

AI-BASED POTHOLE DETECTION AND ROAD SAFETY ALERT SYSTEM

Project Documentation • Student Prototype

Artificial Intelligence • Computer Vision • YOLO • Python • Gradio • Hugging Face

The interface features a background image of a car on a road with three potholes highlighted by colored bounding boxes and labels. The potholes are labeled: 'Pothole 1 - 92% High' (red box), 'Pothole 2 - 78% Medium' (orange box), and 'Pothole 3 - 65% Low' (green box). A blue beam of light from the car's sensor points towards the potholes. The text 'Detect Early... Prevent Accidents...' is written in a handwritten style above the potholes. On the left, the title 'AI-Based Pothole Detection and Road Safety Alert System' is displayed in large, bold letters. Below the title, the text 'Smarter Detection | Safer Journeys | Better Roads' is shown. A blue box with a brain icon contains the text 'AI + Computer Vision for Safer Roads'. A red box with a warning icon contains the text 'POTHOLE AHEAD SLOW DOWN'. At the bottom, a row of six icons represents the system's components: Image / Camera Input, AI Detection (YOLO), Bounding Box & Confidence, Road Safety Alert, Future GPS & Mapping, and Road Maintenance Reports. A green leaf icon and the text 'Safer Roads for a Brighter Future' are located in the bottom right corner.

AI for Safer Roads

AI-Based Pothole Detection and Road Safety Alert System

Smarter Detection | Safer Journeys | Better Roads

AI + Computer Vision for Safer Roads

POTHOLE AHEAD SLOW DOWN

Pothole 1 - 92% High

Pothole 2 - 78% Medium

Pothole 3 - 65% Low

Detect Early... Prevent Accidents...

Image / Camera Input

AI Detection (YOLO)

Bounding Box & Confidence

Road Safety Alert

Future GPS & Mapping

Road Maintenance Reports

Safer Roads for a Brighter Future

Project at a Glance

Component	Prototype
Problem	Road potholes are difficult to notice early, especially at night, in rain, and poor visibility.
Core AI	Pre-trained YOLO-based pothole detection model
Input	Uploaded road image (prototype); live camera can be added later
Output	Pothole bounding boxes, confidence scores and safety warning
Interface	Gradio web application
Deployment	Hugging Face Spaces
Future Expansion	GPS, map, voice alert, mobile app, multi-vehicle reports, road-maintenance dashboard

System Mind Map

	ROAD SAFETY AI			
Problem	AI Detection	User Alert	Location	Future Scale
Potholes Night/Rain Visibility	YOLO Bounding Box Confidence	Pothole Ahead Slow Down Road Hazard	GPS Coordinates Map	Live Camera Mobile App Smart City
Vehicle damage Safety risk Manual reporting	Pre-trained model Image processing	Visual warning Severity prototype	Reports Database	Multi-vehicle Duplicate grouping Dashboard

Mind map: the prototype starts with pothole detection and can scale into a broader road-monitoring platform.

1. Title: AI-Based Pothole Detection and Road Safety Alert System

2. Problem Statement

भारत में सड़क पर गड्ढे यानी Potholes एक बहुत आम समस्या हैं। शहरों की सड़कों से लेकर गाँवों और highways तक, कई जगहों पर सड़कें समय के साथ खराब हो जाती हैं और उनमें छोटे-बड़े गड्ढे बन जाते हैं।

ये गड्ढे केवल सड़क को खराब नहीं बनाते, बल्कि vehicle drivers के लिए भी एक बड़ी समस्या पैदा करते हैं। किसी vehicle का tyre pothole में जाने से tyre, wheel या suspension को नुकसान हो सकता है। कई बार driver को अचानक brake लगाना पड़ता है या pothole से बचने के लिए vehicle को दूसरी दिशा में मोड़ना पड़ता है, जिससे road accident का risk बढ़ सकता है।

यह समस्या विशेष रूप से रात के समय और बारिश के दौरान अधिक गंभीर हो जाती है। रात में कम रोशनी के कारण pothole दिखाई नहीं देता और बारिश के पानी से भरा pothole बाहर से सामान्य सड़क जैसा दिखाई दे सकता है।

एक और महत्वपूर्ण समस्या यह है कि सड़क पर मौजूद potholes की जानकारी कई बार संबंधित विभाग तक समय पर नहीं पहुँचती। यदि किसी pothole की location और उसकी स्थिति automatically record की जा सके, तो future में road maintenance और repair के लिए यह information उपयोगी हो सकती है।

इस समस्या को Artificial Intelligence, Computer Vision, GPS और Real-Time Alert जैसी technologies की सहायता से काफी हद तक address किया जा सकता है।

इस प्रोजेक्ट की प्रेरणा

इस project की प्रेरणा हमारे आसपास की सड़कों पर दिखाई देने वाले छोटे-बड़े potholes से मिली।

हमने देखा कि कई बार सड़क पर चलते समय pothole अचानक सामने आ जाता है। Driver को आखिरी समय पर speed कम करनी पड़ती है या vehicle को दूसरी तरफ मोड़ना पड़ता है।

बारिश के समय यह समस्या और बढ़ जाती है। पानी से भरा हुआ pothole देखकर यह समझना मुश्किल हो जाता है कि पानी के नीचे सड़क कितनी गहरी या खराब है।

यहीं से एक सवाल हमारे सामने आया—अगर vehicle में लगा camera सड़क को लगातार देखता रहे और Artificial Intelligence सड़क पर मौजूद pothole को automatically पहचान ले, तो क्या driver को समय रहते warning दी जा सकती है?

इसी विचार से हमने एक ऐसा AI-based Road Safety System बनाने की कल्पना की जो सड़क की image या camera feed को analyze करके potholes की पहचान करे और detected pothole के आधार पर driver को road-safety alert प्रदान करे।

इस project का उद्देश्य केवल pothole को पहचानना नहीं है, बल्कि AI detection को एक practical safety application में बदलना है।

3. Proposed Solution

हमने एक AI-based Road Safety Application तैयार किया है जो road images और camera से प्राप्त image/video frames में potholes को detect करता है।

इस application में एक पहले से trained YOLO-based pothole detection model का उपयोग किया गया है। इससे हमें शुरुआत से पूरा Deep Learning model train करने की आवश्यकता नहीं पड़ती और हम सीधे AI model को एक useful application में integrate कर सकते हैं।

Feature	How it works
AI-Based Pothole Detection	Road image को analyze करके pothole की पहचान; detected pothole के चारों ओर bounding box।

Confidence Score	हर detection के साथ model का confidence score।
Road Safety Alert	“POTHOLE AHEAD”, “SLOW DOWN” और आवश्यकता के अनुसार “ROAD HAZARD” warning।
Multiple Pothole Detection	एक image में मौजूद multiple recognized potholes के लिए अलग-अलग bounding boxes।
Severity Concept	Prototype में Low / Medium / High indicator; यह वास्तविक depth measurement नहीं है।
Image-Based Road Inspection	Existing road photograph upload करके inspection।

4. Tools / Technology Used

Technology	Purpose
Python	Application development
YOLO / Ultralytics	Pothole object detection
Pre-trained Pothole Detection Model	Direct detection without training from scratch
OpenCV	Image processing and bounding boxes
NumPy	Numerical/image array processing
Pillow (PIL)	Image handling and conversion
Gradio	User-friendly web interface
HTML / CSS	Interface styling
Hugging Face Spaces	Online deployment

5. Step-by-Step Plan

(a) Pre-trained AI Model का उपयोग

इस prototype के लिए शुरुआत से Deep Learning model train नहीं किया गया। एक पहले से trained pothole detection model को application में integrate किया गया है।

Pre-trained YOLO Model → Python Application → Image Input → Pothole Detection → Bounding Box + Confidence → Road Safety Alert

Step	Action
Step 1: Required Libraries Install करना	Ultralytics, Gradio, OpenCV, NumPy, Pillow और Spaces जैसी required libraries को requirements.txt के माध्यम से install करना।
Step 2: Model Load करना	Application start होते समय trained pothole model को load करना।
Step 3: Image Input	User को road image upload करने का option देना।
Step 4: Image को Model में भेजना	Uploaded image को YOLO model में inference के लिए देना।
Step 5: Pothole Detection	Bounding box, confidence score और detected class प्राप्त करना।
Step 6: Multiple Potholes Process करना	सभी valid detections को loop में process करके प्रत्येक pothole के लिए अलग result बनाना।
Step 7: Bounding Box Draw करना	OpenCV की सहायता से हर detected pothole के चारों ओर rectangle draw करना।
Step 8: Confidence Display करना	हर bounding box के साथ confidence score दिखाना।
Step 9: Severity Display करना	Prototype-level Low/Medium/High indicator दिखाना।
Step 10: Road Safety Warning	Detection के आधार पर visual safety warning दिखाना।

Prototype Architecture

Layer	Component	Role
Input	Road Image	User से image लेना
AI	YOLO Model	Potholes locate करना
Processing	Python + OpenCV	Results और boxes process करना
UI	Gradio	User interaction
Output	Annotated Image	Boxes + confidence
Safety	Alert Logic	Pothole Ahead / Slow Down
Deployment	Hugging Face Spaces	Online application

(c) User Interface Development

- Road Image Upload
- Detection Button
- Detection Result
- Confidence Setting
- Image Size Setting
- Road Safety Report

(d) Hugging Face Deployment

Prototype को online उपलब्ध कराने के लिए Hugging Face Spaces पर deploy किया जा सकता है। मुख्य files app.py और requirements.txt हैं। app.py में application का Python code और requirements.txt में required libraries होती हैं।

(e) Testing

Test Case	Input	Expected Result
Normal Road	No visible pothole	No pothole / no valid detection
Single Pothole	One pothole image	One bounding box
Multiple Potholes	Several potholes	Separate boxes for recognized potholes
Different Sizes	Small + large potholes	Model detections as supported by confidence/visibility
Different Conditions	Dry / wet / low-light	Observe performance and limitations
Water-filled Pothole	Pothole partly hidden by water	Observe whether model can recognize it

6. Learning Outcomes

Learning Area	What students learn
Artificial Intelligence	Real-world problem में AI का उपयोग
Computer Vision	Images से useful information निकालना
Object Detection	Object की पहचान और location
Pre-trained Models	Existing trained model को application में integrate करना
Image Processing	Images को Python/OpenCV से process करना
Bounding Boxes	Detected object को visually highlight करना
Confidence	Detection confidence को interpret/display करना
Application Development	AI model को user-friendly app में बदलना

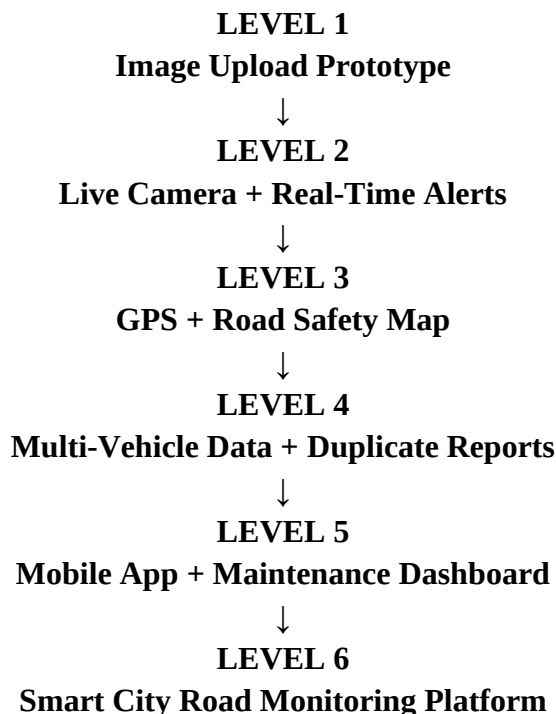
Web Deployment	Hugging Face Spaces पर AI app deploy करना
Problem Solving	Technology को practical social problem से जोड़ना

7. Future Scope और Scalability

वर्तमान project एक working prototype है। इसी foundation को आगे बढ़ाकर एक व्यापक Road Safety and Road Monitoring Platform बनाया जा सकता है।

Future Feature	What it adds
Live Camera Detection	Continuous road monitoring from vehicle/mobile camera
GPS Integration	Pothole की latitude/longitude record करना
Road Safety Map	Map पर pothole locations और severity indicators
Automatic Maintenance Report	Pothole ID, location, time, severity, confidence और image का record
Multiple Vehicle Data	कई vehicles से detections collect करना
Duplicate Detection	Same-location reports को group/merge करना
Better Severity Estimation	Depth estimation, stereo camera, LiDAR या sensors का future use
Voice Alert	“Warning. Pothole ahead. Please slow down.” जैसी audio warning
Mobile Application	Camera + GPS + AI + Map को mobile app में integrate करना
Smart City Dashboard	Central dashboard पर road-condition monitoring

Scalability Roadmap



8. Link to Hackathon Theme / SDGs

SDG / Theme	Connection
SDG 3 – Good Health and Well-being	Road safety को support करना और timely warning देना
SDG 9 – Industry, Innovation and Infrastructure	AI-based road infrastructure monitoring
SDG 11 – Sustainable Cities and Communities	Safer and better-monitored urban transportation infrastructure
SDG 12 – Responsible Consumption and Production	Pothole-related vehicle damage और maintenance burden को कम करने

	की दिशा में support
Educational Theme	AI, Computer Vision, Python, Web App और real-world problem solving को जोड़ना

9. Project Limitations — Prototype में क्या ध्यान रखना चाहिए?

- Detection model की accuracy training data, image quality और road conditions पर निर्भर करती है।
- Confidence score को pothole की वास्तविक depth या danger level नहीं समझना चाहिए।
- Prototype-level severity केवल एक indicative classification है।
- Rain, water, darkness, shadows और unusual road surfaces detection को प्रभावित कर सकते हैं।
- Safety alerts को driver assistance के रूप में समझना चाहिए; system को human judgment का replacement नहीं मानना चाहिए।

10. Conclusion

AI-Based Pothole Detection and Road Safety Alert System एक ऐसा prototype है जो Artificial Intelligence को सड़क सुरक्षा की वास्तविक समस्या से जोड़ता है।

इस project में एक pre-trained YOLO-based AI model सड़क की image को analyze करता है और potholes की पहचान करता है। Detected potholes के चारों तरफ bounding boxes बनाए जाते हैं, confidence score दिखाया जाता है और road-safety warning generate की जा सकती है।

इस project की सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि हमने AI को केवल एक model के रूप में नहीं देखा। हमने एक complete workflow बनाया है:

Real-World Problem



AI Model



Computer Vision



Pothole Detection



Bounding Box



Safety Alert



Future GPS & Mapping



Road Maintenance Reporting

आज हमारा system एक prototype है। लेकिन इसी prototype को आगे बढ़ाकर Live Camera Detection, GPS Tracking, Road Safety Map, Voice Alert, Mobile Application, Multiple Vehicle Data और Smart City Dashboard जैसे features जोड़े जा सकते हैं।

इस प्रकार एक simple road image से शुरुआत करके एक बड़े AI-Based Road Safety and Road Monitoring Platform की दिशा में आगे बढ़ा जा सकता है।

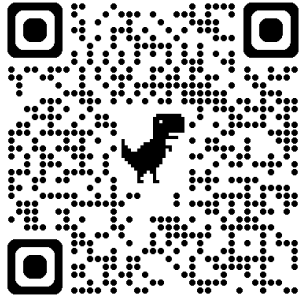
सबसे महत्वपूर्ण learning यही है कि Artificial Intelligence का असली उद्देश्य केवल prediction करना नहीं है, बल्कि technology की मदद से वास्तविक समस्याओं को समझना और उनके practical solutions तैयार करना है।

Appendix A — Prototype Development Checklist

Task	Status to Check
Hugging Face Space created	☐
app.py uploaded	☐
requirements.txt uploaded	☐
Pre-trained model loads successfully	☐
Single pothole test passed	☐
Multiple pothole test passed	☐
Bounding boxes visible	☐
Confidence score visible	☐
Safety alert visible	☐
Final Space tested in browser	☐

Appendix B — Suggested Demonstration Flow

Demo Order	What to show
1	Open the deployed Road Safety application
2	Explain the problem in one road image
3	Upload a normal road image
4	Upload a single-pothole image
5	Upload a multiple-pothole image
6	Show separate bounding boxes and confidence scores
7	Explain the safety alert
8	Explain that the model is pre-trained
9	Show the scalability roadmap
10	Conclude with future GPS, map and live-camera possibilities



Scan for project code `app.py`