता है कि यह किसी machine या computer system की ability है जिससे वह experience से knowledge acquire करे, नए inputs के अनुसार adapt हो और tasks को इस तरीके से carry out करे जो human-like intelligence को demonstrate करे।

Traditional software के विपरीत, जो केवल predefined rules को follow करता है, AI systems algorithms और models का उपयोग करके बड़ी मात्रा में data process करते हैं, patterns को recognize करते हैं और समय के साथ अपने performance को improve करते हैं, techniques जैसे Machine Learning (ML) और Deep Learning (DL) के माध्यम से।

सारांश में, AI का उद्देश्य machines में human intellectual abilities को replicate करना है। इसमें निम्नलिखित tasks शामिल हैं:

- Natural language को समझना (जैसे speech recognition और translation)।
- Objects और images को पहचानना (computer vision)।
- Data और reasoning के आधार पर decision लेना (expert systems)।
- Past experiences से सीखना (machine learning)।
- Humans के साथ natural तरीके से interact करना (chatbots, virtual assistants)

❖ Domains of Artificial Intelligence

The domains of Artificial Intelligence वे major branches या subfields हैं जो specific problem-solving capabilities पर focus करते हैं, जैसे learning from data, natural languages को समझना, visual patterns को पहचानना, decisions लेना, humans की तरह reasoning करना, और robots तथा intelligent agents के माध्यम से real world के साथ interact करना।

ये domains मिलकर अलग-अलग dimensions में human intelligence को simulate करने का उद्देश्य

रखते हैं, जिससे machines autonomously tasks perform कर सकें, changing environments के अनुसार adapt हो सकें, और समय के साथ continuously improve कर सकें।

Main Domains of AI with Explanation

1. Machine Learning (ML)

- Machines historical data से patterns सीखती हैं।
 - Goal: बिना explicit programming के automatically improve करना।
 - Applications: Fraud detection, recommendation engines, weather forecasting।
-

2. Natural Language Processing (NLP)

- Machines human languages को समझती, interpret करती और generate करती हैं।
 - Goal: Human-computer communication को smooth बनाना।
 - Applications: Chatbots, translation tools, voice assistants।
-

3. Computer Vision

- Machines को images/videos देखने और interpret करने की क्षमता देता है।
 - Goal: Machines को visual perception देना।
 - Applications: Face recognition, autonomous vehicles, medical imaging।
-

4. Expert Systems

- Knowledge base + inference engine का उपयोग करके human experts को mimic करते हैं।
 - Goal: Specific domains में expert-level solutions प्रदान करना।
 - Applications: Disease diagnosis, troubleshooting in engineering।
-

5. Robotics

- AI-powered robots physical environment के साथ interact करते हैं।
 - Goal: Tasks को autonomously या semi-autonomously perform करना।
 - Applications: Industrial automation, drones, humanoid robots।
-

6. Speech Recognition

- Spoken words को text या actions में convert करता है।
 - Goal: Voice-based interaction को enable करना।
 - Applications: Virtual assistants, dictation software, call-center bots।
-

7. Planning & Decision Making

- AI agents goals set करते हैं, strategies plan करते हैं और rational decisions लेते हैं।

- Goal: Logical reasoning के साथ optimum results achieve करना।
 - Applications: GPS route planning, business forecasting, game-playing AI।
-

8. Reinforcement Learning

- Agents environment के साथ interact करके और feedback (reward/penalty) प्राप्त करके सीखते हैं।
 - Goal: Self-learning और self-improving systems develop करना।
 - Applications: Game AI (AlphaGo), self-driving cars, robotic training।
-

❖ Foundation of Artificial Intelligence (AI)

The foundation of Artificial Intelligence (AI) उन interdisciplinary base of principles, theories और methods को संदर्भित करता है जो विभिन्न scientific और philosophical fields से लिए गए हैं और मिलकर intelligent machines के निर्माण को संभव बनाते हैं। इन foundations में mathematics शामिल है, जो logic, probability और optimization की language प्रदान करता है; computer science, जो algorithms, data structures और computational models प्रदान करता है; philosophy, जो reasoning, knowledge representation और ethics में योगदान देता है; psychology, जो human behaviours, cognition और learning patterns को समझाता है; neuroscience, जो human brain की structure और functioning को neural networks के लिए model करता है; linguistics, जो natural languages को समझने और process करने पर focus करता है; और engineering, जो intelligent systems को implement करने के लिए tools और hardware प्रदान करता है। ये सभी foundations मिलकर AI को human-like intelligence को simulate करने की क्षमता देते हैं, जैसे reasoning, problem-solving, learning, decision-making और perception, जिससे machines autonomously act कर सकती हैं, changing environments के अनुसार adapt हो सकती हैं और समय के साथ अपने performance को continuously improve करती रहती हैं।

AI Foundations

1. Mathematics

- AI का theoretical base प्रदान करता है।
- Important areas:
 - o Logic → reasoning के लिए
 - o Probability & Statistics → uncertainty handling के लिए
 - o Linear Algebra & Calculus → machine learning और neural networks के लिए
- Example: Weather prediction, probability-based spam detection।

2. Computer Science

- AI को implement करने के लिए computational power और algorithms देता है।
 - Includes:
 - o Search algorithms (DFS, BFS, A*)
 - o Data structures (trees, graphs)
 - o Programming languages (Python, C++, Java)
 - Example: Google Maps में path finding, optimization problems।
-

3. Philosophy

- AI की oldest foundation है।
 - पूछता है: क्या machines सोच सकती हैं? Reasoning क्या है?
 - Concepts प्रदान करता है:
 - o Knowledge representation
 - o Logical reasoning
 - o Ethics in AI (safe और fair use)
-

4. Psychology

- Human mind और behaviours का अध्ययन करता है।
 - समझने में मदद करता है:
 - o Humans कैसे सीखते हैं (machine learning का आधार)
 - o हम patterns, emotions और problem-solve कैसे करते हैं
 - Example: Cognitive psychology → AI models for learning।
-

5. Neuroscience

- Human brain कैसे काम करता है यह explain करता है।
 - Artificial Neural Networks (ANNs) को inspire किया।
 - Neurons, connections, memory और learning process का अध्ययन करता है।
 - Example: Deep Learning networks human brain neurons को mimic करते हैं।
-

6. Linguistics

- Language intelligence का key part है।
- Natural Language Processing (NLP) में मदद करता है।
- AI को सक्षम बनाता है:
 - o Speech समझना
 - o Languages translate करना
 - o Human-like responses generate करना
- Example: Google Translate, Chatbots, Alexa।

7. Engineering

- AI को apply करने के लिए physical machines और devices प्रदान करता है।
 - Fields: Robotics, electronics, chip design।
 - Example: AI-powered robots, drones, autonomous vehicles।
-

❖ Domain – base and Knowledge – base Database

1. Domain-base Database (DBD)

Domain-base Database एक प्रकार का database है जो किसी विशिष्ट application area या subject field से संबंधित data को store, organize और manage करता है। यहाँ domain शब्द का अर्थ है किसी खास क्षेत्र की knowledge, industry या discipline, जैसे medical science, banking, education, engineering, business management आदि।

Domain-base Database में सभी data elements, attributes और relationships केवल उसी domain से जुड़े होते हैं। इस वजह से यह database बहुत specialized होता है और उसी field से संबंधित tasks perform करने के लिए उपयुक्त होता है।

General-purpose database से अलग, जो कई प्रकार के data को store कर सकता है, domain-base database केवल एक ही field तक सीमित रहता है, जिससे data की accuracy, consistency और relevance बनी रहती है। इसका structure domain की requirements के अनुसार design किया जाता है।

- **Purpose:** Domain-specific information को efficiently manage करना।
- **Usage:** Management systems या specialized applications में।
- **Example:**
 - Hospital Management System में database patients के medical records, doctors की schedules, prescriptions, test results आदि को store करता है। यह सभी data medical domain से संबंधित होते हैं।
 - Library Management System में books, authors, members, issue-return records आदि store होते हैं, जो education domain से संबंधित हैं।

2. Knowledge-base Database (KBD)

Knowledge-base Database एक special प्रकार का database है जो मुख्य रूप से Artificial Intelligence (AI) और Expert Systems में use होता है। Normal database केवल raw facts

या data को store करता है, जबकि knowledge-base database facts, rules, relationships और reasoning strategies को store करता है।

इससे system inference (logical reasoning) perform कर सकता है और intelligent decisions ले सकता है।

Knowledge-base Database दो components का combination होता है:

1. **Facts (Data):** World या problem domain से संबंधित basic information (जैसे – diseases के symptoms)।
2. **Rules (Knowledge):** Logical conditions और relationships जो यह बताते हैं कि facts को कैसे use करना है (जैसे – अगर patient को fever और cough है तो यह flu indicate कर सकता है)।

Facts और Rules को combine करके Knowledge-base Database problem-solving, decision-making और expert-level advice देने में सक्षम बनता है। इसलिए इसे expert systems, intelligent tutoring systems, medical diagnosis systems और अन्य AI-based applications में use किया जाता है।

- Purpose: Human-like reasoning को simulate करना और intelligent decision support प्रदान करना।
- Usage: AI applications और decision-support systems में।

- **Example:**

- Medical Expert System में system patient के symptoms को data के रूप में और medical rules को knowledge के रूप में store करता है। Query मिलने पर system दोनों का use करके possible diagnoses या treatments suggest करता है।
- Chess-playing AI में knowledge-base database rules of the game और strategies को store करता है, जिससे AI best move decide कर पाता है।

Difference Between

Aspect	Domain-baseDatabase	Knowledge baseDatabase
Definition	एक database जो किसी specific field/domain से संबंधित information को store करने पर केंद्रित होता है।	एक database जो facts + rules को store करता है और decision-making के लिए reasoning perform कर सकता है।
Nature	Data-oriented	Knowledge + reasoning oriented
Capability	केवल domain-specific data को store और retrieve कर सकता है।	Data को store करता है और logic apply करके intelligent decisions ले सकता है।
Application	Management systems (hospital, library, banking, education आदि)	AI systems, Expert systems (medical diagnosis, chess AI, intelligent tutoring)
Decision Support	Decisions provide नहीं कर सकता।	Reason कर सकता है और expert-level advice provide कर सकता है।

❖ History of Artificial Intelligence (AI) –

Artificial Intelligence (AI) का इतिहास intelligent systems, theories और technologies के gradual development को दर्शाता है, जिनका उद्देश्य ऐसी machines बनाना है जो human-like thinking, reasoning, learning और decision-making को simulate कर सकें।

AI का इतिहास philosophical foundations, mathematical models, computer science breakthroughs और practical applications के combination से जुड़ा हुआ है।

AI की journey को प्राचीन काल की intelligent beings से संबंधित myths तक trace किया जा सकता है, लेकिन इसका formal scientific foundation mid-20th century में digital computers के आने के साथ शुरू हुआ।

AI का इतिहास आम तौर पर महत्वपूर्ण eras, milestones और generations of development में divide किया जाता है, जिनका वर्णन नीचे किया गया है।

. Early Foundations (Before 1950s)

- प्राचीन philosophers जैसे Aristotle ने **formal reasoning और logic** की concept introduce की।

- विभिन्न संस्कृतियों की myths और stories (जैसे Greek myths of mechanical men, Chinese automata) ने artificial beings के बारे में human imagination को दर्शाया।
 - 17th–19th centuries में mathematicians जैसे Leibniz, Boole और Frege ने **formal logic और symbolic reasoning systems** विकसित किए।
 - Early 20th century में Alan Turing ने **universal computing machine (Turing Machine)** का विचार प्रस्तुत किया और बाद में **Turing Test (1950)** suggest किया जिससे machine intelligence को measure किया जा सके।
-

2. Birth of AI as a Discipline (1950s–1960s)

- **1956 Dartmouth Conference** (organized by John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, और Claude Shannon) को AI का academic field के रूप में जन्मस्थान माना जाता है।
 - “Artificial Intelligence” शब्द को John McCarthy ने officially coin किया।
 - Early AI research symbolic AI, logic-based problem solving और rule-based reasoning पर केंद्रित था।
 - **Notable works:**
 - **Logic Theorist (1955)** – Allen Newell और Herbert Simon द्वारा, जिसे पहला AI program माना जाता है।
 - **General Problem Solver (GPS) (1957)** – rules का use करके wide range of problems solve करने का प्रयास।
 - **ELIZA (1966)** – Joseph Weizenbaum द्वारा बनाया गया एक early natural language processing program।
-

3. The First AI Boom and Optimism (1960s–1970s)

- AI को US और UK में governments और research institutions से भारी funding मिली।
- **Expert Systems** (ऐसे programs जो human experts की तरह narrow domains में काम करें) का विकास हुआ।
- Algebra problems solve करने, theorems prove करने और chess जैसे games खेलने में सफलता मिली।
- **Key milestones:**
 - **Shakey the Robot (1969):** पहला mobile robot जिसमें reasoning ability थी।
 - Early natural language systems जो restricted English sentences को समझ सकते थे।

4. AI Winter (1974–1980 और 1987–1993)

- Over-optimism के कारण unrealistic expectations बनीं, लेकिन computing power और algorithms उस समय पर्याप्त नहीं थे।
 - Funding कम हो गई, जिससे **AI Winter** आया (research और interest में कमी का दौर)।
 - Symbolic reasoning और expert systems की limitations स्पष्ट हो गईं।
-

5. Rise of Expert Systems and Second AI Boom (1980s)

- **Expert Systems** जैसे **MYCIN (medical diagnosis system)** ने AI में फिर से interest जगाया।
 - Companies ने AI systems को business, finance और industry में अपनाना शुरू किया।
 - Specialized AI programming languages जैसे **LISP** और **PROLOG** विकसित की गईं।
 - लेकिन ये systems महंगे थे, heavy maintenance की जरूरत थी और adaptability की कमी थी, जिससे दूसरा AI Winter आया।
-

6. The Modern AI Era (1990s–2010s)

- Symbolic AI से statistical methods, **Machine Learning (ML)** और data-driven approaches की ओर shift हुआ।
 - **Breakthroughs:**
 - **Deep Blue (1997):** IBM का chess computer जिसने world champion Garry Kasparov को हराया।
 - **Honda's ASIMO (2000):** autonomous robotics में बड़ी प्रगति।
 - Speech recognition systems और search engines ने AI का use शुरू किया।
 - **Machine Learning, Neural Networks और Support Vector Machines (SVMs)** लोकप्रिय हुए।
 - AI research practical applications की ओर बढ़ा, जैसे data mining, fraud detection और recommendation systems।
-

7. Deep Learning and AI Revolution (2010s–Present)

- **Big Data, powerful GPUs और improved algorithms** की availability ने **Deep Learning** को तेजी से आगे बढ़ाया।
- **Breakthrough achievements:**

- **Google's DeepMind AlphaGo (2016):** complex game Go में world champion को हराया।
 - Image recognition और speech recognition systems ने human-level accuracy हासिल की।
 - Virtual assistants जैसे Siri, Alexa और Google Assistant mainstream हो गए।
 - **Generative AI (GPT series, DALL·E, ChatGPT)** ने natural language processing, text generation और creative applications को transform किया।
 - AI का व्यापक उपयोग healthcare, education, autonomous vehicles, robotics, finance और entertainment में हुआ।
-

8. Present and Future of AI (2020s and beyond)

- Current focus areas: **Explainable AI (XAI), Ethical AI, Artificial General Intelligence (AGI), AI Governance**।
- AI अब daily life में ज्यादा integrated हो रहा है – smart homes, personalized learning, self-driving cars, medical diagnostics आदि में।
- Future challenges: AI systems की fairness, accountability, transparency और safety सुनिश्चित करना।

❖ Areas and State-of-the-art in Artificial Intelligence

Artificial Intelligence (AI) एक scientific और engineering discipline है जो ऐसे algorithms और systems बनाता है जो perceive, reason, learn, plan और act कर सकें — अक्सर data से automatically patterns extract करके और (आजकल तेजी से) बड़े general-purpose models का use करके जिन्हें कई tasks के लिए adapt किया जा सकता है। आज का **state-of-the-art** data-driven learning (विशेषकर deep neural networks), foundation/multimodal models और powerful generative methods द्वारा dominate है — साथ ही safety, explainability और real-world deployment constraints पर बढ़ती attention दी जा रही है।

1) High-level map — major areas of AI (जब लोग “AI” कहते हैं तो वे क्या मतलब लेते हैं)

नीचे प्रमुख subfields, उनके goals और current state-of-the-art (SOTA) approaches दिए गए हैं।

A. Machine Learning (ML) — supervised, unsupervised, self-supervised

- **Goal:** Data से mappings या representations सीखना।
- **SOTA:** Large neural networks जो self-supervised objectives (masked modeling, contrastive losses) से train किए जाते हैं और transferable representations produce करते हैं; ये अब downstream systems की backbone बन गए हैं।

B. Deep Learning (DL)

- **Goal:** Multi-layer neural networks (CNNs, RNNs, Transformers) का use करके automatically hierarchical features सीखना।
- **SOTA: Transformers** अब text, images, audio, video जैसी सभी modalities में dominant architecture बन गए हैं scale और parallelism की वजह से; vision transformers और hybrid CNN–transformer architectures आम हैं।

C. Natural Language Processing (NLP) & Large Language Models (LLMs)

- **Goal:** Human language को समझना और generate करना।
- **SOTA:** Very large pretrained transformer models (GPT family, PaLM, LLaMA derivatives) जो fine-tuned होते हैं या prompting और RLHF से use किए जाते हैं। ये अब “foundation models” हैं जिनका use chat, summarization, code generation, retrieval-augmented generation आदि में होता है।

D. Computer Vision (CV)

- **Goal:** Images और video को perceive और समझना (classification, detection, segmentation)।
- **SOTA:** Vision foundation models जैसे **Segment Anything (SAM)**, vision transformers, और massive image datasets पर large pretraining जिससे strong zero-shot transfer और promptable vision tasks संभव होते हैं।

E. Speech & Audio

- **Goal:** Speech को transcribe, समझना, synthesize करना; sources separate करना; sound events detect करना।
- **SOTA:** End-to-end models (transformer और convolutional) जो self-supervision (जैसे wav2vec family) से train होते हैं और large multimodal models जो audio को text और vision के साथ fuse करते हैं।

F. Generative Models (images, audio, video, code, molecules)

- **Goal:** Training data distribution से match करते हुए high-quality novel samples create करना।
- **SOTA:** Diffusion models (Stable Diffusion family और अन्य diffusion-based approaches) और large autoregressive/generative transformers high-fidelity image/audio/video/text generation के लिए state-of-the-art हैं। ये models image generation, text-to-image और कई creative tools को power करते हैं।

G. Reinforcement Learning (RL) & Control

- **Goal:** Sequential environments (games, robotics, resource allocation) में cumulative reward maximize करने के लिए policies सीखना।
- **SOTA:** Scalable RL (model-based और model-free), RL combined with large models और self-play (AlphaZero, AlphaStar आदि), robotics के लिए sim-to-real techniques।

H. Robotics & Perception-to-Action

- **Goal:** Physical interaction के लिए perception, planning और control को integrate करना।
- **SOTA:** Simulators, large perception models और learning-based policies को combine करना manipulation और navigation के लिए; research robustness और sim-to-real transfer पर focus है।

I. Knowledge Representation, Symbolic Reasoning, & Neuro-Symbolic AI

- **Goal:** Structured knowledge को represent करना और logical, causal या symbolic reasoning करना।
- **SOTA:** Hybrid systems जो neural perception/learning को symbolic modules या retrieval reasoning pipelines के साथ combine करते हैं; retrieval-augmented generation आम practical pattern है।

J. Causality, Explainability, Fairness, Safety, and Alignment

- **Goal:** Models को reliable, interpretable और human values के साथ aligned बनाना।
- **SOTA:** यह active field है — causal inference, counterfactual explanations, model interpretability, robust evaluation, adversarial testing और governance frameworks पर methods।

K. Privacy-preserving, Federated & Edge AI

- **Goal:** Privacy के साथ learning run करना (federated learning, differential privacy) और on-device (tinyML, NPUs) पर।
- **SOTA:** On-device inference और specialized hardware stacks (NPUs), privacy guarantees via DP/federated algorithms, और model compression/quantization optimizations। 2025 की news highlight करती हैं कि consumer laptops के लिए improved on-device generative models आ गए हैं।

L. Scientific & Domain-Specific AI (bio, chemistry, materials)

- **Goal:** Science और engineering में discovery और design को accelerate करना।
- **SOTA:** Protein folding और molecular design models जैसे AlphaFold और उसके successors (AlphaFold 3, diffusion-based protein complex prediction) ने structural biology को transform कर दिया है।

2) What “state-of-the-art” means now (common patterns)

1. **Scale + Data + Compute** — Large models diverse, massive datasets (text, images, code, multimodal) पर train होकर general capabilities produce करते हैं (foundation models)।
2. **Multimodality** — Models जो text, images, audio और video को jointly reason कर सकें, central बन रहे हैं (multimodal LLMs / MLLMs)।
3. **Promptability / Few-shot / In-context learning** — Models को fine-tuning की बजाय prompts और कुछ examples से adapt किया जा सकता है।
4. **Generative creativity** — Diffusion और transformer generative models अब near-photorealistic images, coherent text और realistic audio/video produce करते हैं।
5. **Foundation models + adaptation** — Large pretrained models (vision या language) downstream fine-tuning, prompting, retrieval augmentation या symbolic components के साथ chaining के लिए bases हैं।

3) Examples of recent state-of-the-art milestones (concrete)

- Multimodal large models जो text read कर सकते हैं, images देख सकते हैं और grounded outputs answer/generate कर सकते हैं।
- Diffusion-based generative models high-quality image synthesis dominate करते हैं और अब video और 3D तक expand हो रहे हैं।
- **SAM (Segment Anything Model):** एक promptable vision foundation model जो universal image segmentation capabilities देता है (wide zero-shot transfer)। यह vision pipelines में widely use हो रहा है।
- **AlphaFold और उसके successors:** Protein structures और complexes को scale पर predict करने वाले AI models जिन्होंने structural biology को revolutionize कर दिया है और बड़ा scientific recognition प्राप्त किया।

4) Practical trends in industry / deployment

- **Retrieval-augmented systems:** Pretrained generative model को search/retrieval layer के साथ combine करके factual grounding करना।
- **On-device AI & specialized NPUs:** Companies consumer hardware ship कर रही हैं जो generative या inference models को locally run करने के लिए optimized हैं।
- **Tooling और safety stacks:** Production systems content filters, grounding, human-in-the-loop validation और monitoring integrate करते हैं।

5) Current limitations and active research challenges

- **Robustness & generalization:** Models hallucinate कर सकते हैं, distribution shift में fail हो सकते हैं, या safety-critical settings में brittle हो सकते हैं।
 - **Data और compute costs:** Large models को train और maintain करना महंगा और environmental heavy है।
 - **Explainability & causality:** Neural nets को interpret करना कठिन है; causal reasoning अभी pattern recognition की तुलना में immature है।
 - **Ethics, bias, और governance:** Models societal biases encode कर सकते हैं; regulation, auditing और governance urgent research और policy needs हैं।
 - **Real-world embodied intelligence:** Sim-to-real और safe robot learning open environments में कठिन बना रहता है।
-

6) Where the field is heading (near future directions)

- अधिक capable multimodal foundation models जो modalities में plan, reason और act कर सकें।
- **Efficient scaling और alignment:** Models को smaller, faster और safer बनाने पर research (distillation, quantization, alignment techniques)।
- **Scientific AI:** Biology, chemistry, climate और materials में AI का गहरा integration (AlphaFold-class progress proof point है)।
- **Human-AI collaboration tools:** AI coding, design, research और education में copilots के रूप में use हो रहा है।
- **Regulation & standards:** Robust evaluation benchmarks, transparency और oversight technology adoption को shape करेंगे।

❖ AI Problems –

AI Problems उन कार्यों, चुनौतियों, और गणनात्मक प्रश्नों की श्रृंखला को संदर्भित करता है जिन्हें Artificial Intelligence प्रणालियाँ मानव बुद्धिमत्ता का अनुकरण करने के लिए हल करने का प्रयास करती हैं। एक AI Problem कोई भी ऐसी स्थिति है जहाँ एक Computer या Machine को Knowledge Representation, Reasoning, Learning, Perception, या Decision-Making का उपयोग करना चाहिए ताकि उस Goal को प्राप्त किया जा सके जिसके लिए सामान्यतः मानव बुद्धिमत्ता की आवश्यकता होती है। ये Problems विविध क्षेत्रों को शामिल करती हैं जैसे Search, Pattern Recognition, Natural Language Understanding, Vision, Planning, और Robotics। AI

Problems को हल करने के लिए अक्सर ऐसे Algorithms की आवश्यकता होती है जो अधूरी या अनिश्चित Information को संभाल सकें, अनुभव के माध्यम से अनुकूलित हो सकें, और गतिशील Environment में कार्य कर सकें।

AI Problems को व्यापक रूप से Categories और Levels में वर्गीकृत किया जा सकता है, प्रत्येक में अलग-अलग Complexities होती हैं। नीचे एक विस्तृत Explanation दी गई है:

1. Search और Problem-Solving

- कई AI Problems को एक Search Problem के रूप में तैयार किया जा सकता है, जहाँ System Goal तक पहुँचने के लिए संभावित States का Exploration करता है।
 - Example: Map में सबसे छोटा Route खोजना, Puzzle हल करना, Chess खेलना।
 - Techniques Used:
 - o Uninformed Search (Breadth-First, Depth-First)
 - o Informed Search (A*, Heuristic Search)
 - Challenge: Search Spaces अक्सर बहुत बड़े होते हैं, जिससे Combinatorial Explosion Problem होती है।
-

2. Knowledge Representation और Reasoning

- AI Systems को World के बारे में Knowledge को इस तरह से Represent करना चाहिए जिसे Machines Process कर सकें।
 - Problems Include:
 - o Facts, Objects, Events, और Rules का Representation।
 - o Logic का उपयोग करके Inferences निकालना (जैसे Predicate Logic, Semantic Networks, Ontologies)।
 - Example: एक Expert System जो Diseases का Diagnosis करती है, उसे Medical Knowledge का Representation करना और Symptoms के बारे में Reason करना आवश्यक है।
 - Challenges: Incomplete Information, Uncertain Reasoning, और Real-world Ambiguity।
-

3. Natural Language Processing (NLP)

- Machines को Human Language को Understand, Interpret और Generate करना चाहिए।
 - Problems Include:
 - o Speech Recognition (बोले गए Words को Text में बदलना)
 - o Syntax और Semantic Analysis (Meaning समझना)
 - o Machine Translation (एक Language से दूसरी Language)
 - o Text Summarization, Sentiment Analysis, और Chatbot Conversation।
 - Challenges: Words की Ambiguity, Slang, Cultural Context, और Multiple Languages।
-

4. Perception और Computer Vision

- AI को Cameras और Microphones जैसे Sensors के माध्यम से Environment को Perceive करने में सक्षम होना चाहिए।
 - Problems Include:
 - o Object Detection और Recognition।
 - o Image Classification, Segmentation, और Scene Understanding।
 - o Facial Recognition, Gesture Recognition।
 - Challenges: Noise को Handle करना, Different Lighting Conditions, Occlusion (Hidden Objects), और Data में Variations।
-

5. Planning और Decision-Making

- AI को Specific Goals को प्राप्त करने के लिए Actions के Sequences की Planning करनी चाहिए।
 - Problems Include:
 - o Automated Planning (Robots द्वारा Target तक पहुँचने के Steps तय करना)।
 - o Decision-Making under Uncertainty।
 - o Game Strategies।
 - Challenges: Complex Environments में Real-time Planning, Limited Resources, और Unpredictable Conditions।
-

6. Learning और Adaptation

- एक Central AI Problem Machines को Data और Experience से सीखने में सक्षम बनाना है।
 - Problems Include:
 - o Supervised, Unsupervised, और Reinforcement Learning।
 - o Generalization (Unseen Data पर अच्छा Performance करना)।
 - o Online Learning (Continuous Adaptation)।
 - Example: Spam Email Classification, Recommendation Systems।
 - Challenges: Overfitting, Data Scarcity, Noisy या Biased Datasets।
-

7. Robotics और Physical Interaction

- AI को Real World के साथ Interaction करने के लिए Physical Agents (Robots, Drones) को Control करना चाहिए।
 - Problems Include:
 - o Navigation और Mapping (SLAM – Simultaneous Localization and Mapping)।
 - o Grasping और Manipulation of Objects।
 - o Multiple Robots के बीच Coordination।
 - Challenges: Physical Environments में Uncertainty, Safety, और Real-time Decision-Making।
-

8. Common AI Challenges Across Problems

- Ambiguity: Human Tasks अक्सर Vague और Imprecise होते हैं।
- Uncertainty: Real-world Data अधूरा या Noisy होता है।
- Scalability: Algorithms छोटे Examples पर काम कर सकते हैं लेकिन बड़े Datasets पर Fail हो जाते हैं।
- Ethics और Bias: AI Systems मानव Bias को अपना सकते हैं या Unfairly Behave कर सकते हैं।
- Interpretability: AI Solutions अक्सर "Black Boxes" की तरह कार्य करते हैं, जिससे उनके Decisions को Explain करना कठिन हो जाता है।

❖ Introduction to Knowledge in AI

Artificial Intelligence में Knowledge का अर्थ है वह Information, Facts, Concepts, Rules और Relationships जो एक Intelligent System के पास होना चाहिए ताकि वह Situations को समझ सके, Decisions ले सके और Problems को प्रभावी ढंग से Solve कर सके। Knowledge in AI वह मुख्य तत्व है जो Simple Data Processing को Intelligent Reasoning से अलग करता है। बिना Knowledge के, AI Systems केवल Mechanical Computations कर सकते हैं, लेकिन Knowledge होने पर वे Inputs को Interpret कर सकते हैं, नई Information निकाल सकते हैं, अलग-अलग Contexts में Adapt कर सकते हैं और Rationally Act कर सकते हैं।

AI में Knowledge का अध्ययन Knowledge Representation (KR) और Knowledge Reasoning से निकटता से जुड़ा है, जो इस बात से संबंधित है कि Real-world Information को Computer में कैसे Represent किया जाए और इसका उपयोग करके निष्कर्ष कैसे निकाले जाएँ। AI Systems अपने Environment को Perceive करने, Goals को समझने, Actions की Planning करने और Experience से Learning के लिए Knowledge पर निर्भर करते हैं।

1. Importance of Knowledge in AI

- Knowledge AI Systems को Facts, Rules और Experiences का उपयोग करके Human Intelligence का Simulation करने देता है।
 - यह Raw Data से आगे Reasoning करने में सक्षम बनाता है — जैसे कि कोई System सिर्फ Symptoms Match करके ही नहीं बल्कि Medical Knowledge और Causal Reasoning का उपयोग करके Disease Diagnose कर सकता है।
 - Knowledge AI की मदद करता है:
 - o Natural Language को Understand करने में
 - o Uncertainty में Decisions लेने में
 - o Problem-Solving और Planning में
 - o Real-time में Learning और Adapting करने में
-

2. Characteristics of Knowledge

AI में Knowledge को उपयोगी बनाने के लिए इसमें निम्नलिखित गुण होने चाहिए:

1. Representational Adequacy – अलग-अलग प्रकार के Knowledge (Facts, Rules, Relationships) को Represent करने की क्षमता।
 2. Inferential Adequacy – मौजूदा Facts से नया Knowledge निकालने की क्षमता।
 3. Inferential Efficiency – Reasoning Process को उपयोगी Conclusions तक निर्देशित करने की क्षमता।
 4. Acquisitional Efficiency – नया Knowledge आसानी से प्राप्त करने और पुराने Knowledge को Update करने की क्षमता।
-

3. Types of Knowledge in AI

AI विभिन्न Domains के अनुसार अलग-अलग प्रकार के Knowledge का उपयोग करता है:

1. Declarative Knowledge – "Knowing that" (Facts और Objects)।
Example: Paris is the capital of France.
 2. Procedural Knowledge – "Knowing how" (Steps और Procedures)।
Example: how to solve an equation.
 3. Meta-Knowledge – "Knowledge about Knowledge," यानी Knowledge को प्रभावी ढंग से उपयोग करने की Strategies।
 4. Heuristic Knowledge – Rules of thumb या Practical Approaches (Approximate Reasoning)।
 5. Structural Knowledge – Concepts के बीच Relationships, जो Ontologies और Semantic Networks बनाने में उपयोगी है।
-

4. Knowledge Representation in AI

Knowledge को Machine-readable तरीके से Represent किया जाना चाहिए। कुछ Common Methods हैं:

- Logical Representation (Propositional और Predicate Logic)
 - Semantic Networks
 - Frames
 - Production Rules (If-Then Rules)
 - Ontologies
 - Probabilistic Representation (Bayesian Networks for uncertain Knowledge)
-

5. Role of Knowledge in Problem Solving

- AI को Problem की स्थिति और संभावित Solutions समझने में मदद करता है।
- Decisions लेने के लिए Context प्रदान करता है।

- AI Systems को अपने Reasoning और Actions को Explain करने की अनुमति देता है (Expert Systems में महत्वपूर्ण)।
 - Generalization को Support करता है — पुराने Knowledge को नई Situations में Apply करना।
-

6. Example of Knowledge in AI

- Medical Expert System: Diseases, Symptoms और Treatments के बारे में Knowledge Store करता है और फिर Patient की स्थिति पर Reason करता है।
- Self-driving Car: Road Rules, Object Recognition और Traffic Patterns का Knowledge उपयोग करके सुरक्षित Navigation करता है।
- Chatbots: Language, Grammar और User Intent के बारे में Knowledge Store करते हैं और उसका उपयोग Meaningful Responses Generate करने के लिए करते हैं।

❖ Knowledge Base System (KBS) in AI

A Knowledge Base System (KBS) Artificial Intelligence में एक Computer-based System है जो Knowledge Base (repository of facts and rules) और Inference Engine (reasoning mechanism) का उपयोग करता है ताकि Problems को Solve किया जा सके, Decisions लिए जा सकें और Intelligent Responses प्रदान किए जा सकें जो एक Human Expert जैसी होती हैं। यह AI के सबसे महत्वपूर्ण Applications में से एक है और इसे Expert Systems, Decision Support Systems, और Intelligent Agents में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है।

Knowledge Base System का उद्देश्य यह है कि Knowledge को इस तरह Store, Organize और Utilize किया जाए कि Machine इसके बारे में Reason कर सके, Logical Conclusions Draw कर सके और Real-world Problems के Solutions Offer कर सके।

1. Components of a Knowledge Base System

एक KBS आम तौर पर दो मुख्य भागों में होता है:

A) Knowledge Base (KB)

- यह वह Knowledge Repository है जिसमें शामिल हैं:

- Facts → दुनिया के बारे में Basic Information।

- Rules → Logical Statements या Conditions (IF–THEN Statements) जो Reasoning के लिए उपयोग होते हैं।

- Example:

- Fact: "Fever is a symptom of infection."

- Rule: "IF a patient has fever AND cough → THEN possibility of flu."

B) Inference Engine

- वह Reasoning Mechanism जो Known Facts पर Rules Apply करता है ताकि नया Knowledge Infer किया जा सके।

- यह System का “Brain” जैसा काम करता है।
 - Deduction, Induction, और Reasoning Perform करता है।
 - Example: यदि KB में "All birds can fly" और Fact "Parrot is a bird" है, तो Inference Engine यह निष्कर्ष निकालता है: "Parrot can fly."
-

2. Working of a Knowledge Base System

1. User Input Provide करता है (Problem Description या Query)।
 2. Knowledge Base Relevant Facts और Rules Store करता है।
 3. Inference Engine Reasoning Techniques Apply करता है (Forward Chaining, Backward Chaining)।
 4. System Conclusions, Recommendations, या Decisions Generate करता है।
-

3. Features of a Knowledge Base System

- Knowledge Storage: Domain-specific Facts और Rules Maintain करता है।
 - Reasoning Capability: Existing Knowledge से नई Information Derive करता है।
 - Explanation Facility: यह Explain करता है कि Conclusion कैसे Reach हुआ (Expert Systems में महत्वपूर्ण)।
 - Flexibility: Knowledge Base को Update और Expand करने की अनुमति देता है।
-

4. Types of Knowledge Used in KBS

- Declarative Knowledge → Descriptive Facts (जैसे “Paris is capital of France”)।
 - Procedural Knowledge → How-to Rules (जैसे Equation Solve करने के Steps)।
 - Heuristic Knowledge → Practical Rules of Thumb (Expert Systems में उपयोग)।
-

5. Advantages of Knowledge Base Systems

- Specific Domains में Expert-level Decision-Making Provide करता है।
- Structured Form में Large Volumes of Knowledge Store करता है।
- Problem-Solving की Efficiency और Accuracy Improve करता है।
- Medicine, Education, Engineering, Business, और Robotics में उपयोग किया जा सकता है।
- Decisions के लिए Explanation और Justification Offer करता है।

❖ Knowledge Representation Techniques in AI

Introduction

Artificial Intelligence (AI) में Knowledge Representation (KR) उस तरीके को संदर्भित करता है जिसमें दुनिया के बारे में Knowledge को Computer System में Structure, Store और Organize किया जाता है ताकि इसे Reasoning, Decision-Making, और Problem-Solving के लिए उपयोग किया जा सके। चूंकि AI Systems को Humans की तरह “Understand” और “Think” करने की आवश्यकता होती है, इसलिए Knowledge Represent करने का Method उनकी Effectiveness में केंद्रीय भूमिका निभाता है।

एक Knowledge Representation Technique वह Formal Method या Approach है जिसका उपयोग किसी Domain के Facts, Concepts, Relationships, और Rules को Encode करने के लिए किया जाता है, ताकि Machines उसे Process कर सकें और Humans उसे Interpret कर सकें। KR का Ultimate Goal Human Cognitive Abilities और Machine Processing Capabilities के बीच Gap को Bridge करना है।

1. Properties of a Good Knowledge Representation Technique

एक अच्छा KR Technique निम्नलिखित गुणों को पूरा करना चाहिए:

1. Representational Adequacy → सभी आवश्यक प्रकार के Knowledge को Represent करने की क्षमता।
2. Inferential Adequacy → Existing Information से नया Knowledge Derive करने की क्षमता।
3. Inferential Efficiency → Reasoning Process को बिना अनावश्यक Complexity के Efficiently Direct करने की क्षमता।
4. Acquisitional Efficiency → Knowledge को आसानी से Acquire, Update और Modify करने की क्षमता।

2. Major Knowledge Representation Techniques in AI

A) Logical Representation

- Knowledge को Represent करने के लिए Mathematical Logic का उपयोग करता है।
- दो मुख्य प्रकार:
 - o Propositional Logic: Simple Statements (True/False) से संबंधित।
 - o Predicate Logic: अधिक Powerful; Objects, Properties, और Relationships Represent करता है।
- Example:
 - o “All humans are mortal” → $\forall x (\text{Human}(x) \rightarrow \text{Mortal}(x))$
 - o “Socrates is human” → $\text{Human}(\text{Socrates})$
 - o Inference: $\text{Mortal}(\text{Socrates})$

- Advantages: Precise, Automated Reasoning को Support करता है।
 - Limitations: Uncertainty या Incomplete Knowledge को आसानी से Handle नहीं कर सकता।
-

B) Semantic Networks

- Knowledge को Graph के रूप में Represent करता है: Nodes Concepts/Objects को Represent करते हैं और Edges Relationships को।
 - Example:
 - o Node: “Cat”
 - o Link: “is-a” → “Animal”
 - o Node: “Has” → “Fur”
 - Advantages: Easy Visualization, Hierarchical Representation, Inheritance के लिए अच्छा।
 - Limitations: Large Networks में Complex हो जाता है, Reasoning Slow हो सकती है।
-

C) Frames Representation

- Knowledge को Structures में Organize करता है जिन्हें Frames कहा जाता है, Programming के Objects की तरह।
 - हर Frame में Slots (Attributes) और Values होती हैं।
 - Example: Frame for “Car”
 - o Slots: {Color: Red, Engine: Petrol, Wheels: 4}
 - Advantages: Related Properties को Group करना आसान, Default Reasoning Support करता है (अगर Value Specify नहीं है तो Default Use करता है)।
 - Limitations: Complex या Dynamic Relationships को Handle करने में मुश्किल।
-

D) Production Rules (Rule-Based Representation)

- Knowledge को IF-THEN Rules के Set के रूप में Represent करता है।
 - Example:
 - o IF “Temperature > 38°C AND Cough”
 - o THEN “Patient may have fever.”
 - Reasoning के लिए Forward Chaining (Data-driven) या Backward Chaining (Goal-driven) का उपयोग करता है।
 - Advantages: Simple, Modular, और Expert Systems में Widely Used।
 - Limitations: Rule Explosion (Large Systems में Too Many Rules), Uncertainty Handle करने में Difficult।
-

E) Ontologies

- किसी Domain के लिए Structured, Formal Vocabulary Provide करता है।
- Concepts, Relationships, और Constraints को Machine-readable तरीके से Define करता है।
- Example: Medical Domain → “Disease,” “Symptom,” “Treatment,” और उनके Relations।
- Semantic Web, Knowledge Graphs, और AI Assistants में Widely Used।
- Advantages: Interoperability Support करता है, Domains के Across Reasoning Support करता है।

है।

- Limitations: Build और Maintain करना Complex।
-

F) Probabilistic & Fuzzy Representation

- Uncertain, Incomplete, या Imprecise Knowledge को Handle करने के लिए Use होता है।
- Bayesian Networks: Variables के बीच Probabilistic Dependencies Represent करता है।
- Fuzzy Logic: Partial Truths से Deal करता है (उदा., “Tall” may be 0.7 True)।
- Example: Probability of “Rain” given “Cloudy” conditions।
- Advantages: Uncertainty को Realistically Handle करता है, Robotics और Decision-Making में Widely Used।
- Limitations: Large Amounts of Data और Probability Distributions की आवश्यकता होती है।