🔷 PART 2: Complex Engineering Problem (CEP) — P1 to P7 (Question paper এ EP1 to EP7)

ধাপ ১: CEP আসলে কী?

Definition (বইয়ের ভাষায়):

> "Complex Engineering Problem (CEP) refers to a problem that **cannot be solved using routine methods alone**. It typically involves incomplete or conflicting requirements, multiple stakeholders, and the need to apply higher-order analysis and engineering judgment."

সহজ বাংলায়: CEP হলো এমন একটা সমস্যা, যেটা তুমি শুধু বইয়ের formula বসিয়ে বা একটা নির্দিষ্ট procedure follow করে সমাধান করতে পারবে না। এটার মধ্যে থাকবে:

- একাধিক জিনিস একসাথে balance করার প্রয়োজন (যেমন: accuracy বনাম efficiency)
- Uncertainty (অনিশ্চয়তা) — সব তথ্য পরিষ্কার না
- একাধিক মানুষ/পক্ষ (stakeholders) জড়িত, যাদের চাহিদা ভিন্ন ভিন্ন
- গভীর চিন্তা ও judgment দরকার, শুধু calculation না

খুব সহজ **Test:** বইয়ে লেখা আছে —

> *"If a problem can be solved by applying a standard method taught in a single class, it is **not** a CEP."*

অর্থাৎ, যদি প্রশ্নটা "শুধু একটা formula বসাও" টাইপ হয় (যেমন normalize a table), সেটা CEP না। কিন্তু যদি প্রশ্নটা "বাস্তব প্রেক্ষাপটে বিশ্লেষণ করো, একাধিক জিনিস balance করে decision নাও" — তাহলে সেটা CEP।

ধাপ ২: CEP এর ৭টা Attribute (P1 – P7 / Question এ EP1 – EP7)

গুরুত্বপূর্ণ **Note:** Question paper এ তোমার Table 2 তে লেখা "EP1 to EP7" — এটা আর বইয়ের "P1 to P7" একই জিনিস, শুধু নামকরণ ভিন্ন (EP = "Engineering Problem" attribute, P = "Problem" attribute)। ভয় পাওয়ার কিছু নেই, একই ৭টা concept।

📋 **Table: P1(EP1) – P7(EP7)** বিস্তারিত ব্যাখ্যা

Code	নাম **(Title)**	সহজ **Bangla** ব্যাখ্যা **(Description** অনুযায়ী**)**
P1 (EP1)	Depth of Knowledge required	সমস্যাটা সমাধান করতে গভীর **engineering** জ্ঞান লাগে (K3, K4, K5, K6, বা K8 লেভেলের), যেখানে fundamentals-based, first-principles বিশ্লেষণ করতে হয় — শুধু basic knowledge দিয়ে হয় না।
P2 (EP2)	Range of Conflicting Requirements	সমস্যাটার মধ্যে বিস্তৃত বা পরস্পরবিরোধী technical, engineering, বা অন্যান্য বিষয় জড়িত থাকে (একটা জিনিস বাড়াতে গেলে আরেকটা কমে যায়)।
P3 (EP3)	Depth of Analysis required	সমস্যার কোনো সহজ/সরাসরি সমাধান নেই — বিমূর্ত চিন্তা (abstract thinking) এবং মৌলিকত্ব (originality) লাগে উপযুক্ত model তৈরি করতে।
P4 (EP4)	Familiarity of Issues	সমস্যাটা কম পরিচিত/অস্বাভাবিক ধরনের ইস্যু নিয়ে কাজ করে — রুটিন সমস্যা না, নতুন ধরনের চ্যালেঞ্জ।
P5 (EP5)	Extent of Applicable Codes	সমস্যাটা এমন যেটা প্রচলিত standard/code of practice এর বাইরে পড়ে — অর্থাৎ কোনো fixed rulebook দিয়ে সরাসরি সমাধান করা যায় না।
P6 (EP6)	Extent of Stakeholder Involvement (and conflicting requirements)	সমস্যায় বিভিন্ন ধরনের **stakeholder** (বিভিন্ন পক্ষ/মানুষ) জড়িত, যাদের চাহিদা ব্যাপকভাবে ভিন্ন ভিন্ন।
P7 (EP7)	Interdependence	সমস্যাটা একটা উচ্চ-স্তরের সমস্যা, যার মধ্যে অনেকগুলো ছোট ছোট অংশ/উপ-সমস্যা (sub-problems) একে অপরের সাথে জড়িত ও নির্ভরশীল।

ধাপ ৩: মনে রাখার **Trick (Mnemonic)**

P1-P7 কে এভাবে ভাগ করে মনে রাখো — প্রতিটা একটা প্রশ্নের উত্তর:

Code	প্রশ্ন যা নিজেকে জিজ্ঞেস করবে
P1	"এটা সমাধান করতে কি গভীর জ্ঞান লাগছে?" (Depth of Knowledge)
P2	"এখানে কি একাধিক জিনিস একে অপরের বিরোধী?" (Conflicting Requirements)

P3	"এর কি কোনো সহজ সমাধান নেই, ভাবতে হচ্ছে গভীরভাবে?" (Depth of Analysis)
P4	"এই সমস্যাটা কি নতুন/অপরিচিত?" (Familiarity - কম পরিচিত)
P5	"এটা কি প্রচলিত নিয়ম/**standard** এর বাইরে?" (Applicable Codes)
P6	"এখানে কি বিভিন্ন মানুষ/পক্ষ জড়িত ভিন্ন চাহিদা নিয়ে?" (Stakeholder Involvement)
P7	"এই সমস্যার ভেতরে কি অনেক ছোট সমস্যা একসাথে জড়িয়ে আছে?" (Interdependence)

Word Trick:

Depth of Knowledge → **C**onflicting Req → **D**epth of Analysis → **F**amiliarity → **A**pplicable Codes → **S**takeholder → **I**nterdependence = **D-C-D-F-A-S-I** (নিজের মতো sentence বানাও, যেমন: "**D**eep **C**oncepts **D**emand **F**ull **A**nalysis **S**tudying **I**ssues")

P1 (EP1): Depth of Knowledge Required (জ্ঞানের গভীরতা)

- সহজ ব্যাখ্যা: এই সমস্যা সমাধানের জন্য কেবল সাধারণ জ্ঞান বা বেসিক ফর্মুলা মুখস্থ রাখলেই চলে না। এর জন্য ইঞ্জিনিয়ারিং ব্যাকগ্রাউন্ডের গভীর প্রযুক্তিগত ও তাত্ত্বিক জ্ঞান (First-principles analysis) থাকতে হয়।
- বাস্তব উদাহরণ: একটা ভবনের সাধারণ লোড ক্যালকুলেশন না করে, ভূমিকম্প বা ঝড়ের সংবেদনশীলতা (Dynamic load analysis) গাণিতিক মডেলের মাধ্যমে বের করা।

P2 (EP2): Range of Conflicting Requirements (পরস্পরবিরোধী চাহিদার দ্বন্দ্ব)

- সহজ ব্যাখ্যা: একটা জিনিস ভালো করতে গেলে অন্য একটা খারাপ হয়ে যায় ("Trade-off" বা টানাটানি)।
- বাস্তব উদাহরণ: তুমি যদি মোবাইলের ব্যাটারি লাইফ বাড়াতে চাও, তবে ওজন বা সাইজ বেড়ে যাচ্ছে। আবার সাইজ ছোট করতে গেলে ব্যাটারি লাইফ কমে যাচ্ছে। অর্থাৎ, দুটি চাহিদার মধ্যে বৈপরীত্য রয়েছে।

P3 (EP3): Depth of Analysis Required (বিশ্লেষণের গভীরতা ও বিমূর্ত চিন্তা)

- সহজ ব্যাখ্যা: সমস্যার সমাধান সোজা নয়। এর কোনো "Ready-made" উত্তর বা একটা একক ফর্মুলা নেই। সমস্যা সমাধানের জন্য সিস্টেমকে ভেঙে বিমূর্ত চিন্তা (Abstract thinking) ও নতুন মডেল/অ্যালগরিদম তৈরি করতে হয়।
  বাস্তব উদাহরণ: ট্রাফিকের সঠিক তথ্য পর্যবেক্ষণ করে ঢাকার সিগন্যাল অটোমেট করার জন্য নতুন একটি AI-ভিত্তিক অ্যালগরিদম ডিজাইন করা।

P4 (EP4): Familiarity of Issues (সমস্যার অপরিচিতি বা নতুনত্ব)

- সহজ ব্যাখ্যা: সমস্যাটা কোনো রুটিন বা প্রতিদিনের চেনা কাজ নয়। এটি কম পরিচিত, অস্পষ্ট অথবা একদমই নতুন ধরনের এক চ্যালেঞ্জ।
- বাস্তব উদাহরণ: হঠাৎ করে ছড়ানো কোনো নতুন ধরনের ভাইরাসের জন্য বায়ো-মেডিকেল ডিভাইস বা ভ্যাকসিন কোল্ড-চেইনের নতুন কাঠামো তৈরি করা।

P5 (EP5): Extent of Applicable Codes (প্রচলিত গাইডলাইন বা স্ট্যান্ডার্ডের অভাব)

- সহজ ব্যাখ্যা: কাজটি করতে গিয়ে দেখা যাবে কোনো নির্দিষ্ট বই, সরকারি নিয়ম (Code of Practice) বা সোজাসাপ্টা স্ট্যান্ডার্ড পাওয়া যাচ্ছে না। নিয়মকানুন তৈরি করতে হচ্ছে বা বিদ্যমান নিয়মের বাইরে কাজ করতে হচ্ছে।
- বাস্তব উদাহরণ: মহাকাশে কৃত্রিম উপগ্রহ পাঠানোর ড্রোন সিস্টেম তৈরির সময় প্রচলিত শহরের সাধারণ ট্রাফিক কোড দিয়ে কাজ চলবে না; নতুন প্রোটোকল অনুসরণ করতে হবে।

P6 (EP6): Extent of Stakeholder Involvement (স্বার্থসংশ্লিষ্ট বিভিন্ন পক্ষ ও দ্বন্দ্ব)

- সহজ ব্যাখ্যা: এই সমস্যার সাথে প্রযুক্তিবিদ ছাড়া অন্যান্য অনেক পক্ষ জড়িত (যেমন: সাধারণ মানুষ, পরিবেশবিদ, অর্থায়নকারী সংস্থা, সরকার), যাদের চাওয়া-পাওয়া আলাদা এবং প্রায়শই পরস্পরবিরোধী।
- বাস্তব উদাহরণ: একটি ফ্লাইওভার নির্মাণের সময় স্থপতিরা চান সৌন্দর্য, প্রকৌশলীরা চান স্থায়িত্ব, পরিবেশবাদীরা চান গাছ না কাটা, এবং স্থানীয় দোকানদাররা চান যেন তাদের ব্যবসা ক্ষতিগ্রস্ত না হয়।

P7 (EP7): Interdependence (উপ-সমস্যাগুলোর পারস্পরিক নির্ভরশীলতা)

- সহজ ব্যাখ্যা: এটি একটা বিশাল ও জটিল সমস্যা, যাকে বিশ্লেষণ করলে অনেকগুলো ছোট ছোট সাব-প্রবলেম পাওয়া যায়। একটা সাব-প্রবলেমের পরিবর্তনের ওপর অন্য সাব-প্রবলেমগুলো নির্ভরশীল।
- বাস্তব উদাহরণ: একটি স্মার্ট সিটির পাওয়ার গ্রিড সিস্টেম। এখানে সোলার পাওয়ার, নিউক্লিয়ার পাওয়ার, ডিস্ট্রিবিউশন লাইন, পেমেন্ট গেটওয়ে এবং ব্যাকআপ গ্রিড—সবগুলো একসাথে আন্তঃসংযুক্ত। একটি কাজ না করলে পুরো সিস্টেম থমকে যাবে।

এক নজরে **P1–P7** প্রয়োগের কৌশল

Code	মূল প্রশ্ন	কী দেখে চিনবে**?**
P1	গভীর জ্ঞান লাগছে?	কাস্টম অ্যালগরিদম, গাণিতিক মডেল, K3-K8 এর প্রয়োগ।
P2	পরস্পরবিরোধী টানাপোড়েন?	"Accurate কিন্তু Fast হতে হবে", "Lightweight কিন্তু Strong হতে হবে"।
P3	বিমূর্ত ও নতুন ভাবনার প্রয়োজন?	কোনো প্রস্তুতকৃত সমাধান নেই, নতুন ফ্রেমওয়ার্ক বানানো হচ্ছে।
P4	সমস্যাটা আনকমন বা নতুন?	অস্বাভাবিক ডেটা সেট, দুর্লভ ঘটনা বা নতুন কোনো প্রযুক্তির আবির্ভাব।
P5	ফিক্সড নিয়ম বা রুলবুক নেই?	কোনো স্ট্যান্ডার্ড গাইডলাইন দিয়ে সরাসরি সমাধান করা অসম্ভব।

P6	বহু পক্ষের মতামত জড়িয়ে?	ক্লায়েন্ট, ইউজার, পরিবেশবিদ ও সাধারণ মানুষের ভিন্ন ভিন্ন দাবি।
P7	অনেক ছোট সমস্যা একসাথে যুক্ত?	মাল্টি-স্টেপ বা মাল্টি-মডিউল বিশিষ্ট প্রজেক্ট যা একটি অপরটির ওপর নির্ভরশীল।

ধাপ ৪: গুরুত্বপূর্ণ নিয়ম — সবগুলো P থাকা কি বাধ্যতামূলক?

বইয়ে খুব স্পষ্ট লেখা আছে (Section 9.8):

> **"A problem can be considered a Complex Engineering Problem when it satisfies P1 (mandatory) and some or all of P2–P7 characteristics."**

এবং CEP-CEA PDF এর Table 9.3 এর নিচে লেখা:

> **"a CEP does not need to satisfy all attributes. It is sufficient to demonstrate strong alignment with selected attributes."**

এইটা মনে রাখো:

- **P1** সবসময় **mandatory (**বাধ্যতামূলক**)** — গভীর জ্ঞান লাগবেই, এটা ছাড়া CEP হয় না।
- **P2 – P7** এর মধ্যে সব কয়টা লাগা আবশ্যক না — যেগুলো scenario তে স্পষ্টভাবে প্রযোজ্য (applicable) মনে হয়, শুধু সেগুলোই উল্লেখ করবে এবং justify করবে।
- যেগুলো applicable না, সেগুলোর জন্য বলবে কেন না (যেমন: "P5 not applicable, কারণ এখানে কোনো নির্দিষ্ট professional code/standard এর বাইরে যাওয়ার উল্লেখ নেই")।

ধাপ ৫: Real Example বইয়ের PDF থেকে (Hospital Database System) — pattern বোঝার জন্য

Project Title:

Secure and Scalable Hospital Database System

Brief Project Description

Introduction:
Hospitals require reliable database systems to manage patient records, medical histories, billing information, and access control while ensuring data integrity and confidentiality.

Motivation:
The complexity of healthcare data, combined with ethical, security, and performance requirements, makes database system design a challenging engineering problem that goes beyond routine classroom exercises.

Expected Outcome:

Students analyze real-world requirements and propose a database design that ensures normalization, security, scalability, and ethical data handling.

বইয়ে Table 9.3 এ একটা example দেওয়া আছে (Secure and Scalable Hospital Database System প্রজেক্ট)। সেখানে দেখানো হয়েছে সব ৭টা **attribute** উল্লেখ করা হয়নি, শুধু সবচেয়ে ভালোভাবে যেগুলো **fit** করে সেগুলো:

CEP Attribute	**Justification (**বইয়ের ভাষায়**)**
P1: Depth of knowledge required	Requires in-depth DBMS knowledge including ER modeling, normalization, and transaction concepts (K3, K4, K5)
P2: Range of conflicting requirements	Balances security vs. accessibility, normalization vs. performance, and usability vs. control
P3: Depth of analysis required	No direct solution exists; students must analyze requirements and formulate suitable models
P7: Interdependence	Design decisions in schema, security, and performance are interrelated and affect each other

লক্ষ্য করো — এখানে **P4, P5, P6** উল্লেখ করা হয়নি, কারণ এই নির্দিষ্ট প্রজেক্টে ওগুলো strongly applicable মনে হয়নি। এটাই তোমাকে শেখায় — তুমি যা প্রয়োজন মনে করো, সেটাই বেছে নিয়ে **justify** করবে, জোর করে সব ৭টা গুঁজে দেওয়ার দরকার নেই।

ধাপ ৬: এখন **Practice** করি — তোমার **Q2** এর **Pneumonia Scenario** তে **CEP (P1-P7) Apply** করি

আবার scenario টা মনে করি:

> *"A healthcare organization wants to develop a deep learning–based system to detect pneumonia from chest X-ray images. The dataset is collected from different hospitals, so the images vary in quality, brightness, and resolution. The data are also imbalanced, with fewer pneumonia cases than normal cases. To improve model performance, engineers must preprocess the images, perform data augmentation, and train different deep learning models such as VGG16, ResNet50, DenseNet169, and a lightweight CNN. The models are compared using precision, recall, F1-score, and accuracy. Since the system will be used in real hospitals, the final model must not only be accurate but also efficient enough for deployment on devices with limited memory and processing power. Therefore, the engineers must balance predictive performance, computational efficiency, and practical usability."*

🎯 লাইন ধরে ধরে বিশ্লেষণ:

Passage এর অংশ	কোন **P (EP)?**	কেন**?**
Deep learning architecture বোঝা, preprocess করা, augmentation করা — এইসব করতে গভীর technical knowledge লাগছে (K3, K4, K5 লেভেলের)	**P1 (EP1)** — Depth of Knowledge required	Deep learning models train করা, preprocess pipeline design করা — এসবের জন্য advanced engineering knowledge (fundamentals + specialist + design level) দরকার। এটা mandatory attribute, তাই সবসময় থাকবে।
"must **balance predictive performance, computational efficiency, and practical usability**" — accuracy বাড়াতে গেলে model বড় হয়ে যায়, কিন্তু hospital device এ চালাতে হলে ছোট/efficient হতে হয় — এই দুইটা একে অপরের বিরোধী	**P2 (EP2)** — Range of Conflicting Requirements	Accuracy (performance) বনাম efficiency (কম memory/processing power) — এই দুইটা লক্ষ্য একে অপরের বিরোধী (trade-off)। এটাই conflicting requirement এর classic example।

"The dataset is collected from different hospitals... images vary in quality... data are also imbalanced" — কোনো single/সরাসরি সমাধান নেই, engineer কে নিজে বিশ্লেষণ করে উপযুক্ত approach বের করতে হবে	**P3 (EP3)** — Depth of Analysis required	Imbalanced এবং বিভিন্ন quality এর data নিয়ে কাজ করার জন্য কোনো একটামাত্র সহজ সমাধান নেই — এটা বিশ্লেষণ করে সঠিক preprocessing/model strategy বের করতে হবে, যা abstract thinking দাবি করে।
Multiple hospital থেকে data, বিভিন্ন quality/resolution — routine, পরিচিত সমস্যা না বরং বাস্তব জগতের জটিল বিষয়	**P4 (EP4)** — Familiarity of Issues	Real hospital data (varying quality, imbalance) নিয়ে কাজ করা routine/পরিচিত সমস্যা না — এটা এমন issue যা সাধারণ classroom exercise এ কম দেখা যায়, বাস্তব জগতে infrequent/challenging।
এই scenario তে কোনো নির্দিষ্ট medical/software standard বা code of practice এর কথা উল্লেখ নেই	**P5 (EP5)** — সাধারণত এখানে কম applicable / নাও থাকতে পারে	Scenario তে কোনো নির্দিষ্ট professional code/standard এর বাইরে যাওয়ার কথা উল্লেখ করা হয়নি, তাই এটা সরাসরি strongly applicable না (optional হিসেবে বাদ দেওয়া যায়, ঠিক যেমন hospital DB example এ P4,P5,P6 বাদ দেওয়া হয়েছিল)।
"healthcare organization", "used in real hospitals" — হাসপাতাল কর্তৃপক্ষ, ডাক্তার, রোগী, engineer — সবার চাহিদা ভিন্ন (ডাক্তার চায় accuracy, hospital IT চায় efficiency, patient চায় নিরাপদ চিকিৎসা)	**P6 (EP6)** — Extent of Stakeholder Involvement	এখানে বিভিন্ন stakeholder জড়িত — healthcare organization, engineers, doctors, patients — যাদের চাহিদা ভিন্ন ভিন্ন (কেউ accuracy চায়, কেউ efficiency, কেউ সহজ ব্যবহারযোগ্যতা)।
Preprocessing, augmentation, model selection, deployment efficiency — এই সবগুলো ধাপ একে অপরের সাথে জড়িত (একটা পরিবর্তন করলে অন্যটায় প্রভাব পড়ে)	**P7 (EP7)** — Interdependence	Data preprocessing, model architecture selection, এবং deployment efficiency — এই সব sub-problem একে অপরের সাথে interdependent (যেমন: বেশি augmentation করলে training সময় বাড়বে, যেটা deployment efficiency কে প্রভাবিত করবে না সরাসরি কিন্তু model choice কে প্রভাবিত করবে)।

📝 Exam এ কীভাবে লিখবে (Model Answer Structure for CEP part):

The given scenario qualifies as a Complex Engineering Problem (CEP) based on the following attributes:

- P1/EP1 (Depth of Knowledge required) - This is mandatory and clearly applicable, as developing and training deep learning models (VGG16, ResNet50, DenseNet169, lightweight CNN) requires in-depth engineering knowledge at the level of K3, K4, and K5.

- P2/EP2 (Range of Conflicting Requirements) - Applicable because the engineers must balance predictive performance (accuracy) against computational efficiency (limited memory/processing power for deployment), which are conflicting technical requirements.

- P3/EP3 (Depth of Analysis required) - Applicable because there is no single obvious solution for handling imbalanced and varying-quality data collected from multiple hospitals; it requires abstract thinking to formulate a suitable preprocessing and modeling approach.

- P4/EP4 (Familiarity of Issues) - Applicable because dealing with real-world multi-hospital data variability and class imbalance is an infrequently encountered issue, not a routine classroom problem.

- P6/EP6 (Extent of Stakeholder Involvement) - Applicable because multiple stakeholders (healthcare organization, engineers, doctors, patients) are involved with differing needs regarding accuracy, efficiency, and usability.

- P7/EP7 (Interdependence) - Applicable because the sub-tasks (preprocessing, augmentation, model selection, and deployment optimization) are interrelated and affect one another.

P5/EP5 (Extent of Applicable Codes) is not strongly applicable here, as the scenario does not explicitly mention going beyond any specific professional standard or code of practice.

Since the scenario satisfies P1 (mandatory) along with several other attributes (P2, P3, P4, P6, P7), it clearly qualifies as a Complex Engineering Problem.

⚡ Quick Recap — P1 to P7 এক নজরে

Code	এক লাইনে মনে রাখো
P1	গভীর জ্ঞান লাগে (**mandatory**)
P2	পরস্পরবিরোধী চাহিদা (trade-off)
P3	সহজ সমাধান নেই, গভীর বিশ্লেষণ লাগে
P4	অপরিচিত/কম দেখা সমস্যা
P5	প্রচলিত standard/code এর বাইরে
P6	ভিন্ন ভিন্ন stakeholder জড়িত
P7	অনেক sub-problem একে অপরের সাথে জড়িত