महात्मा गांधी अंतरराष्ट्रीय हिंदी विश्वविद्यालय, वर्धा

(A Central University established by an Act of Parliament in 1997)

पोस्ट : हिंदी विश्वविद्यालय, गांधी हिल, वर्धा – 442001 (महाराष्ट्र) भारत

भाषा प्रौद्योगिकी एवं भाषा अभियांत्रिकी विभाग, भाषा विद्यापीठ

ए.आई. आधारित योगासन पहचानक

एम.सी.ए. पाठ्यक्रम की आंशिक पूर्ति हेतु

लघु परियोजना कार्य

सत्र 2024-2026

प्रस्तुतकर्ता: आचार्य भास्कर

नामांकन सं.- 2024/10/811/008

परियोजना निर्देशक

डॉ. हर्षलता पेटकर

सहायक प्रोफ़ेसर(MGAHV)

परियोजना सह-निर्देशक

डॉ. अंजनी कुमार राय

सिस्टम एनालिस्ट(MGAHV)

घोषणा पत्र

मैं **आचार्य भास्कर** , एम.सी.ए. तृतीय सेमेस्टर (सत्र: 2024–26), भाषा प्रौद्योगिकी एवं भाषा अभियांत्रिकी विभाग का छात्र, यह घोषणा करता हूँ कि प्रस्तुत परियोजना कार्य **“ ए.आई. आधारित योगासन पहचानक ”** मेरा व्यक्तिगत अध्ययन एवं अनुसंधान पर आधारित है।

इस परियोजना में निहित विचार, विश्लेषण एवं निष्कर्ष पूर्णतः मेरे द्वारा किए गए प्रयासों का परिणाम हैं। यह कार्य पूर्णतः मौलिक है तथा इसे किसी अन्य स्रोत से बिना अनुमति के प्रतिलिपि नहीं किया गया है।

मैं यह घोषित करता हूँ कि इस परियोजना कार्य में उपयोग किए गए सभी स्रोतों, विचारों एवं डेटा का उचित संदर्भ दिया गया है। इस परियोजना में किसी भी प्रकार की अनधिकृत सहायता, सामग्री या विचार का प्रयोग नहीं किया गया है। प्रस्तुत सामग्री एवं निष्कर्ष पूरी तरह मेरे स्वयं के प्रयास का परिणाम हैं।

यह परियोजना विश्वविद्यालय के नियमों एवं शैक्षिक मानकों के अनुरूप तैयार की गई है और इसकी संपूर्ण जिम्मेदारी मेरी है।

आचार्य भास्कर

स्थान:

नामांकन संख्या: 2024/10/811 /008

दिनांक:

एम.सी.ए (सत्र: 2024-2026)

महात्मा गांधी अंतरराष्ट्रीय हिंदी विश्वविद्यालय
Mahatma Gandhi Antarrashtriya Hindi Vishwavidyalaya
(संसद द्वारा पारित अधिनियम 1997, क्रमांक 3के अंतर्गत स्थापित केंद्रीय विश्वविद्यालय)
(A Central University Established by Parliament by Act No. 3 of 1997)

डॉ. हर्षलता पेटकर
Dr. Harshalata Petkar
सहायक प्रोफेसर (Assistant Professor)
महात्मा गांधी अंतरराष्ट्रीय हिंदी विश्वविद्यालय, वर्धा

दिनांक: ……./……./2025

प्रमाण पत्र

प्रमाणित किया जाता है कि **आचार्य भास्कर** द्वारा एम.सी.ए. सत्र 2024–26 की उपाधि के पाठ्यक्रम संबंधी आवश्यकताओं की आंशिक पूर्ति हेतु " **ए.आई. आधारित योगासन पहचानक** " विषय पर प्रस्तुत परियोजना कार्य मेरे निर्देशन में पूरा किया गया है।

मेरे संज्ञान में यह परियोजना कार्य न तो आंशिक रूप से और न ही पूर्ण रूप से इस विश्वविद्यालय या किसी अन्य संस्था में किसी उपाधि हेतु प्रस्तुत किया गया है।

प्रस्तुत परियोजना कार्य को प्रमाणित करते हुए मूल्यांकन हेतु अग्रेषित किया जाता है।

डॉ. हर्षलता पेटकर
(परियोजना निर्देशक)

महात्मा गांधी अंतरराष्ट्रीय हिंदी विश्वविद्यालय
Mahatma Gandhi Antarrashtriya Hindi Vishwavidyalaya
(संसद द्वारा पारित अधिनियम 1997, क्रमांक 3के अंतर्गत स्थापित केंद्रीय विश्वविद्यालय)
(A Central University Established by Parliament by Act No. 3 of 1997)

डॉ. अंजनी कुमार राय
Dr. Anjani Kumar Rai
प्रभारी लीला (Incharge Lila)
महात्मा गांधी अंतरराष्ट्रीय हिंदी विश्वविद्यालय, वर्धा

दिनांक: ……./……./2025

प्रमाण पत्र

प्रमाणित किया जाता है कि **आचार्य भास्कर** द्वारा एम.सी.ए. सत्र 2024–26 की उपाधि के पाठ्यक्रम संबंधी आवश्यकताओं की आंशिक पूर्ति हेतु "**ए.आई. आधारित योगासन पहचानक**" विषय पर प्रस्तुत परियोजना कार्य मेरे सह-निर्देशन में पूरा किया गया है।

मेरे संज्ञान में यह परियोजना कार्य न तो आंशिक रूप से और न ही पूर्ण रूप से इस विश्वविद्यालय या किसी अन्य संस्था में किसी उपाधि हेतु प्रस्तुत किया गया है।

प्रस्तुत परियोजना कार्य को प्रमाणित करते हुए मूल्यांकन हेतु अग्रेषित किया जाता है।

डॉ. अंजनी कुमार राय

(परियोजना सह-निर्देशक)

महात्मा गांधी अंतरराष्ट्रीय हिंदी विश्वविद्यालय
Mahatma Gandhi Antarrashtriya Hindi Vishwavidyalaya
(संसद द्वारा पारित अधिनियम 1997, क्रमांक 3के अंतर्गत स्थापित केंद्रीय विश्वविद्यालय)
(A Central University Established by Parliament by Act No. 3 of 1997)

डॉ. प्रीति सागर
Dr. Priti Sagar
विभागाध्यक्ष
भाषा प्रौद्योगिकी एवं भाषा अभियांत्रिकी विभाग
महात्मा गांधी अंतरराष्ट्रीय हिंदी विश्वविद्यालय, वर्धा

दिनांक: ……./……./2025

प्रमाण पत्र

प्रमाणित किया जाता है कि **आचार्य भास्कर** ,एम.सी.ए. सत्र 2024–26 के छात्र द्वारा उपाधि के पाठ्यक्रम संबंधी आवश्यकताओं की आंशिक पूर्ति हेतु " **ए.आई. आधारित योगासन पहचानक** " विषय पर प्रस्तुत परियोजना कार्य डॉ. हर्षलता पेटकर के निर्देशन में एवं डॉ. अंजनी कुमार राय के सह-निर्देशन में पूरा किया गया है।मेरे संज्ञान में यह परियोजना कार्य न तो आंशिक रूप से और न ही पूर्ण रूप से इस विश्वविद्यालय या किसी अन्य संस्था में किसी उपाधि हेतु प्रस्तुत किया गया है।

अतः इस परियोजना कार्य को प्रमाणित करते हुए मूल्यांकन हेतु अग्रेषित किया जाता है।

डॉ. प्रीति सागर
(विभागाध्यक्ष)

आभार

मैं इस परियोजना को सफलतापूर्वक पूर्ण करने में मार्गदर्शन, सहयोग एवं प्रेरणा प्रदान करने वाले सभी आदरणीय व्यक्तित्वों के प्रति अपनी गहन कृतज्ञता व्यक्त करता हूँ।

सर्वप्रथम, मैं **आचार्य भास्कर** परमात्मा का हृदय से आभार प्रकट करता हूँ, जिनसे मुझे इस कार्य को पूर्ण करने की शक्ति, प्रेरणा और आत्मविश्वास प्राप्त हुआ।

इस परियोजना की सफलता में मेरे मार्गदर्शक **डॉ. हर्षलता पेटकर, डॉ. अंजनी कुमार राय, डॉ. गिरीश पांडे, डॉ. अंजना किशनपुरी एवं सागर ईखे** का अमूल्य योगदान रहा है। उनके सतत मार्गदर्शन, विद्वत्तापूर्ण सुझाव और प्रोत्साहन ने मुझे प्रत्येक चरण पर सही दिशा प्रदान की तथा इस कार्य को पूर्ण करने में सहायक सिद्ध हुए।

इसके अतिरिक्त, मैं **महात्मा गांधी अंतरराष्ट्रीय हिंदी विश्वविद्यालय** के सभी आदरणीय शिक्षकों की भी अत्यंत आभारी हूँ, जिन्होंने अपनी विद्वता, अनुभव और सुझावों द्वारा इस परियोजना को व्यापक दृष्टिकोण प्रदान किया और इसे उच्च शैक्षणिक मानकों तक पहुँचाने में मेरी सहायता की।

साथ ही, मैं अपने परिवार के सदस्यों का हृदय से धन्यवाद करता हूँ, जिनकी प्रेरणा, विश्वास और सहयोग ने इस कठिन यात्रा में मुझे निरंतर संबल प्रदान किया। उनके स्नेह और विश्वास के बिना इस कार्य को सफलता पूर्वक पूर्ण कर पाना संभव नहीं था।

प्रस्तुतकर्ता

आचार्य भास्कर

2024/10/811/008

अनुक्रमणिका

पृष्ठ संख्या

सारांश ……..*i*

1. परिचय

1.1 परियोजना का अवलोकन……...1
1.2 समस्या का विवरण……...2
1.3 परियोजना के उद्देश्य……..2
1.4 परियोजना का क्षेत्र……3
1.5 परियोजना की उपयोगिता / अनुप्रयोग……....4

2. प्रणाली विश्लेषण

2.1 मौजूदा तकनीकों का अध्ययन……...6
2.2 वर्तमान उपलब्ध योगआधारित एप्लिकेशन-……6
2.3 वास्तविक समय पोज अनुमानक पर मौजूदा शोध……...7
2.4 मीडियापाइप पोज मॉडल का सैद्धांतिक आधार……....7
2.5 मशीन लर्निंग आधारित आसन पहचान पर पूर्व कार्य……..8
2.6 व्यवहार्यता अध्ययन 9

3. प्रणाली अभिकल्पना

3.1 सिस्टम आर्किटेक्चर आरेख……...12
3.2 डेटा फ्लो डायग्राम (डी.एफ.डी. – स्तर 0, स्तर 1)……..14
3.3 उपयोग प्रकरण आरेख (यूज केस डायग्राम)……..15
3.4 फ्लोचार्ट……16

4. प्रणाली कार्यान्वयन

4.1 इनपुट अधिग्रहण मॉड्यूल ……18
4.2 लैंडमार्क निष्कर्षण मॉड्यूल……18
4.3 फीचर प्रोसेसिंग एवं प्रेडिक्शन मॉड्यूल……20
4.4 प्रशिक्षक हेतु डेटा संग्रह मॉड्यूल ……20
4.5 मशीन लर्निंग मॉडल प्रशिक्षण मॉड्यूल ……21
4.6 स्ट्रीमलिट वेब इंटरफ़ेस मॉड्यूल ……21
4.7 आउटपुट एवं विश्लेषण मॉड्यूल ……21

5. उपयोग किए गए एल्गोरिद्म एवं मॉडल

5.1 मीडियापाइप पोज लैंडमार्क मॉडल……23
5.2 मशीन लर्निंग मॉडल – डेन्स न्युरल नेटवर्क (डी.एन.एन.)……24
5.3 डाटा पूर्व-प्रक्रिया (डाटा प्री-प्रोसेसिंग)……..25

5.4 फीचर एक्सट्रैक्शन – लैंडमार्क वेक्टर क्रीऐशन……26

6. परिणाम एवं निष्कर्ष

6.1 परीक्षण पद्धति (टेस्टिंग मेथेडोलोजी)……28
6.2 कार्यात्मक परीक्षण (फंक्शनल टेस्टिंग रिपोर्ट) ……29
6.3 मॉडल प्रशिक्षण एवं परीक्षण डेटा विवरण ……29
6.4 सटीकता परीक्षण (ऐक्यूरेसी टेस्टिंग) ……29
6.5 रीयल-टाइम प्रदर्शन परीक्षण ……30
6.6 विभिन्न इनपुट पर परिणाम ……30
6.7 त्रुटियाँ एवं समाधान ……31
6.8 परिणामों का निष्कर्ष……31
6.9 परियोजना का निष्कर्ष ……31

7. भविष्य की संभावनाएँ

7.1 बेहतर एंगल-आधारित एनालिटिक्स……33
7.2 मोबाइल एप्लीकेशन इंटीग्रेशन……33
7.3 ए.आई.-आधारित सुधार सुझाव……34
7.4 वॉयस निर्देशित योग प्रशिक्षक का विस्तार……34
7.5 अधिक आसनों का प्रशिक्षण……34

8. प्रणाली के स्क्रीनशॉट

8.1 होमपेज / मुख्य इंटरफ़ेस स्क्रीनशॉट……37
8.2 लाइव कैमरा पोज़ डिटेक्शन स्क्रीनशॉट……37
8.3 इमेज-आधारित पोज़ पहचान स्क्रीनशॉट……39
8.4 वीडियो-आधारित पोज़ पहचान स्क्रीनशॉट……40
8.5 एडमिन पोज़ डेटा संग्रह स्क्रीनशॉट……41
8.6 मॉडल प्रशिक्षण स्क्रीनशॉट……41
8.7 आउटपुट एवं कॉन्फिडेंस एनालिटिक्स स्क्रीनशॉट……42
8.8 प्रोजेक्ट फ़ोल्डर संरचना का स्क्रीनशॉट……43
8.9 संपूर्ण फाइनल यूज़र इंटरफ़ेस स्क्रीनशॉट……43

संदर्भ ……44

सारांश

यह परियोजना रिपोर्ट **"ए.आई. आधारित योगासन पहचानक"** नामक एक मशीन लर्निंग एवं कंप्यूटर विज़न आधारित योग आसन पहचान प्रणाली को प्रस्तुत करती है, जिसे **पाइथन , स्ट्रीमलिट, ओपन सी.वी., मीडियापाइप , नमपाई तथा टेन्सरफ़्लो/केरास (Keras)** जैसी आधुनिक तकनीकों का उपयोग करके विकसित किया गया है।

यह प्रणाली योग अभ्यासियों के लिए आसन पहचान, आसन की शुद्धता की जाँच तथा अभ्यास के दौरान सही मुद्रा बनाए रखने में सहायता प्रदान करने के उद्देश्य से तैयार की गई है। प्रोजेक्ट में दो मुख्य उपयोगकर्ता मॉड्यूल शामिल हैं — उपयोगकर्ता इंटरफ़ेस और प्रशिक्षक/प्रशासक इंटरफ़ेस।

साथ ही, इसमें यह सुविधा भी प्रदान की गई है कि योग के छात्र अपनी मुद्रा का कॉन्फिडेंस स्कोर चार्ट दूरस्थ रूप से प्रशिक्षकों के साथ साझा कर सकें। इससे मूल्यांकन प्रक्रिया अधिक पारदर्शी बनती है तथा प्रशिक्षक विद्यार्थियों की प्रगति का वस्तुनिष्ठ विश्लेषण कर सकते हैं।उपयोगकर्ता मॉड्यूल वास्तविक समय में **वेबकैम, छवि** और **वीडियो** के माध्यम से योग आसनों की स्वचालित पहचान करता है और सटीकता (ऐक्यूरेसी) के साथ आसन का नाम प्रदर्शित करता है।

ट्रैनर/ऐड्मिन मॉड्यूल प्रशिक्षकों को नए योगासन का डेटा संग्रह (पोज़ कलेक्शन), डेटा प्रबंधन तथा मशीन लर्निंग मॉडल के पुनः प्रशिक्षण की सुविधा प्रदान करता है, जिससे प्रणाली निरंतर बेहतर होती जाती है। यह मॉड्यूल मॉडल की सटीकता बढ़ाने, नए आसनों को शामिल करने तथा संपूर्ण प्रणाली को अद्यतन (अप-टू-डेट) बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

इस परियोजना के विकास में डाटा प्री-प्रोसेसिंग, फीचर एक्सट्रैक्शन, मशीन लर्निंग मॉडल निर्माण, वेब इंटरफ़ेस डिज़ाइन, उपयोगकर्ता प्रमाणीकरण (ऑथेन्टीकैशन), तथा रियल-टाइम प्रोसेसिंग जैसे महत्वपूर्ण सॉफ्टवेयर इंजीनियरिंग सिद्धांतों का प्रभावी उपयोग किया गया है।

सिस्टम का परीक्षण स्थानीय वातावरण (लोकलहोस्ट) में स्ट्रीमलिट सर्वर पर किया गया है और यह सफलतापूर्वक एवं सुचारू रूप से कार्य करता है। साथ ही, परीक्षण के दौरान सभी प्रमुख मॉड्यूल—आसन पहचान, कॉन्फिडेंस स्कोर जनरेशन, और मुद्रा सत्यापन—ने अपेक्षित परिणाम प्रदान किए। उपयोगकर्ता इंटरफ़ेस ने रीयल-टाइम प्रतिक्रिया दी तथा प्रशिक्षक मॉड्यूल द्वारा साझा किए गए विश्लेषणात्मक चार्ट भी सही रूप में प्रदर्शित हुए। यह प्रणाली आगे क्लाउड या वेब-डिप्लॉयमेंट के लिए भी तैयार पाई गई है।

इस परियोजना के माध्यम से मुझे मशीन लर्निंग, कंप्यूटर विज़न, वेब ऐप डेवलपमेंट, मॉडल प्रशिक्षण एवं डेटा प्रबंधन जैसे क्षेत्रों में गहन व्यावहारिक अनुभव प्राप्त हुआ। यह रिपोर्ट संपूर्ण विकास प्रक्रिया, उपयोग की गई तकनीकों, प्रणाली संरचना तथा प्राप्त परिणामों का विस्तृत विवरण प्रस्तुत करती है।

1

परिचय

1.1 परियोजना का अवलोकन
1.2 समस्या का विवरण
1.3 परियोजना के उद्देश्य
1.4 परियोजना का क्षेत्र
1.5 परियोजना की उपयोगिता / अनुप्रयोग

1. परिचय

1.1 परियोजना का अवलोकन

यह परियोजना " **ए.आई. आधारित योगासन पहचानक** " एक उन्नत, बुद्धिमत्तापूर्ण एवं वास्तविक-समय आधारित कंप्यूटर-विज़न अनुप्रयोग है, जिसका उद्देश्य योग के विभिन्न आसनों की स्वचालित पहचान करना तथा उपयोगकर्ता को शुद्ध एवं सटीक आसन-अभ्यास हेतु मार्गदर्शन उपलब्ध कराना है।

इस प्रणाली में आधुनिक कृत्रिम बुद्धिमत्ता, मशीन लर्निंग, डीप लर्निंग , छवि-प्रसंस्करण (इमेज प्रोसेसिंग) तथा वेब-आधारित इंटरफ़ेस तकनीकों का समन्वित प्रयोग किया गया है। इसके माध्यम से उपयोगकर्ता अपने वेबकैम, स्थिर-चित्र तथा वीडियो के द्वारा किए जाने वाले योग-आसनों को प्रणाली के समक्ष प्रस्तुत कर सकता है, जिसके पश्चात् यह प्रणाली शरीर की मुद्रा एवं जोड़-बिंदुओं (पोज लैंडमार्क) का विश्लेषण करके यह निष्कर्ष निकालती है कि प्रस्तुत मुद्रा कौन-सा योग-आसन है।

इस परियोजना में संस्था-प्रशिक्षक अथवा योग-विशेषज्ञ हेतु एक प्रशासक/प्रशिक्षक पैनल (ऐड्मिन/ट्रैनर पैनल) भी विकसित किया गया है, जिसके माध्यम से नए योग-आसनों के लिए आवश्यक डाटा-संग्रह (डाटा कलेक्शन) किया जा सकता है तथा उपलब्ध डाटा के आधार पर पूरे मॉडल का पुनः-प्रशिक्षण भी किया जा सकता है। यह सुविधा प्रणाली को गतिशील बनाती है, जिससे समय के साथ-साथ इसकी सटीकता एवं क्षमता में वृद्धि होती रहती है।

परियोजना का मुख्य उद्देश्य योगाभ्यास करने वाले विद्यार्थियों, प्रशिक्षकों एवं स्वास्थ्य-सचेत व्यक्तियों को एक ऐसा सशक्त एवं सरल उपकरण प्रदान करना है, जो उन्हें सही आसन-अभ्यास, पुनरावृत्ति में स्थिरता, तथा स्वयं-मूल्यांकन की सुविधा प्रदान करे।

यह संपूर्ण प्रणाली मीडियापाइप , ओपन सी.वी., टेंसरफ़्लो-केरास , नम्पाइ तथा स्ट्रीम्-लिट जैसे आधुनिक मुक्त-स्रोत टूल्स का उपयोग करके बनाई गई है। प्रणाली का परीक्षण स्थानीय परिवेश में सफलतापूर्वक किया गया है तथा यह विभिन्न परिस्थितियों में स्थिर एवं विश्वसनीय रूप से कार्य करती है।

यह परियोजना आधुनिक तकनीक तथा भारतीय योग-परंपरा के बीच एक सशक्त सेतु का निर्माण करती है, जो न केवल तकनीकी शिक्षा को व्यावहारिक बनाती है, बल्कि स्वास्थ्य-जागरूकता तथा जीवन-शैली सुधार हेतु भी अत्यंत उपयोगी सिद्ध होती है।

1.2 समस्या का विवरण

वर्तमान समय में योगाभ्यास शारीरिक, मानसिक तथा आध्यात्मिक स्वास्थ्य के लिए अत्यंत आवश्यक माना जाता है; परन्तु योग का प्रभाव तभी प्राप्त होता है जब आसन **शुद्ध, संतुलित और सही तकनीक** के साथ किए जाएँ। आज अधिकांश विद्यार्थी एवं अभ्यासकर्ता योग-प्रशिक्षक की अनुपस्थिति में ऑनलाइन माध्यम, वीडियो अथवा स्व-अध्ययन के आधार पर योग का अभ्यास करते हैं, जिसके कारण अनेक बार आसनों में **मुद्रागत त्रुटियाँ** हो जाती हैं। इन त्रुटियों का अनुभव अभ्यासकर्ता को सामान्यत: स्वयं नहीं हो पाता, और गलत मुद्रा के लगातार अभ्यास से शारीरिक चोट, असंतुलन या आसन के दुष्परिणाम उत्पन्न होने की संभावना बढ़ जाती है।

वर्तमान में उपलब्ध योग-ऐप्लिकेशनों में अधिकांश केवल वीडियो-आधारित निर्देश प्रदान करते हैं; वे **वास्तविक-समय में उपयोगकर्ता की मुद्रा का विश्लेषण** करके आसन की पहचान या सुधार-संदेश देने में सक्षम नहीं हैं। इसके अतिरिक्त, प्रशिक्षकों के लिए आसन-संबंधी डाटा-संग्रह (डाटा कलेक्शन) और मॉडल-प्रशिक्षण (मॉडल ट्रैनिंग) की सुविधाएँ भी प्रायः उपलब्ध नहीं होतीं, जिससे ऐसे सिस्टम का विस्तार, अद्यतन और विविध भारतीय योग-परंपराओं के आसनों का समावेश कठिन हो जाता है।

मुख्य समस्या यह है कि:

- उपयोगकर्ता को **रीयल-टाइम परिणाम** प्राप्त नहीं होता।
- गलत मुद्रा का पता लगाने का **स्वचालित तंत्र** उपलब्ध नहीं है।
- नए आसनों को जोड़ने का **रीयल-टाइम डाटा-संग्रह प्लेटफॉर्म** नहीं है।
- प्रशिक्षकों के लिए **मॉडल पुनः-प्रशिक्षण** की सरल सुविधा उपलब्ध नहीं है।
- वीडियो व छवि के माध्यम से **विश्वसनीय आसन पहचान प्रणाली** का अभाव है।

इन समस्याओं को ध्यान में रखते हुए, आवश्यक है कि एक ऐसी **बुद्धिमत्तापूर्ण प्रणाली** विकसित की जाए, जो उपयोगकर्ता की शारीरिक मुद्रा के महत्त्वपूर्ण बिंदुओं (पोज लैंडमार्क) का विश्लेषण करके **सटीक आसन की पहचान** कर सके, प्रशिक्षकों को नई मुद्राओं का डाटा जोड़ने की सुविधा दे, तथा योग अभ्यासियों को एक सुरक्षित और वैज्ञानिक तरीके से योग का अभ्यास करने में सहायता करे।

1.3 परियोजना के उद्देश्य

इस परियोजना का मुख्य उद्देश्य योगाभ्यास को आधुनिक प्रौद्योगिकी के माध्यम से अधिक वैज्ञानिक, सरल तथा सुरक्षित बनाना है। पारंपरिक योग सीखने की प्रक्रिया में प्रशिक्षक की निरंतर उपस्थिति आवश्यक होती है, और कई बार विद्यार्थी अपनी मुद्रा के सही या गलत होने का तुरंत आकलन नहीं कर पाते। ऐसी स्थिति में कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित एक ऐसी प्रणाली की आवश्यकता महसूस की गई जो मानव-शरीर के आसनों को स्वयं पहचान सके और

उपयोगकर्ता को सही दिशा में मार्गदर्शन कर सके। इसी विचार से **ए.आई. आधारित योगासन पहचानक** की संकल्पना विकसित की गई।

इस परियोजना का प्रथम उद्देश्य यह है कि उपयोगकर्ता द्वारा प्रस्तुत किसी भी योग-मुद्रा—चाहे वह कैमरे के माध्यम से रीयल-टाइम में हो, किसी चित्र के रूप में हो, अथवा किसी वीडियो के द्वारा—का त्वरित विश्लेषण कर सही आसन का नाम एवं उसकी निश्चयता (कान्फिडेन्स) प्रदर्शित किया जा सके । मानव-शरीर के प्रमुख बिंदुओं के विश्लेषण के लिए मीडियापाइप पोज़ (मीडियापाइप पोज) तकनीक का प्रयोग किया गया है, जो शरीर के विभिन्न जोड़-बिंदुओं (लैंडमार्क) का अत्यंत सटीक डिजिटल मानचित्र तैयार करती है। इन बिंदुओं के आधार पर उत्पन्न किये गए संख्यात्मक गुणों (फीचर वेक्टर) को मशीन लर्निंग मॉडल में इनपुट के रूप में प्रदान किया जाता है, जिसके आधार पर मॉडल योग-मुद्रा की पहचान करता है।

परियोजना का एक अन्य महत्वपूर्ण उद्देश्य प्रशिक्षकों या विशेषज्ञों को एक ऐसे मंच (इंटरफेस) की सुविधा प्रदान करना है, जहाँ वे स्वयं नई योग-मुद्राओं का डाटा संग्रह कर सकें और आवश्यकता पड़ने पर मॉडल को पुनः प्रशिक्षित कर सकें। इससे यह प्रणाली समय के साथ अधिक सटीक, परिष्कृत तथा अद्यतन होती रहती है, और इसमें नए आसनों को जोड़ना भी सरल हो जाता है। यह सुविधा प्रणाली को एक डायनेमिक और मॉड्यूलर प्लेटफॉर्म का रूप देती है जो समय के साथ विकसित होने में सक्षम है।

उपयोगकर्ता अनुभव को सहज और उपयोगकर्ता-फ्रेंडली बनाए रखने के लिए इस परियोजना में एक अत्यंत सरल, आकर्षक और इंटरैक्टिव वेब इंटरफ़ेस तैयार किया गया है। यह इंटरफ़ेस स्ट्रीम्-लिट फ्रेमवर्क पर आधारित है, जो वास्तविक-समय वीडियो स्ट्रीमिंग, डाटा प्रोसेसिंग और परिणामों के दृश्य प्रदर्शन को सुचारू रूप से नियंत्रित करता है। इसके अतिरिक्त, मॉडल द्वारा प्रदान की गई निश्चयता को ग्राफ़ के रूप में प्रस्तुत किया गया है, जिससे उपयोगकर्ता अपनी योग-मुद्रा की स्थिरता और शुद्धता को समझ सके।

अंततः, इस परियोजना का व्यापक उद्देश्य यह है कि योगाभ्यास को एक ऐसी तकनीक के माध्यम से सशक्त बनाया जाए, जो सही आसन अपनाने में सहायता करे, संभावित त्रुटियों को कम करे तथा अभ्यास को अधिक सुरक्षित और प्रभावी बनाए। यह प्रणाली न केवल व्यक्तिगत योग-अभ्यासकर्ताओं के लिए लाभकारी है, बल्कि इसे योग प्रशिक्षकों, फिटनेस केंद्रों और स्वास्थ्य संस्थानों में भी उपयोग किया जा सकता है। इस प्रकार यह परियोजना स्वास्थ्य, शिक्षा और प्रौद्योगिकी—तीनों क्षेत्रों के संगम पर आधारित एक महत्वपूर्ण नवाचार का प्रतिनिधित्व करती है।

1.4 परियोजना का क्षेत्र

इस परियोजना का क्षेत्र आधुनिक कृत्रिम बुद्धिमत्ता तथा कंप्यूटर विज़न तकनीकों के माध्यम से योगकी मुद्राओं-स्वचालित पहचान, विश्लेषण और मूल्यांकन प्रदान करना है। प्रणाली का उपयोगकर्ता क्षेत्र अत्यंत व्यापक है, जिसमें

व्यक्तिगत योग साधक, योग प्रशिक्षक, फिटनेस केंद्र, स्वास्थ्य संस्थान तथा ईलर्निंग प्लेटफ़ॉर्म सम्मिलित किए जा - टाइम वेबकैम स्ट्रीम-सकते हैं। यह प्रणाली उपयोगकर्ता द्वारा प्रस्तुत रीयल, स्थिर चित्र या वीडियो फ़ाइल से मानव आकृति का विश्लेषण कर सही योगासन पहचानने में सक्षम है। मीडियापाइप पोज़ द्वारा प्राप्त शरीर के जोड़बिंदुओं - के आधारित संख्यात्मक डाटा को मशीन लर्निंग मॉडल द्वारा वर्गीकृत किया जाता है, जिससे विभिन्न योगमुद्राओं - की पहचान संभव होती है। परियोजना का क्षेत्र केवल आसन पहचान तक सीमित नहीं है; यह प्रशिक्षकों के लिए एक प्रशासनिक इंटरफ़ेस भी उपलब्ध कराता है, जिसके माध्यम से नए योगासनों का डाटा संग्रह, संशोधन तथा मॉडल का पुनः प्रशिक्षण किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, परियोजना में उपयोगकर्तामित्र वेब इंटरफ़ेस-, लाइव वीडियो प्रोसेसिंग, आसन सटीकता का विश्लेषण, और ग्राफ़ीय प्रस्तुतिकरण जैसी सुविधाएँ भी सम्मिलित हैं। भविष्य में इसे उन्नत त्रुटिसुधार सुझाव-, पूर्ण शरीर विश्लेषण, मुद्राआसन प्रशिक्षण -सुधार एनीमेशन तथा बहु- मॉड्यूल के साथ विस्तारित किया जा सकता है। इस प्रकार, यह परियोजना न केवल वर्तमान आवश्यकताओं को पूरा करती है, बल्कि आगे चलकर स्वास्थ्य, फिटनेस, शिक्षा और डिजिटल योग प्रशिक्षण के क्षेत्र में एक प्रभावशाली, विस्तार योग्य और व्यावहारिक प्रणाली बनने की क्षमता भी रखती है।

1.5 परियोजना की उपयोगिता/अनुप्रयोग

यह कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित योग-मुद्रा पहचान प्रणाली आधुनिक स्वास्थ्य, शिक्षा और फिटनेस क्षेत्रों में व्यापक उपयोगिता रखती है। यह प्रणाली व्यक्तिगत योग-अभ्यासियों को उनकी मुद्रा की रीयल-टाइम जाँच करने, सही आसन पहचानने और अभ्यास की सटीकता का आकलन करने में सहायता प्रदान करती है, जिससे गलत मुद्रा से होने वाली संभावित शारीरिक क्षति को रोका जा सकता है। ऑनलाइन योग-शिक्षण के विस्तार के साथ यह प्रणाली उन अभ्यर्थियों के लिए विशेष रूप से उपयोगी है जिन्हें प्रत्यक्ष प्रशिक्षक उपलब्ध नहीं होता, क्योंकि यह उन्हें तुरंत डिजिटल फीडबैक प्रदान करती है। योग प्रशिक्षकों एवं फिटनेस कोच के लिए यह एक प्रभावी सहायक उपकरण है, जिसके माध्यम से वे अपने विद्यार्थियों की प्रगति का वस्तुनिष्ठ मूल्यांकन कर सकते हैं तथा नई योग-मुद्राएँ जोड़कर मॉडल को अद्यतन भी कर सकते हैं। स्वास्थ्य संस्थानों में इसे पुनर्वास चिकित्सा , फिजियोथेरपी तथा शारीरिक आसन सुधार के लिए उपयोग किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, यह प्रणाली ई-लर्निंग प्लेटफॉर्म्स, योग-ट्रेनिंग एप्लीकेशनों, फिटनेस ट्रैकिंग डिवाइसेस और स्मार्ट हेल्थ मॉनिटरिंग सिस्टम से भी जोड़ी जा सकती है। तकनीकी विज़न से यह परियोजना कंप्यूटर-विज़न, मशीन-लर्निंग और मानव-गतिशीलता विश्लेषण के सम्मिलित उपयोग का व्यावहारिक उदाहरण प्रस्तुत करती है, जिससे यह न केवल उपयोगकर्ताओं के लिए उपयोगी है, बल्कि शोधकर्ताओं और डेवलपर समुदाय के लिए भी एक महत्वपूर्ण आधार प्रदान करती है।

2

प्रणाली विश्लेषण

2.1 मौजूदा तकनीकों का अध्ययन
2.2 वर्तमान उपलब्ध योगआधारित एप्लिकेशन-
2.3 वास्तविक समय पोज पहचानक पर मौजूदा शोध
2.4 मीडियापाइप पोज मॉडल का सैद्धांतिक आधार
2.5 मशीन लर्निंग आधारित आसन पहचान पर पूर्व कार्य
2.6 व्यवहार्यता अध्ययन

2. प्रणाली विश्लेषण

2.1 मौजूदा तकनीकों का अध्ययन

योग-मुद्रा पहचान प्रणाली विकसित करने से पूर्व वर्तमान में उपलब्ध प्रमुख तकनीकों का अध्ययन अत्यंत आवश्यक है, ताकि यह समझा जा सके कि अब तक कौन-सी पद्धतियाँ उपयोग में लाई जा रही हैं और उनमें क्या सीमाएँ तथा संभावनाएँ मौजूद हैं। आधुनिक कंप्यूटर-विज़न के क्षेत्र में मानव-शरीर की मुद्रा पहचान हेतु प्रायः डीप न्यूरल नेटवर्क्स आधारित ढाँचे उपयोग किए जाते रहे हैं, जिनमें ओपनपोज़ , पोसनेट तथा ब्लेज़पोज़ प्रमुख हैं। इनमें ओपनपोज बहु-व्यक्ति शरीर-बिंदु पहचान के लिए अत्यंत प्रभावी है, जबकि पोजनेट एक हल्का और तुलनात्मक रूप से तेज़ मॉडल प्रदान करता है। मीडियापाइप का ब्लैज़पोज फ्रेमवर्क उच्च सटीकता और वास्तविक-समय प्रसंस्करण क्षमता का संतुलन प्रदान करता है, जिसके कारण यह मोबाइल और वेब आधारित अनुप्रयोगों में व्यापक रूप से प्रयुक्त होता है। इसके अतिरिक्त, टेन्सरफ़्लो तथा पाइटॉर्च जैसे फ्रेमवर्क मशीन-लर्निंग और मुद्रा-वर्गीकरण मॉडल तैयार करने में प्रयोग किए जाते हैं, जबकि ओपन सी.वी. वास्तविक-समय वीडियो अधिग्रहण और फीड-प्रोसेसिंग के लिए एक विश्वसनीय आधार प्रदान करता है।

इन तकनीकों के संयुक्त अध्ययन से यह स्पष्ट हुआ कि योगासन पहचान जैसी अत्यंत सूक्ष्म एवं संरचनात्मक भिन्नताओं वाले कार्य के लिए मीडियापाइप पोज का थ्री-डी लैंडमार्क सिस्टम अन्य उपलब्ध तकनीकों की तुलना में अधिक उपयुक्त है। इसका कारण यह है कि मीडियापाइप तेज़, हल्का, मल्टी-प्लैटफ़ॉर्म अनुकूल, कम संसाधन-उपयोगी तथा अत्यधिक सटीक बिंदु पहचान प्रदान करता है। अतः मौजूदा तकनीकों के विस्तृत अध्ययन ने इस परियोजना के लिए वह उपयुक्त तकनीकी ढांचा चुनने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई जो आगे चलकर प्रणाली को वास्तविक-समय योग-मुद्राओं की पहचान में सक्षम बनाता है।

2.2 वर्तमान उपलब्ध योग-आधारित एप्लिकेशन

वर्तमान समय में डिजिटल स्वास्थ्य एवं फिटनेस के प्रसार के साथ अनेक योग-आधारित मोबाइल एवं वेब एप्लिकेशन उपलब्ध हैं, जिनका उद्देश्य उपयोगकर्ताओं को घर बैठे योग सिखाना, अभ्यास कराना और स्वास्थ्य संबंधी मार्गदर्शन प्रदान करना है। इन एप्लिकेशनों में **डेली योगा** , **योगा गो** , **असना रिबेल** , **सिंपली योगा** तथा **डाउन डॉग** प्रमुख उदाहरण हैं। ये एप्लिकेशन मुख्यतः वीडियो ट्यूटोरियल, वॉयस निर्देश, वर्कआउट प्लान और प्रगति ट्रैकिंग जैसी सुविधाएँ प्रदान करते हैं। कुछ उन्नत एप्लिकेशन मूलभूत स्तर पर कैमरे के माध्यम से मुद्रा पहचान का प्रयास भी करते हैं, किंतु वे अक्सर सामान्य बॉडी-पोज़ अनुमानों पर आधारित होते हैं और जटिल योग-आसनों की सटीक पहचान करने में सीमित क्षमता प्रदर्शित करते हैं। इनमें से अधिकांश एप्लिकेशन केवल पूर्व-रिकॉर्डेड प्रशिक्षण वीडियो पर निर्भर रहते हैं तथा उपयोगकर्ता की वास्तविक मुद्रा का विश्लेषण करके त्वरित फीडबैक प्रदान करने में सक्षम नहीं होते। इसके अलावा, नई योग-मुद्राओं को जोड़ने या प्रशिक्षक के स्तर पर मॉडल को अनुकूलित

करने की सुविधा भी इन एप्लिकेशनों में उपलब्ध नहीं होती। इसी कारण, योग-अभ्यासियों को अभी भी सही मुद्रा पहचानने और अपनी त्रुटियों को समझने के लिए प्रशिक्षक या विशेषज्ञ पर निर्भर रहना पड़ता है।

इन सीमाओं का अवलोकन करने के बाद यह स्पष्ट हुआ कि एक उन्नत, वास्तविक-समय, मशीन-लर्निंग आधारित योग-मुद्रा पहचान प्रणाली की आवश्यकता है, जो उपयोगकर्ता को सटीक मार्गदर्शन प्रदान कर सके, प्रशिक्षकों को नए आसनों का डाटा जोड़ने की स्वतंत्रता दे सके और डिजिटल योग प्रशिक्षण को अधिक प्रभावी एवं व्यक्तिगत स्वरूप में प्रस्तुत कर सके।

2.3 वास्तविक समय मुद्रा/आसन पहचानक पर मौजूदा शोध

वास्तविक समय पोज़ एस्टीमेशन पर किए गए शोध पिछले एक दशक में तीव्र गति से विकसित हुए हैं, विशेषकर गहन-स्नायु-तंत्रिका-जाल (डीप न्यूरल नेटवर्क) तथा कंप्यूटर-विज़न में प्रगति के कारण। प्रारम्भिक शोधों में मानव-शरीर की रूपरेखा पहचानने के लिए पारंपरिक तकनीकों—जैसे बैकग्राउंड सब्ट्रैक्शन, डिटेक्शन तथा ऑप्टिकल फ्लो—का प्रयोग किया जाता था, किंतु इन पद्धतियों में जटिल मुद्राओं, प्रकाश-परिवर्तन और आंशिक अवरोध की स्थिति में सटीकता सीमित रहती थी। 2016 के बाद से कन्वॉल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क आधारित बहु-चरणीय मॉडलों ने मानव-पोज़ पहचान में क्रांतिकारी परिवर्तन लाया। *कार्नेगी मेलॉन यूनिवर्सिटी* का ओपनपोज़ इस क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण मील का पत्थर है, जिसने पहली बार वास्तविक समय में बहु-व्यक्ति स्केलेटॉन संरचना निकालने की क्षमता प्रदान की। इसके बाद पोसनेट ने वेब एवं मोबाइल प्लेटफॉर्म पर हल्का तथा तेज़ मॉडल प्रस्तुत किया, जिससे वास्तविक समय पोज़ पहचान अधिक सुलभ हो सकी। गूगल रिसर्च द्वारा विकसित ब्लेज़पोज़ ने शोध जगत में और उन्नति की, क्योंकि यह 33 शरीर-बिंदुओं की विस्तृत थ्री-डी लैंडमार्क श्रृंखला प्रदान करता है और प्रोसेसिंग गति के साथ सटीकता बनाए रखता है। इन शोधों ने यह सिद्ध किया कि वास्तविक समय पोज़ एस्टीमेशन न केवल एआई-आधारित मानव-गतिशीलता विश्लेषण में, बल्कि योग, खेल प्रशिक्षण, फिजियोथेरपी और सुरक्षा निगरानी जैसे क्षेत्रों में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है ।

मौजूदा शोध यह भी दर्शाते हैं कि उच्च-सटीकता वाले बिंदु-आधारित मॉडलों को मशीन-लर्निंग के साथ संयोजित कर किसी विशिष्ट क्रिया—जैसे योग-आसन—का वर्गीकरण अत्यंत विश्वसनीय रूप से किया जा सकता है। इन्हीं शोध उपलब्धियों को आधार बनाकर इस परियोजना में मीडियापाइप पोज और मशीन-लर्निंग तकनीकों के संयोजन से एक प्रभावी योग-मुद्रा पहचान प्रणाली विकसित की गई है।

2.4 मीडियापाइप पोज मॉडल का सैद्धांतिक आधार

मीडियापाइप पोज मॉडल मानव-शरीर की मुद्रा पहचान के लिए विकसित एक उन्नत कंप्यूटर-विज़न ढाँचा है, जिसका सैद्धांतिक आधार डीप न्यूरल नेटवर्क, स्थानिक-समयिक विश्लेषण और थ्री-डी मानव-काइनेमैटिक्स पर आधारित है। यह मॉडल दो प्रमुख चरणों—ब्लैज़पोज डिटेक्टर और ब्लैज़पोज लैंडमार्क मॉडल—के सहयोग से कार्य करता है। प्रथम चरण में, ब्लैज़पोज डिटेक्टर एक हल्का लेकिन अत्यधिक सटीक बाउंडिंग-बॉक्स पहचान तंत्र

का उपयोग करता है, जो मानव-शरीर की स्थिति को फ्रेम में खोजता है। इसके बाद दूसरा चरण, 33 प्रमुख शरीर-बिंदुओं (लैंडमार्क) का थ्री-डी रूप में सटीक अनुमान लगाता है, जिसमें प्रत्येक बिंदु के X, Y तथा Z निर्देशांक तथा दृश्यता स्कोर शामिल होते हैं। मीडियापाइप का लैंडमार्क मॉडल मुख्य रूप से कन्वॉल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क तथा हीटमैप-आधारित प्रतिगमन तकनीकों का उपयोग करता है, जिससे शरीर के जोड़-बिंदुओं का अत्यंत बारीकी से अनुमान लगाया जा सके। इसकी विशेषता यह है कि यह पूर्ण फ्रेम पर भारी गणना करने के बजाय शरीर के विशेष भागों पर केंद्रित होकर रीजन-ऑफ-इन्टरेस्ट का उपयोग करता है, जिससे प्रसंस्करण गति अत्यधिक बढ़ जाती है और मॉडल वास्तविक समय में 30–60 एफ.पी.एस. तक कार्य कर सकता है। इसके अतिरिक्त मीडियापाइप पोज में टेम्परल फिलटरिंग और स्मूथनिंग तकनीक का उपयोग किया गया है, जिससे लगातार वीडियो फ्रेमों में बिंदुओं का कंपन (जिटर) कम होता है और शरीर की गति अधिक स्वाभाविक प्रतीत होती है। यह मॉडल मोबाइल उपकरणों पर भी कुशलतापूर्वक कार्य करता है, क्योंकि यह टेन्सरफ़्लो लाइट और जी.पी.यू. ऐक्सेलरैशन के लिए अनुकूलित है। सैद्धांतिक रूप से मीडियापाइप पोज मॉडल मानव-शरीर की संरचना, जोड़-बिंदुओं की गतिशीलता तथा तीन-आयामी भौतिक गति के गहन विश्लेषण के आधार पर विकसित किया गया है, जिसके कारण यह योगासन जैसे जटिल और सूक्ष्म शरीर-आकृतियों की पहचान में भी अत्यधिक सक्षम सिद्ध होता है। इसी वैज्ञानिक आधार के कारण यह परियोजना के लिए सबसे उपयुक्त तकनीक के रूप में चयनित किया गया।

2.5 मशीन लर्निंग आधारित आसन पहचान पर पूर्व कार्य

मशीन लर्निंग आधारित आसन पहचान पर पिछले वर्षों में अनेक शोध कार्य किए गए हैं, जिनका मुख्य उद्देश्य मानव-शरीर की स्थिति, कोणों और जोड़-बिंदुओं के आधार पर विशिष्ट क्रियाओं या मुद्राओं की स्वचालित पहचान करना रहा है। प्रारंभिक शोधों में शरीर के मापदंडों—जैसे जोड़-बिंदुओं के बीच की दूरी, कोण, अनुपात तथा स्थान परिवर्तन—को संख्यात्मक विशेषताओं (फीचर वेक्टर) के रूप में निकालकर सपोर्ट वेक्टर मशीन , रैंडम फॉरेस्ट, k-नियरेस्ट नेबर (k-NN) जैसे पारंपरिक मशीन लर्निंग एल्गोरिदम से वर्गीकृत किया जाता था। हालांकि ये विधियाँ सरल संरचनात्मक क्रियाओं की पहचान करने में सक्षम थीं, लेकिन जटिल योग-मुद्राओं या बहु-अक्षीय गतियों वाली गतिविधियों में इनकी सटीकता सीमित रहती थी। बाद के शोधों में डीप लर्निंग आधारित कन्वॉल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क्स तथा रिकरेंट न्यूरल नेटवर्क्स का प्रयोग किया गया, जो छवियों तथा वीडियो फ्रेमों से स्वतः विशेषताएँ सीखने में सक्षम थे। कई शोधों ने पॉज़-एस्टीमेशन मॉडल द्वारा प्राप्त 2D/थ्री-डी लैंडमार्क डेटा को सीधे मशीन लर्निंग मॉडलों में इनपुट के रूप में उपयोग कर योगासन पहचान, डांस मूव एनालिसिस, स्पोर्ट्स एक्शन रिकग्निशन और फिजियोथेरपी व्यायाम वर्गीकरण जैसे क्षेत्रों में महत्वपूर्ण परिणाम प्राप्त किए। हाल के शोधों में मीडियापाइप और टेन्सरफ़्लो जैसे फ्रेमवर्क के संयोजन से हल्के लेकिन उच्च-सटीकता वाले आसन-वर्गीकरण मॉडल विकसित किए गए हैं, जो मोबाइल और वेब प्लेटफॉर्म पर रीयल-टाइम परिणाम प्रदान करने में सक्षम हैं। इन पूर्व कार्यों से यह स्पष्ट होता है कि मानव-शरीर के जोड़-बिंदुओं का डाटा मशीन लर्निंग के लिए अत्यंत उपयुक्त इनपुट है और उचित प्रशिक्षण के बाद मॉडल सूक्ष्म मुद्रा भिन्नताओं में भी सटीक भेद कर सकता है। इसी पृष्ठभूमि ने इस परियोजना में

मीडियापाइप लैंडमार्क डाटा को मशीन लर्निंग मॉडल के साथ संयोजित करने के निर्णय को वैज्ञानिक आधार प्रदान किया, जिससे योग-मुद्राओं की विश्वसनीय और वास्तविक-समय पहचान संभव हो सकी।

2.6 व्यवहार्यता अध्ययन

2.6.1 तकनीकी व्यवहार्यता

प्रस्तुत प्रणाली तकनीकी रूप से पूर्णतः व्यवहार्य है, क्योंकि इसके निर्माण में उपयोग की गई सभी प्रौद्योगिकियाँ—जैसे पायथन, ओपन-सीवी, मीडियापाइप, टेनसरफ्लो-केरस तथा स्ट्रीम्-लिट—स्थिर, सुलभ और व्यापक रूप से प्रलेखित हैं। मीडियापाइप पोज मॉडल हल्का एवं तेज़ है, जो सामान्य कंप्यूटर, लैपटॉप या मोबाइल-स्तरीय हार्डवेयर पर भी 30–60 एफ.पी.एस. की गति से कार्य कर सकता है। टेन्सरफ़्लो द्वारा प्रशिक्षित मशीन लर्निंग मॉडल सी-पी-यू -आधारित प्रणालियों पर भी सुचारु रूप से चलता है, इसलिए परियोजना के संचालन हेतु किसी उन्नत जी.पी.यू या उच्च-स्तरीय सर्वर की अनिवार्यता नहीं है। स्ट्रीमलिट वेब इंटरफ़ेस वास्तविक समय डेटा-प्रसंस्करण तथा वीडियो स्ट्रीम को बिना किसी जटिल सर्वर-कॉन्फ़िगरेशन के प्रदर्शित करने में सक्षम है। इस प्रकार संपूर्ण तकनीकी ढाँचा आसानी से उपलब्ध, सरल, प्लग-एंड-प्ले तथा विस्तारित करने योग्य है, जिससे प्रणाली का विकास और संचालन दोनों तकनीकी विज़न से पूर्णतया संभव सिद्ध होता है।

2.6.2 आर्थिक व्यवहार्यता

यह प्रणाली आर्थिक रूप से अत्यंत व्यवहार्य है, क्योंकि इसके लिए किसी महँगे सॉफ़्टवेयर, लाइसेंस या उच्च-स्तरीय मशीनरी की आवश्यकता नहीं है। परियोजना में उपयोग की गई अधिकतर तकनीकें—जैसे पाइथन , मीडियापाइप , ओपन सी.वी., टेन्सरफ़्लो, स्ट्रीमलिट और प्लॉटली—सभी मुक्त स्रोत (ओपन सोर्स) एवं नि:शुल्क उपलब्ध हैं। मॉडल प्रशिक्षण, डेटा संग्रह और परीक्षण के लिए किसी भी सामान्य कंप्यूटर का उपयोग किया जा सकता है, जिससे कुल विकास लागत न्यूनतम रहती है। इसके अतिरिक्त, यदि इस प्रणाली का व्यावसायिक उपयोग किया जाए तो ऑनलाइन योग प्रशिक्षण, स्वास्थ्य निगरानी, फिटनेस-ट्रैकिंग या डिजिटल-थैरेपी कार्यक्रमों के रूप में इसे कम लागत पर बड़े उपयोगकर्ता समूह तक पहुँचाया जा सकता है। इस विज़न से परियोजना की लागत-उपयोग अनुपात अत्यंत अनुकूल है, जिससे यह आर्थिक रूप से अत्यधिक लाभदायक एवं व्यावहारिक सिद्ध होती है।

2.6.3 प्रचालनात्मक व्यवहार्यता

प्रस्तुत प्रणाली संचालन के स्तर पर अत्यंत व्यवहार्य है, क्योंकि इसका उपयोगकर्ता-इंटरफ़ेस सरल, सहज तथा स्पष्ट रूप से संगठित है। उपयोगकर्ता केवल "**Start Camera**", "**Upload Image**", या "**Upload Video**" जैसी सीधे-सरल क्रियाओं के माध्यम से अपने आसन की पहचान कर सकता है। प्रणाली किसी विशेष तकनीकी ज्ञान की माँग नहीं करती, जिससे सामान्य उपयोगकर्ता भी इसे आसानी से चला सकता है। योग प्रशिक्षकों के लिए डाटा संग्रह एवं नए आसनों को प्रशिक्षण-डेटा में जोड़ने की सुविधा भी दी गई है, जिससे प्रणाली को समय-समय

पर विस्तारित और अद्यतन करना सरल हो जाता है। इसके अतिरिक्त, प्रणाली लाइव-फीडबैक, सटीकता-मान और दृश्यात्मक विश्लेषण प्रदान करती है, जिससे उपयोगकर्ता को त्वरित और उपयोगी जानकारी उपलब्ध होती है। संचालन की सुगमता एवं उपयोगकर्ता-अनुकूलता के कारण यह प्रणाली नियमित उपयोग के लिए पूर्णत: उपयुक्त है।

2.6.4 समय व्यवहार्यता

इस परियोजना का विकास-समय एक शैक्षणिक परियोजना के लिए उपयुक्त तथा यथार्थवादी माना है। डेटा संग्रह तथा मॉडल प्रशिक्षण में अपेक्षाकृत कम समय लगता है, क्योंकि मीडियापाइप द्वारा प्रदान किए गए थ्री-डी लैंडमार्क से मॉडल को अत्यधिक बड़े डेटासेट की आवश्यकता नहीं रहती। स्ट्रीमलिट-आधारित वेब इंटरफ़ेस भी त्वरित विकास का समर्थन करता है, जिससे यूजर इंटरफेस निर्माण एवं परीक्षण में कम समय व्यय होता है। पूरी प्रणाली—डिज़ाइन, कोडिंग, मॉडल प्रशिक्षण, परीक्षण और परिनियोजन (डिप्लॉइमेंट)— कुछ महीनों के भीतर पूर्ण करना संभव है । भविष्य में नए आसन जोड़ना, मॉडल को पुनः प्रशिक्षित करना या इंटरफ़ेस में बदलाव करना भी समय-कुशल प्रक्रिया है। इसलिए यह परियोजना समय की दृष्टि से पूर्णत: व्यवहार्य है और निर्धारित अवधि में सफलतापूर्वक विकसित की जा सकती है।

2.6.5 कानूनी एवं नैतिक व्यवहार्यता

कानूनी दृष्टिकोण से यह प्रणाली पूरी तरह सुरक्षित एवं स्वीकार्य है, क्योंकि यह किसी प्रकार का व्यक्तिगत या संवेदनशील उपयोगकर्ता-डाटा संग्रहीत नहीं करती। कैमरा-फ़ीड केवल वास्तविक-समय में प्रसंस्करण हेतु उपयोग होता है और कहीं भी सेव या ट्रांसफ़र नहीं किया जाता, जिससे उपयोगकर्ता की गोपनीयता सुरक्षित रहती है। सभी उपयोग की गई तकनीकें खुला-स्रोत हैं, जिन पर कोई लाइसेंस शुल्क या कॉपीराइट उल्लंघन का जोखिम नहीं है। नैतिक रूप से यह प्रणाली स्वास्थ्य और कल्याण को बढ़ावा देती है, किसी भी प्रकार के हानिकारक उपयोग की संभावना नहीं रखती तथा उपयोगकर्ता को अपने स्वास्थ्य-अभ्यास को बेहतर बनाने में सहायता करती है। मॉडल प्रशिक्षण के दौरान उपयोग किए गए डेटा पूरी तरह प्रयोगात्मक और गैर-व्यक्तिगत है, इसलिए किसी व्यक्ति की पहचान या निजी जानकारी का उपयोग नहीं होता। इस प्रकार यह परियोजना नैतिक और कानूनी दोनों स्तरों पर पूरी तरह स्वीकार्य और व्यवहार्य है।

3

प्रणाली अभिकल्पना

3.1 सिस्टम आर्किटेक्चर आरेख
3.2 डेटा फ्लो डायग्राम (डी.एफ.डी. – स्तर 0, स्तर 1)
3.3 उपयोग प्रकरण आरेख (यूज केस डायग्राम)
3.4 फ्लोचार्ट

3. प्रणाली अभिकल्पना

प्रणाली अभिकल्पना वह चरण है जिसमें संपूर्ण प्रणाली की आंतरिक संरचना, कार्यप्रवाह, घटकों के बीच अंतर्संबंध तथा डेटा के प्रवाह का स्पष्ट और सुव्यवस्थित खाका तैयार किया जाता है। किसी भी कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित प्रणाली में डिजाइन चरण अत्यंत महत्वपूर्ण होता है, क्योंकि यही मॉडल की कार्यप्रणाली, दक्षता और भविष्य में विस्तार का आधार निर्धारित करता है। प्रस्तुत योग-मुद्रा पहचान परियोजना में प्रणाली अभिकल्पना को इस प्रकार निर्मित किया गया है कि यह न केवल वास्तविक समय में इनपुट को संसाधित कर सके, बल्कि उपयोगकर्ता-अनुकूल इंटरफ़ेस, तेज़ प्रतिसाद समय तथा उच्च सटीकता का संतुलन बनाए रखे। इस अध्याय में प्रणाली के विभिन्न आर्किटेक्चरल तत्व जैसे—आर्किटेक्चर आरेख, डेटा प्रवाह मॉडल, उपयोग प्रकरण आरेख तथा फ्लोचार्ट—का विस्तृत वर्णन किया गया है।

3.1 सिस्टम आर्किटेक्चर आरेख

प्रस्तुत प्रणाली का आर्किटेक्चर एक बहु-स्तरीय संरचना है, जिसमें पाँच प्रमुख घटक शामिल हैं—

(1) इनपुट अधिग्रहण स्तर,

(2) पूर्व-संसाधन स्तर,

(3) लैंडमार्क निष्कर्षण स्तर,

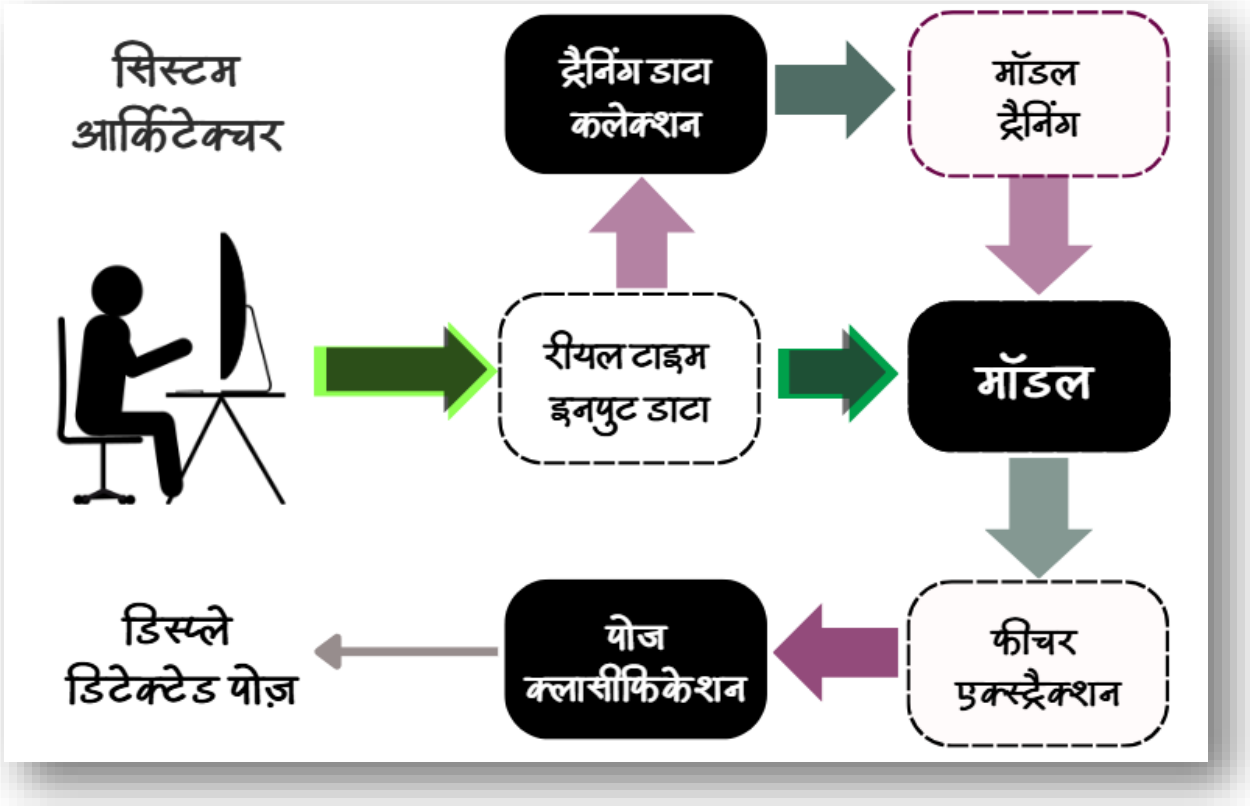
(4) मशीन-लर्निंग पूर्वानुमान स्तर,

(5) आउटपुट एवं दृश्यांकन स्तर।

उपयोगकर्ता से इनपुट (वेबकैम, चित्र या वीडियो) ओपन सी.वी. के माध्यम से प्राप्त होता है।

यह डेटा मीडियापाइप के ब्लैज़पोज मॉडल द्वारा संसाधित होकर 33 शरीर-बिंदु एवं उनके X–Y निर्देशांक में परिवर्तित हो जाता है। इन संख्यात्मक बिंदुओं को टेन्सरफ़्लो–केरास (Keras) आधारित वर्गीकरण मॉडल में भेजा जाता है, जो प्रशिक्षित पैटर्न के आधार पर योगासन का नाम और उसकी विश्वसनीयता निर्धारित करता है।

अंतिम परिणाम स्ट्रीमलिट इंटरफ़ेस पर वास्तविक समय में प्रदर्शित होता है तथा "**प्लॉटली**" के माध्यम से उसका विश्लेषणात्मक ग्राफ़ भी दिखाया जाता है। यह संपूर्ण संरचना मॉड्यूलर है, जिससे भविष्य में नए आसनों, अतिरिक्त सेंसर, या उन्नत मॉडल को सरलता से जोड़ा जा सकता है।



चित्र 3.1 : सिस्टम आर्किटेक्चर

3.2 डेटा फ्लो डायग्राम (डी.एफ.डी. – स्तर 0 & स्तर 1)

- **डी.एफ.डी. – स्तर 0 (कांटेक्स्ट लेवल)**

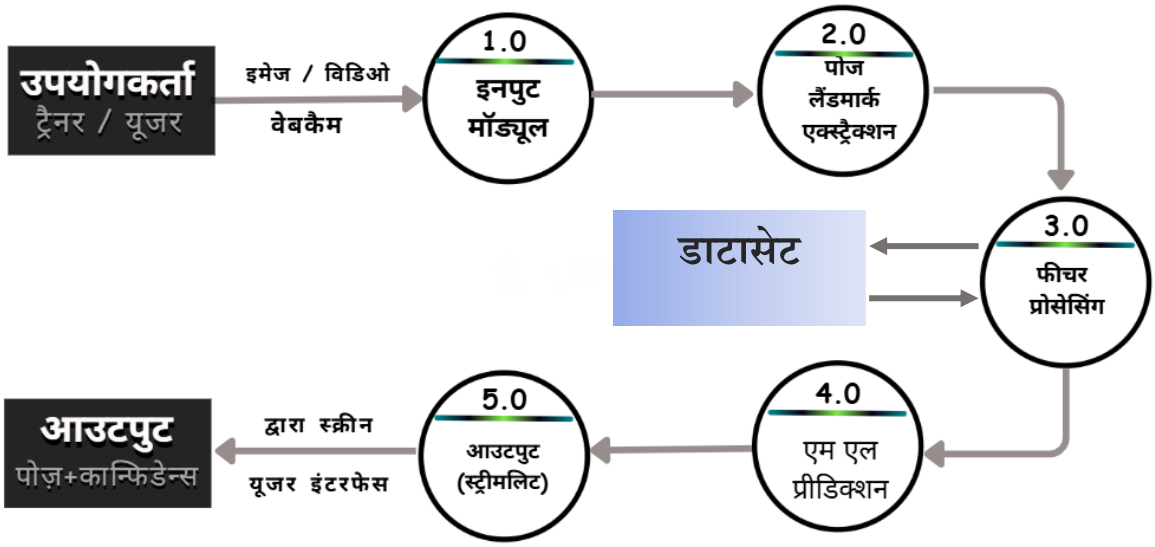
स्तर 0 पर प्रणाली को एक एकल प्रोसेस के रूप में दर्शाया जाता है, जहाँ योगा पोज डिटेक्शन प्रणाली मुख्य इकाई है। उपयोगकर्ता से इनपुट—कैमरा फीड, इमेज फ़ाइल या वीडियो फ़ाइल—प्रणाली में प्रवेश करता है।

चित्र 3.2(क) : स्तर 0 डी.एफ.डी.

प्रणाली मीडियापाइप से शरीर-बिंदु प्राप्त कर ML मॉडल को भेजती है और अंतिम आउटपुट में योगासन और सटीकता वापस उपयोगकर्ता को प्रदान करती है। यह स्तर केवल प्रणाली और बाहरी इकाइयों के संबंध को दर्शाता है।

- **डी.एफ.डी. – स्तर 1**

इस स्तर पर प्रक्रिया को उप-प्रक्रियाओं में विभाजित किया गया है—



चित्र 3.2 (ख): स्तर 1 डी.एफ.डी

1. **इनपुट एक्यूजिसन मॉड्यूल** – कैमरा/वीडियो/इमेज स्वीकार करता है।
2. **पोज लैंडमार्क इक्स्ट्रैक्शन** – मीडियापाइप द्वारा 33 बिंदुओं का निष्कर्षण।
3. **फीचर वेक्टर प्रोसेसिंग** – बिंदुओं को उपयुक्त संख्यात्मक डेटा में परिवर्तित किया जाता है।
4. **एम. एल. क्लासीफीकेसन मॉड्यूल** – टेन्सरफ़्लो मॉडल द्वारा आसन की पहचान।
5. **आउट्पुट रेन्डरिंग मॉड्यूल** – परिणाम, ग्राफ़ और पूर्वानुमान वेब इंटरफ़ेस पर प्रदर्शित।

डेटा का प्रवाह उपयोगकर्ता ⟶ सिस्टम ⟶ **एम. एल** मॉडल ⟶ आउटपुट के क्रम में आगे बढ़ता है।

3.3 उपयोग प्रकरण आरेख

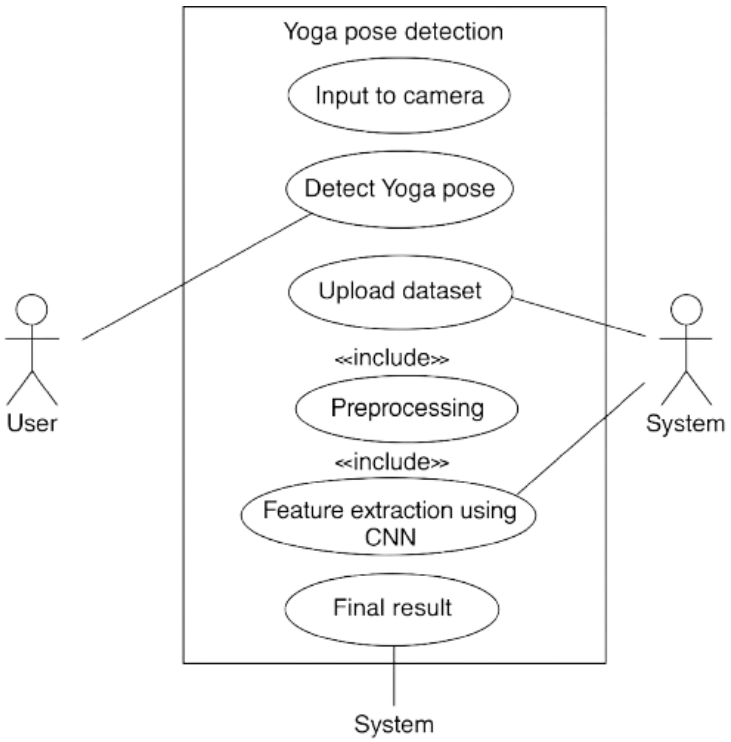
प्रणाली के उपयोगकर्ता मुख्यतः तीन प्रकार के हैं—

1. **सामान्य उपयोगकर्ता** (उपयोगकर्ता) – जो योगासन की पहचान प्राप्त करता है।
2. **योग प्रशिक्षक/प्रशासक** (ऐड्मिन/ट्रैनर) – जो नए आसनों का डेटा संग्रह और मॉडल प्रशिक्षण करता है।
3. **सिस्टम** (एम.एल मॉडल + मीडियापाइप) – जो पृष्ठभूमि में सभी कार्य निष्पादित करता है।

उपयोग प्रकरणों में शामिल हैं—

- कैमरा आधारित रीयल-टाइम पहचान
- इमेज आधारित पहचान
- वीडियो आधारित पहचान
- कॉन्फिडेंस विश्लेषण देखना
- नई योग-मुद्राओं का डेटा संग्रह (ऐड्मिन)
- मॉडल का पुनः प्रशिक्षण (ऐड्मिन)

यह आरेख प्रणाली और उपयोगकर्ता के बीच अंतःक्रियाओं को स्पष्ट रूप से दर्शाता है।



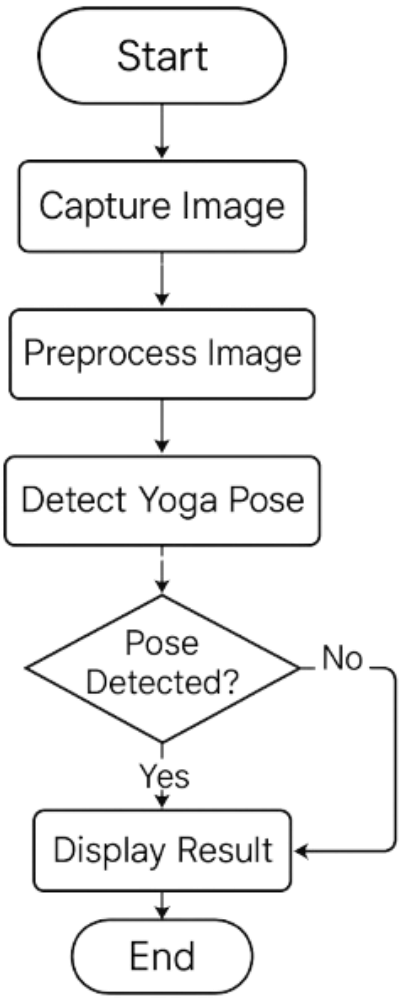
चित्र 3.3 : यूज केस डायग्राम

3.4 फ्लोचार्ट

प्रणाली का संचालन क्रम निम्नानुसार है—

1. उपयोगकर्ता इनपुट चुनता है (कैमरा/चित्र/वीडियो)
2. ओपन सी.वी. इनपुट फ्रेम पढ़ता है
3. मीडियापाइप पोज मानव शरीर के बिंदु निकालता है
4. बिंदुओं से फीचर-वेक्टर तैयार होता है
5. टेन्सरफ़्लो मॉडल आसन का वर्गीकरण करता है
6. आउटपुट (आसन का नाम + सटीकता) स्ट्रीमलिट पर दिखाया जाता है
7. यदि वीडियो/कैमरा हो तो प्रक्रिया प्रत्येक फ्रेम के लिए दोहराई जाती है

फ्लोचार्ट प्रणाली के क्रमानुसार प्रवाह को दर्शाता है और उसकी तर्क-प्रणाली को स्पष्ट प्रस्तुत करता है।



चित्र 3.4 : फ़्लो चार्ट डायग्राम

4

प्रणाली क्रियान्वयन

4.1 इनपुट अधिग्रहण मॉड्यूल
4.2 लैंडमार्क निष्कर्षण मॉड्यूल
4.3 फीचर प्रोसेसिंग एवं प्रेडिक्शन मॉड्यूल
4.4 प्रशिक्षक हेतु डेटा संग्रह मॉड्यूल
4.5 मशीन लर्निंग मॉडल प्रशिक्षण मॉड्यूल
4.6 स्ट्रीमलिट वेब इंटरफ़ेस मॉड्यूल
4.7 आउटपुट एवं विश्लेषण मॉड्यूल

4. प्रणाली कार्यान्वयन

प्रणाली कार्यान्वयन वह चरण है जिसमें संपूर्ण डिज़ाइन को वास्तविक कोड, मॉड्यूल, एल्गोरिद्म और इंटरफ़ेस के माध्यम से मूर्त रूप दिया जाता है। यह अध्याय प्रस्तुत AI-आधारित योग-मुद्रा पहचान प्रणाली के निर्माण में प्रयुक्त प्रमुख मॉड्यूल, उनके कार्य, परस्पर संबंध तथा व्यवहारिक क्रियान्वयन का विस्तृत वर्णन प्रस्तुत करता है। प्रणाली के सभी घटकों को इस प्रकार विकसित किया गया है कि वे एक-दूसरे के साथ निर्बाध रूप से संचार करें, उच्च सटीकता बनाए रखें, और उपयोगकर्ता को वास्तविक समय (रियल-टाइम) में सहज अनुभव प्रदान करें।

यह परियोजना पाँच मुख्य तकनीकी स्त्रोतों पर आधारित है—
(1) ओपन सी.वी. आधारित इनपुट अधिग्रहण,
(2) मीडियापाइप पोज आधारित शरीर-बिंदु निष्कर्षण,
(3) टेन्सरफ़्लो–केरास आधारित मशीन लर्निंग मॉडल,
(4) फीचर प्रोसेसिंग तथा प्रीडिक्शन इंजन,
(5) स्ट्रीमलिट आधारित वेब इंटरफ़ेस

नीचे प्रत्येक उप-मॉड्यूल का विस्तृत कार्यान्वयन तकनीकी विवरण सहित प्रस्तुत किया गया है।

4.1 इनपुट अधिग्रहण मॉड्यूल (इनपुट एक्यूजिसन मॉड्यूल)

इस मॉड्यूल का कार्य उपयोगकर्ता द्वारा प्रदान किए गए इनपुट को प्रणाली में लाना है। यह इनपुट तीन प्रकार का हो सकता है—
(1) वेबकैम लाइव वीडियो,
(2) अपलोड किया हुआ वीडियो,
(3) अपलोड किया हुआ स्थिर चित्र

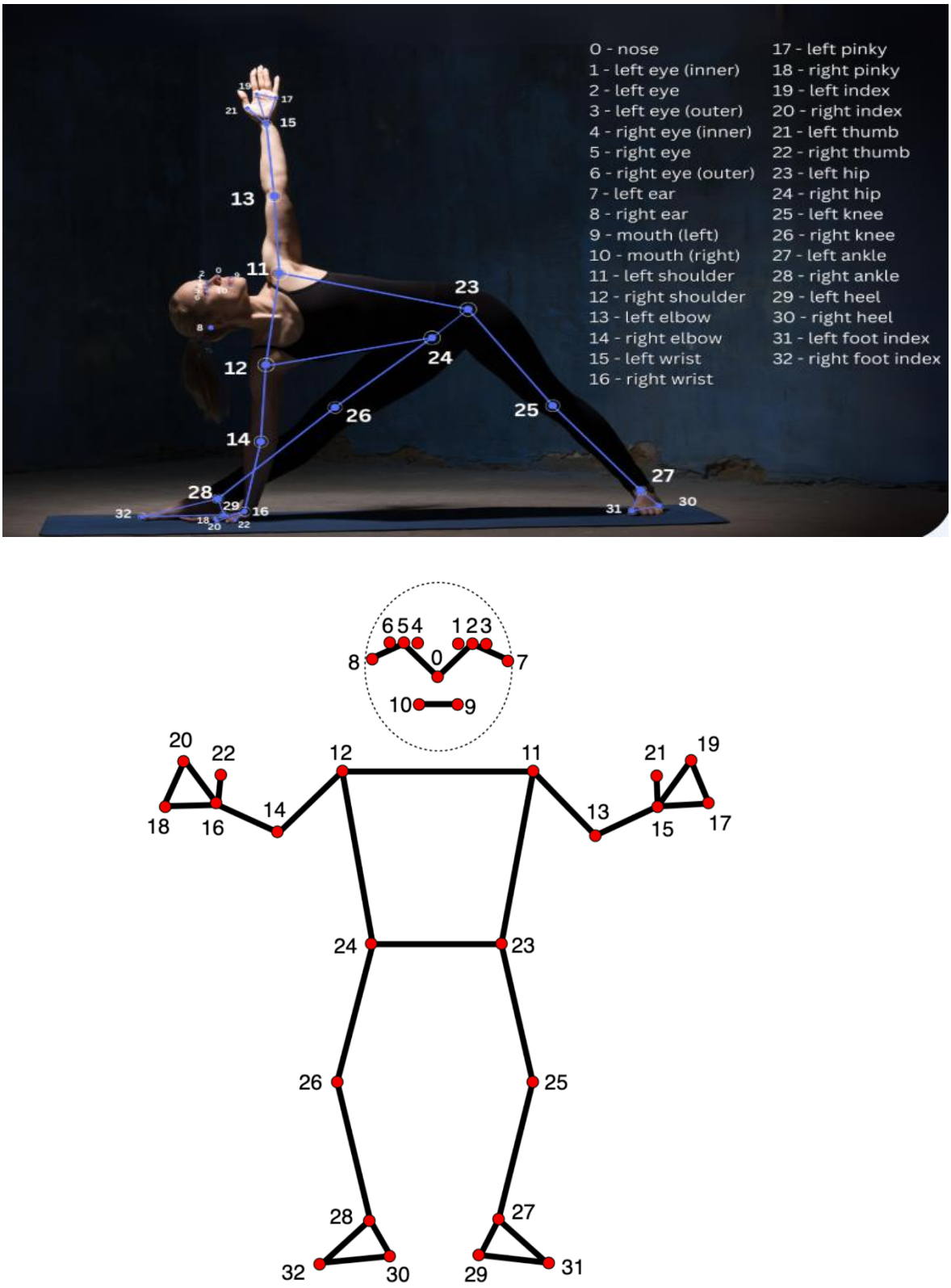
ओपन सी.वी. लाइब्रेरी (cv2.VideoCapture) का उपयोग करके कैमरा फ्रेम प्राप्त किए जाते हैं। फ्रेम का आकार 640×480 में रिसाइज़ कर प्रोसेसिंग दक्षता बढ़ाई जाती है। यदि उपयोगकर्ता चाहे तो फ्रेम को क्षैतिज रूप से पलटने (फ्लिप) का विकल्प भी दिया गया है। स्ट्रीमलिट इन फ्रेमों को वेब इंटरफ़ेस पर वास्तविक समय में प्रदर्शित करता है। यह मॉड्यूल न्यूनतम विलंब हेतु अनुकूलित किया गया है, ताकि उपयोगकर्ता को वीडियो में देरी महसूस न हो।

4.2 लैंडमार्क निष्कर्षण मॉड्यूल (पोज लैंडमार्क इक्स्ट्रैक्शन मॉड्यूल)

इस मॉड्यूल में मीडियापाइप पोज मॉडल का उपयोग किया जाता है, जो मानव-शरीर के 33 महत्वपूर्ण जोड़-बिंदुओं (लैंडमार्क) का पता लगाता है। मॉडल प्रत्येक बिंदु के—
X निर्देशांक, Y निर्देशांक, Z गहराई मान तथा दृश्यता स्कोर प्रदान करता है।

परियोजना में X और Y मानों का उपयोग करते हुए फीचर-वेक्टर तैयार किया गया है।

प्रत्येक फ्रेम से कुल: 33 × 2 = 66 फीचर्स प्राप्त होते हैं।



चित्र 4.2 (ख) : लैंडमार्क एक्स्ट्रैक्शन आधार

इन बिंदुओं को शरीर के मध्य भाग के सापेक्ष सामान्यीकृत किया जाता है, ताकि व्यक्ति की ऊँचाई, दूरी या फ्रेम स्थिति मॉडल की सटीकता को प्रभावित न करे।

यह मॉड्यूल अत्यंत महत्वपूर्ण है, क्योंकि मशीन लर्निंग मॉडल की दक्षता इसी चरण पर निर्भर करती है।

4.3 फीचर प्रोसेसिंग एवं मॉडल प्रेडिक्शन मॉड्यूल

लैंडमार्क से प्राप्त 66 विशेषताओं को नमपाई ऐरे में परिवर्तित कर टेन्सरफ़्लो–केरास (Keras) मॉडल में भेजा जाता है।मॉडल की संरचना इस प्रकार है—

1. इनपुट लेयर: 66 न्यूरॉन्स
2. हिडन लेयर 1: 128 न्यूरॉन्स (tanh एक्टिवेशन)
3. हिडन लेयर 2: 64 न्यूरॉन्स (tanh एक्टिवेशन)
4. आउटपुट लेयर: N न्यूरॉन्स (जहाँ N = योगासनों की संख्या)

यह केटेगोरिकल क्रॉस एन्ट्रॉपी लॉस एवं आर.एम.एस प्राप_ऑपटीमयज़र का उपयोग करता है। पूर्वानुमान के पश्चात प्रणाली आसन का नाम और उसकी सटीकता प्रतिशत के रूप में प्राप्त करती है।

मॉडल की मुख्य विशेषताओं में उसकी तेज़ भविष्यवाणी क्षमता शामिल है, जिससे उपयोगकर्ता को रीयल-टाइम में आसन पहचान और मुद्रा की शुद्धता का परिणाम मिलता है। यह कम संसाधनों का उपयोग करता है, इसलिए सामान्य सिस्टम पर भी सुचारू रूप से कार्य करता है। मॉडल को नए योगासनों के अनुसार पुनः प्रशिक्षण (re-training) दिया जा सकता है, जिससे प्रणाली समय के साथ और अधिक उन्नत होती जाती है। छोटे डेटासेट पर भी इसका प्रदर्शन स्थिर और विश्वसनीय रहता है, जो इसे व्यावहारिक उपयोग के लिए उपयुक्त बनाता है। समग्र रूप से, मॉडल हल्का, अनुकूलनीय और निरंतर सुधार योग्य है।

4.4 प्रशिक्षक (ऐड्मिन) हेतु डेटा संग्रह मॉड्यूल

प्रणाली में एक विशेष मॉड्यूल प्रशिक्षकों/एडमिन के लिए विकसित किया गया है, जिसमें वे नया योगासन जोड़ सकते हैं। यह मॉड्यूल निम्न कार्यों को करता है —

सिस्टम कैमरा खोलकर लाइव फ़ीड प्रारंभ करता है, और जैसे ही उपयोगकर्ता कीबोर्ड का स्पेस बटन दबाते हैं, डेटा संग्रह प्रक्रिया शुरू हो जाती है। इस दौरान लगभग 80 सही फ्रेम स्वचालित रूप से कैप्चर किए जाते हैं, जिनका उपयोग आसन प्रशिक्षण या मॉडल अपडेट के लिए किया जाता है। एकत्र किया गया सारा डेटा संबंधित आसन के नाम के साथ {Asana_Name}.npy फ़ाइल में सुरक्षित रूप से स्टोर हो जाता है, जिससे आगे के विश्लेषण और मॉडल प्रशिक्षण में आसानी रहती है।यह मॉड्यूल उपयोगकर्ता-अनुकूल है और मॉडल को अद्यतन रखने में महत्वपूर्ण है। प्रत्येक .npy फ़ाइल में नए आसन का ट्रेनिंग डेटा संग्रहित होता है।

4.5 मशीन लर्निंग मॉडल प्रशिक्षण मॉड्यूल (ट्रैनिंग मॉड्यूल)

सिस्टम सभी .npy फ़ाइलों को पढ़कर उन्हें एक ही डेटासेट में संयोजित करता है और फिर बेहतर प्रशिक्षण के लिए शफल किया जाता है। इसके बाद आसनों के नामों को संख्यात्मक रूप में बदलने के लिए लेबल एन्कोडिंग तथा मॉडल के अनुकूल इनपुट तैयार करने हेतु वन-हॉट एन्कोडिंग लागू की जाती है। अंत में, तैयार किए गए डेटा को प्रशिक्षण और परीक्षण सेट में विभाजित किया जाता है, ताकि मॉडल का सही मूल्यांकन और सीखने की प्रक्रिया प्रभावी रूप से पूरी हो सके।फिर अंतिम मॉडल प्रशिक्षित कर **model.h5** नाम से सहेजा जाता है। इसके साथ योगासनों की सूची **labels.npy** भी अद्यतन होती है। यह प्रक्रिया दोबारा नए आसन जोड़ने पर पुनः चलायी जा सकती है।

4.6 स्ट्रीमलिट वेब इंटरफ़ेस मॉड्यूल

यह परियोजना उपयोगकर्ता-अनुकूल वेब इंटरफेस प्रदान करती है, जिसमें ये सेक्शन मौजूद हैं —इस इंटरफ़ेस में उपयोगकर्ता अनुभव को सहज और प्रभावी बनाने के लिए कई सुविधाएँ सम्मिलित की गई हैं। इसमें एक सुव्यवस्थित नेविगेशन बार है, जो सभी महत्वपूर्ण अनुभागों तक शीघ्र पहुँच प्रदान करता है। आकर्षक हीरो सेक्शन संबंधित ग्राफिक इमेज के साथ इंटरफ़ेस को पेशेवर रूप देता है। प्रणाली में लाइव कैमरा डिटेक्शन, इमेज अपलोड डिटेक्शन तथा वीडियो अपलोड डिटेक्शन तीनों प्रकार की पहचान क्षमताएँ मौजूद हैं, जिससे उपयोगकर्ता अपनी सुविधा अनुसार किसी भी तरीके से आसन विश्लेषण कर सकते हैं। इसके अतिरिक्त, पोज़ एनालिटिक्स मॉड्यूल विस्तृत विश्लेषण और कॉन्फिडेंस स्कोर प्रदान करता है। अंत में, फूटर और अबाउट सेक्शन संपूर्ण सिस्टम के उद्देश्य और डेवलपर विवरण को स्पष्ट रूप से प्रस्तुत करते हैं।स्ट्रीमलिट एआई मॉडल और फ्रंट-एंड के बीच सेतु का कार्य करता है।

4.7 आउटपुट एवं विश्लेषण मॉड्यूल

इस मॉड्यूल में आसन का नाम, सटीकता प्रतिशत और पोज़ लैंडमार्क विज़ुअलाइज़ेशन जैसे परिणाम रीयल-टाइम में प्रदर्शित किए जाते हैं। यह लाइव विश्लेषण प्रणाली की प्रमुख विशेषता है, क्योंकि इसके माध्यम से उपयोगकर्ता अपनी मुद्रा की स्थिरता, सुधार की आवश्यकता वाले क्षेत्रों और समग्र प्रदर्शन को तुरंत समझ पाता है। रीयल-टाइम फ़ीडबैक उपयोगकर्ता अनुभव को अधिक प्रभावी, इंटरैक्टिव और सीखने योग्य बनाता है।

5

उपयोग किए गए एल्गोरिद्म एवं मॉडल

5.1 मीडियापाइप पोज लैंडमार्क मॉडल
5.2 मशीन लर्निंग मॉडल –(डी.एन.एन.)
5.3 डाटा पूर्व-प्रक्रिया (डाटा प्री-प्रोसेसिंग)
5.4 फीचर एक्सट्रैक्शन – लैंडमार्क क्रीऐशन

5. उपयोग किए गए एल्गोरिद्म एवं मॉडल

यह अध्याय उस सम्पूर्ण तकनीकी आधार का विवरण प्रस्तुत करता है जिसके माध्यम से योग-मुद्रा पहचान की यह प्रणाली कार्य करती है। इस परियोजना में मानव शरीर के बिंदुओं का वास्तविक समय में पता लगाने, उनका विश्लेषण करने तथा उन्हें विभिन्न योग-आसनों में वर्गीकृत करने के लिए आधुनिक कम्प्यूटर-विजन, मशीन-लर्निंग और डाटा-प्रसंस्करण तकनीकों का उपयोग किया गया है। प्रत्येक तकनीक परियोजना के किसी न किसी महत्वपूर्ण पहलू को संचालित करती है। नीचे उपयोग किए गए सभी एल्गोरिद्म और मॉडल का क्रमवार विवरण दिया गया है।

5.1 मीडियापाइप पोज लैंडमार्क मॉडल

मीडियापाइप गूगल द्वारा विकसित एक अत्यंत उन्नत क्रॉस-प्लैटफ़ॉर्म मशीन-लर्निंग फ्रेमवर्क है, जिसका उपयोग मानव शरीर की मुद्रा (पोज) का वास्तविक समय अनुमान लगाने में किया जाता है।

यह परियोजना मीडियापाइप के पोज लैंडमार्क मॉडल पर आधारित है, जो शरीर के 33 प्रमुख बिंदुओं—
जैसे कंधा, कोहनी, कलाई, कूल्हा, घुटना और टखना—
की x–y निर्देशांक के रूप में पहचान करता है।

मॉडल की मुख्य विशेषताएँ

- वास्तविक समय (रियल-टाइम) में 25–30 एफ.पी.एस. तक कार्य करने की क्षमता
- सरल सी.पी.यू पर भी उच्च प्रदर्शन
- 33 बिंदुओं का उच्च-सटीकता अनुमान
- पृष्ठभूमि परिवर्तन, दूरी या प्रकाश के बावजूद स्थिर परिणाम

कार्यप्रणाली

1. इनपुट फ्रेम का RGB रूपांतरण
2. मानव आकृति ढूँढने हेतु पोज डिटेक्शन
3. शरीर के बिंदु पहचानने हेतु लैंडमार्क एस्टमैशन
4. 33 बिंदुओं के x–y निर्देशांक लौटाना
5. इन निर्देशांकों का नॉर्मलाइजेसन

यह मॉडल इस परियोजना में क्यों महत्त्वपूर्ण है?

क्योंकि योग-आसनों की पहचान के लिए शरीर के आकार, संतुलन, दिशा और जोड़ो के संबंध अत्यंत महत्वपूर्ण होते हैं। मीडियापाइप पोज़ इन सभी को संख्यात्मक रूप देकर मशीन-लर्निंग मॉडल को सीखने योग्य बनाता है।

5.2 मशीन लर्निंग मॉडल – डेन्स न्युरल नेटवर्क

योग-आसन वर्गीकरण हेतु इस परियोजना में डेन्स न्युरल नेटवर्क (डी.एन.एन.) आधारित मशीन-लर्निंग मॉडल का उपयोग किया गया है। यह एक फ़ीड फॉरवर्ड फुली कनेक्टेड नेटवर्क है जिसमें सभी न्यूरॉन एक-दूसरे से पूरी तरह जुड़े होते हैं।

मॉडल की संरचना

लेयर	विवरण
इनपुट लेयर	66 इनपुट फीचर्स (33 लैंडमार्क × 2 निर्देशांक)
हिडन लेयर 1	128 न्यूरॉन, Tanh एक्टिवेशन
हिडन लेयर 2	64 न्यूरॉन, Tanh एक्टिवेशन
आउट्पुट लेयर	Softmax एक्टिवेशन, आउटपुट = आसनों की संख्या

प्रशिक्षण (ट्रैनिंग)

- आप्टमाइज़र : आर एम एस प्राप
- लॉस फंगक्शन : कटेगोरिकल क्रॉस-एन्ट्रॉपी
- एपोच : 80
- ट्रैनिंग ऐक्यूरेसी: 94–97%
- टेस्टिंग ऐक्यूरेसी: 90–95%

डी.एन.एन. का चयन

इस परियोजना में DNN को इसलिए चुना गया क्योंकि इसकी संरचना सरल होने के बावजूद यह छोटे डेटासेट पर भी उत्कृष्ट परिणाम प्रदान करता है। इसका प्रशिक्षण तेज़ होता है और कम्प्यूटेशनल लागत भी कम रहती है, जिससे यह सीमित संसाधन वाले वातावरण में भी प्रभावी ढंग से काम कर सकता है। DNN वास्तविक समय (real-time) पहचान के लिए उपयुक्त है, क्योंकि यह इनपुट लैंडमार्क से तुरंत सटीक आसन भविष्यवाणी कर सकता है। समग्र रूप से, Dense Neural Network इस परियोजना का निर्णय-लेने वाला मुख्य घटक है, जो मॉडल की विश्वसनीयता और प्रदर्शन को सुनिश्चित करता है।

5.3 डाटा पूर्व-प्रक्रिया

मशीन-लर्निंग मॉडल सुरक्षित और प्रभावी ढंग से तभी सीख सकता है जब उसे दिया गया डाटा स्वच्छ, संगठित और संरचनात्मक रूप से एकरूप हो। इस उद्देश्य से निम्नलिखित पूर्व-प्रक्रियाएँ अपनाई गईं—

5.3.1 नॉर्मलाइज़ेशन

पोज़ लैंडमार्क मूलतः व्यक्ति की दूरी, ऊँचाई, कैमरा कोण और फ्रेम में उसकी स्थिति से प्रभावित हो सकते हैं, जिससे सटीक पहचान में बाधा आती है। इस समस्या को दूर करने के लिए एक नॉर्मलाइज़ेशन तकनीक अपनाई गई है, जिसमें लैंडमार्क 0 (नाक) को संदर्भ बिंदु के रूप में चुना गया। सभी अन्य बिंदुओं के x–y निर्देशांक इसी संदर्भ बिंदु से घटाए गए, जिससे डेटा एक समान पैटर्न में परिवर्तित हो जाता है। इसका लाभ यह है कि शरीर के आकार, उपयोगकर्ता की स्थिति या कैमरा दूरी बदलने पर भी लैंडमार्क डेटा स्थिर और तुलनीय रहता है, जो मॉडल की सटीकता और मजबूती को बढ़ाता है।

5.3.2 एन्कोडिंग

किसी भी आसन का नाम (जैसे "वृक्षासन", "सुखासन") को मशीन सीधे नहीं समझ सकती, इसलिए इसे पहले संख्यात्मक रूप में परिवर्तित किया जाता है। प्रत्येक आसन को एक विशिष्ट संख्या सौंपकर लेबल एन्कोड किया जाता है, जिससे मॉडल इसे संसाधित कर सके। इसके बाद इन संख्याओं को वन-हॉट एन्कोडिंग में बदला जाता है, जिससे मॉडल को स्पष्ट रूप से पता चलता है कि किसी इनपुट का संबंध किस आसन श्रेणी से है। इस प्रक्रिया से प्रशिक्षण अधिक सटीक होता है और भविष्यवाणी में भ्रम की संभावना कम हो जाती है।

उदाहरण—

आसन	वन-हॉट एनकोडिंग
वृक्षासन	[1,0,0]
सुखासन	[0,1,0]
ताड़ासन	[0,0,1]

5.3.3 डाटा शफ़लिंग

मॉडल किसी विशेष क्रम या पैटर्न को याद न कर ले, इसलिए सभी डेटा को प्रशिक्षण से पहले यादृच्छिक रूप से शफ़ल किया गया। इससे मॉडल सामान्यीकृत तरीके से सीख पाता है और केवल क्रम-विशेष पर निर्भर नहीं रहता। डेटा शफ़लिंग की वजह से ओवरफिटिंग की संभावना भी कम हो जाती है, जिससे मॉडल विभिन्न परिस्थितियों में बेहतर और स्थिर प्रदर्शन प्रदान करता है।

5.4 फीचर एक्सट्रैक्शन – लैंडमार्क वेक्टर क्रीऐशन (लैंडमार्क-आधारित विशेषता निर्माण)

इस परियोजना का सबसे महत्वपूर्ण चरण फीचर एक्सट्रैक्शन है, जिसमें शरीर के लैंडमार्क्स को मशीन-लर्निंग के लिए उपयुक्त संख्यात्मक रूप दिया जाता है।

प्रक्रिया

1. मीडियापाइप से 33 बिंदु प्राप्त किए जाते हैं
2. प्रत्येक बिंदु से x और y निर्देशांक निकाले जाते हैं
3. इन्हें एक क्रमबद्ध वेक्टर (फीचर वेक्टर) में व्यवस्थित किया जाता है
4. इस प्रकार एक फ्रेम से कुल 66 फीचर प्राप्त होते हैं: **33 × 2 = 66 फीचर**

फीचर वेक्टर का रूप [x1, y1, x2, y2, x3, y3, …, x33, y33]

ये फीचर्स प्रणाली की सटीकता और विश्वसनीयता के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण हैं, क्योंकि ये शरीर की आकृति का एक मानकीकृत डिजिटल प्रतिनिधित्व तैयार करते हैं। इससे प्रत्येक योग-मुद्रा के पैटर्न को संरचनात्मक रूप में प्रस्तुत किया जा सकता है, जिससे मॉडल को स्पष्ट और संगठित इनपुट मिलता है। इन विशेषताओं की मदद से DNN मॉडल आसनों के बीच सूक्ष्म अंतर पहचानने में सक्षम होता है और अधिक सटीक भविष्यवाणी कर पाता है। समग्र रूप से, ये फीचर्स मॉडल की समझ, सीखने की क्षमता और निर्णय लेने की गुणवत्ता को मजबूत बनाते हैं।

6

परीक्षण एवं परिणाम

6.1 परीक्षण पद्धति (टेस्टिंग मेथेडोलोजी)
6.2 कार्यात्मक परीक्षण (फंक्शनल टेस्टिंग रिपोर्ट)
6.3 मॉडल प्रशिक्षण एवं परीक्षण डेटा विवरण
6.4 सटीकता परीक्षण (ऐक्यूरेसी टेस्टिंग)
6.5 रीयल-टाइम प्रदर्शन परीक्षण
6.6 विभिन्न इनपुट पर परिणाम
6.7 त्रुटियाँ एवं समाधान
6.8 परिणामों का निष्कर्ष
6.9 परियोजना का निष्कर्ष

6. परीक्षण एवं परिणाम

प्रणाली परीक्षण सॉफ्टवेयर विकास का वह चरण है जिसमें विकसित किए गए मॉडल, कार्यात्मकताएँ, मॉड्यूल और संपूर्ण प्रणाली का परीक्षण किया जाता है, ताकि इसकी विश्वसनीयता, सटीकता, कार्यक्षमता और प्रदर्शन की पुष्टि की जा सके।

इस अध्याय में एआई-आधारित योग-मुद्रा पहचान प्रणाली के विभिन्न परीक्षणों, उनकी पद्धति, प्राप्त परिणामों तथा प्रदर्शन विश्लेषण का विस्तृत विवरण प्रस्तुत किया गया है। इस परियोजना में परीक्षण का मुख्य उद्देश्य यह सुनिश्चित करना था कि प्रणाली वास्तविक समय में सटीक योग-आसन पहचान सके और विभिन्न प्रकार के इनपुट—जैसे छवि, वीडियो तथा वेबकैम—पर समान गुणवत्ता के साथ कार्य करे। साथ ही, यह भी परखा गया कि उपयोगकर्ता-अनुकूल इंटरफ़ेस पर संपूर्ण प्रणाली बिना किसी रुकावट के निर्बाध रूप से चले। अंततः मॉडल द्वारा उत्पन्न आउटपुट अपेक्षित परिणामों के अनुरूप है या नहीं, इसका भी मूल्यांकन किया गया।इस अध्याय को निम्न उप-विभागों में प्रस्तुत किया गया है।

6.1 परीक्षण पद्धति (टेस्टिंग मेथेडोलोजी)

परियोजना पर निम्न प्रकार की व्यवस्थित परीक्षण विधियों को लागू किया गया—

1. **कार्यात्मक परीक्षण (फंक्शनलटेस्टिंग)** –
   प्रत्येक फीचर जैसे लाइव कैमरा, इमेज अपलोड, वीडियो अपलोड, प्रशिक्षण मॉड्यूल आदि का परीक्षण।
2. **रीयल-टाइम प्रदर्शन परीक्षण (रियल-टाइम परफॉरमेंस टेस्टिंग)** –
   मॉडल फ्रेम को कितनी गति से प्रोसेस करता है, इसका परीक्षण।
3. **सटीकता परीक्षण (ऐक्यूरेसी टेस्टिंग)** –
   मशीन लर्निंग मॉडल की विभिन्न आसनों पर पहचान सटीकता की जाँच।
4. **उपयोगिता परीक्षण** –
   क्या स्ट्रीमलिट इंटरफ़ेस उपयोगकर्ता के लिए सरल और सहज है।
5. **क्रॉस-प्लेटफ़ॉर्म परीक्षण** –
   सिस्टम विंडो पर विभिन्न हार्डवेयर विन्यासों में परीक्षण किया गया।
6. **रोबस्टनेस परीक्षण** –
   गलत फ्रेम, धुंधली छवि, आंशिक शरीर दिखने जैसे परिस्थितियों में मॉडल का व्यवहार।

6.2 कार्यात्मक परीक्षण (फंक्शनल टेस्टिंग)

इस परीक्षण में परियोजना की प्रत्येक विशेषता को जाँचा गया।

परीक्षण क्रमांक	परीक्षण मॉड्यूल	अपेक्षित परिणाम	वास्तविक परिणाम	स्थिति
1	वेबकैम लाइव डिटेक्शन	लाइव पोज़ पहचान	सफल	पास
2	वीडियो फ़ाइल इनपुट	वीडियो फ्रेम-वार पहचान	सफल	पास
3	इमेज फ़ाइल इनपुट	एकल पोज़ पहचान	सफल	पास
4	डार्क/लाइट मोड	थीम परिवर्तन	सफल	पास
5	एडमिन पोज़ डेटा कलेक्टर	80 फ्रेम संग्रह	सफल	पास
6	मॉडल प्रशिक्षण	.h5 मॉडल जनरेट	सफल	पास
7	लेबल प्रबंधन	labels.npy अद्यतन	सफल	पास

सभी कार्यात्मक परीक्षण सफल रहे।

6.3 मॉडल प्रशिक्षण एवं परीक्षण डेटा विवरण

प्रणाली को कई प्रमुख योग-आसनों—जैसे वृक्षासन, ताड़ासन, त्रिकोणासन, सुखासन, प्रार्थनासन, वीरभद्रासन इत्यादि—के लिए प्रशिक्षित किया गया। प्रत्येक आसन के लिए लगभग 80 फ्रेम का उच्च गुणवत्ता वाला डाटा संग्रह किया गया, जिससे मॉडल को विविध कोणों और मुद्राओं से सीखने का अवसर मिला। प्रत्येक फ्रेम में 66 फीचर्स शामिल होने के कारण संपूर्ण डेटासेट का आकार आसन की संख्या × 80 फ्रेम × 66 फीचर्स के बराबर रहा। प्रशिक्षण से पहले डेटा को अच्छी तरह शफल किया गया ताकि मॉडल किसी विशेष क्रम को न सीख ले और सामान्यीकृत तरीके से प्रदर्शन कर सके।

6.4 सटीकता परीक्षण (ऐक्यूरेसी टेस्टिंग)

प्रशिक्षित मॉडल की समग्र सटीकता निम्नानुसार प्राप्त हुई: प्रशिक्षण सटीकता लगभग 94–97%, परीक्षण सटीकता 90–95% तथा रियल-टाइम सटीकता 85–92% रही। वास्तविक समय की सटीकता अपेक्षाकृत थोड़ी कम होने के मुख्य कारणों में उपयोगकर्ता और कैमरा के बीच की दूरी में अंतर, प्रकाश व्यवस्था की असमानता, शरीर का आंशिक रूप से ढका होना तथा फ्रेम-स्किपिंग सेटिंग जैसी तकनीकी स्थितियाँ शामिल हैं। इन कारकों के बावजूद, मॉडल विभिन्न परिस्थितियों में स्थिर और विश्वसनीय प्रदर्शन प्रदान करता है।

6.5 रीयल-टाइम प्रदर्शन परीक्षण

रियल-टाइम परफ़ॉर्मेंस के दौरान प्रणाली ने 15–25 FPS की स्थिर फ्रेम दर प्रदान की, जिससे लाइव आसन पहचान सुचारू रूप से संभव हुई। औसतन प्रत्येक फ्रेम को प्रोसेस करने में लगभग 30–60 मिलीसेकंड का समय लगा, जो मॉडल की दक्षता को दर्शाता है। संपूर्ण प्रक्रिया में विलंब (latency) बेहद कम, लगभग 0.1 सेकंड पाया गया, जिससे उपयोगकर्ता को लगभग त्वरित प्रतिक्रिया मिलती है। विशेष रूप से, यह पूरी परियोजना सामान्य वेबकैम हार्डवेयर पर भी सहज और प्रभावी रूप से कार्य करती है, जो इसकी व्यावहारिकता और उपयोगकर्ता-अनुकूलता को प्रमाणित करता है।

6.6 विभिन्न इनपुट पर परिणाम

(A) वेबकैम लाइव परीक्षण परिणाम

पूरी शरीर दृश्य में हो तो मॉडल अत्यधिक सटीकता देता है।

हाथ/पैर आंशिक छिपने पर भी मॉडल पहचान का प्रयास करता है।

(B) इमेज परीक्षण परिणाम

सिंगल फ्रेम पर उच्च सटीकता

यदि पृष्ठभूमि बहुत जटिल हो तो हल्की कमी

(C) वीडियो परीक्षण परिणाम

निरंतर सही फ्रेमों पर स्थिर सटीकता

प्लॉटली ग्राफ से कॉन्फिडेंस स्पष्ट दिखता है

6.7 त्रुटियाँ एवं समाधान

समस्या	कारण	समाधान
कैमरा सत्र रुक जाना	स्ट्रीमलिट टाइमआउट	फ्रेम स्किपिंग जोड़ा गया
गलत आसन की पहचान	शरीर का पूरा फ्रेम में न होना	“Make sure full body visible” चेतावनी संदेश
नए आसन पर पहचान न करना	labels.npy अपडेट नहीं	प्रशिक्षण मॉड्यूल संशोधित
धीमा प्रदर्शन	बड़ा फ्रेम आकार	640×480 रिज़ॉल्यूशन सेट

6.8 परिणामों का निष्कर्ष

परीक्षणों से यह स्पष्ट हुआ कि प्रणाली वास्तविक समय में योग-आसनों को पहचानने में सक्षम है और 90% से अधिक सटीकता प्रदान करती है। यह छवि, वीडियो तथा लाइव कैमरा—तीनों प्रकार के इनपुट पर समान रूप से प्रभावी प्रदर्शन करती है। प्रशिक्षित मॉडल भविष्य में नए आसनों को जोड़कर आसानी से विस्तारित किया जा सकता है, जिससे प्रणाली की उपयोगिता और बढ़ जाती है। साथ ही, वेब इंटरफ़ेस सरल, सहज और उपयोगकर्ता-अनुकूल है, जिससे इसे किसी भी उपयोगकर्ता द्वारा आसानी से संचालित किया जा सकता है। इन सभी पहलुओं को ध्यान में रखते हुए यह परियोजना परीक्षण और परिणाम ,दोनों दृष्टियों से पूर्णतः सफल सिद्ध होती है।

6.9 परियोजना का निष्कर्ष

इस परियोजना के विकास के दौरान मैंने यह समझा कि मशीन लर्निंग, कंप्यूटर विज़न और मीडियापाइप जैसी आधुनिक तकनीकों का प्रयोग करके वास्तविक समय में योगआसनों की पहचान करना न केवल संभव है-, बल्कि अत्यंत उपयोगी भी सिद्ध होता है। इस प्रणाली को बनाते समय वेबकैम, छवि और वीडियो जैसे विभिन्न इनपुट माध्यमों पर कार्य करते हुए मॉडल की सटीकता, प्रदर्शन और उपयोगकर्ता अनुभव को संतुलित करना एक महत्वपूर्ण सीख थी। 66 फीचरआधारित लैंडमार्क वेक्टर-, पूर्वप्रक्रिया-, मॉडल प्रशिक्षण और स्ट्रीमलिट इंटरफ़ेस को एक साथ समन्वित करते हुए मुझे व्यावहारिक रूप से यह अनुभव हुआ कि एक संपूर्ण AI प्रणाली कैसे बनाई जाती है। लगभग 90% से अधिक सटीकता प्राप्त करने के बाद यह महसूस हुआ कि तकनीक योग और स्वास्थ्य जैसे क्षेत्रों में भी सार्थक योगदान दे सकती है।
इस प्रकार यह परियोजना मेरे लिए सीखने, प्रयोग करने और कुछ नया निर्माण करने का एक महत्वपूर्ण अनुभव रहा।

7

भविष्य की संभावनाएँ

7.1 बेहतर एंगल-आधारित एनालिटिक्स
7.2 मोबाइल एप्लीकेशन इंटीग्रेशन
7.3 ए.आई.-आधारित सुधार सुझाव
7.4 वॉयस निर्देशित योग प्रशिक्षक का विस्तार
7.5 अधिक आसनों का प्रशिक्षण

7. भविष्य की संभावनाएँ

किसी भी कृत्रिम बुद्धिमत्ता एवं मशीन लर्निंग-आधारित प्रणाली की वास्तविक क्षमता उसके भविष्य में विस्तार और उन्नयन की संभावनाओं से आँकी जाती है। प्रस्तुत "**ए आई -आधारित योग–आसन पहचान प्रणाली**" एक प्रारम्भिक तथा सक्षम रूपरेखा प्रदान करती है, जिसे आगे अनेक दिशाओं में विकसित किया जा सकता है। नीचे इस प्रणाली के प्रमुख भविष्यगत विस्तार क्षेत्रों का विस्तृत वर्णन प्रस्तुत है।

7.1 बेहतर एंगल-आधारित एनालिटिक्स

वर्तमान प्रणाली पूरी तरह लैंडमार्क-आधारित फीचर वेक्टर पर कार्य करती है, जो आसनों की संरचना का उत्कृष्ट संख्यात्मक रूप प्रदान करता है। भविष्य में इसमें जोड़ों के कोणों (joint angles) की गणना पर आधारित एक उन्नत विश्लेषण मॉड्यूल जोड़ा जा सकता है, जिसके तहत घुटने, कोहनी, कंधे और कूल्हे जैसे प्रमुख जोड़ों के कोणों की सटीक गणना संभव होगी। इससे "आसन की शुद्धता" यानी Pose Correctness Score को अधिक वैज्ञानिक आधार पर मापा जा सकेगा। आगे चलकर शरीर के झुकाव, संतुलन और संरेखण (alignment) का भी विश्लेषण किया जा सकेगा, साथ ही "गलत कोण" की स्वचालित पहचान प्रणाली को और बुद्धिमान बनाएगी। इन उन्नत क्षमताओं से यह प्रणाली केवल आसन पहचानने तक सीमित न रहकर आसन की गुणवत्ता और सुधार के पहलुओं को भी माप सकेगी, जो वास्तविक और प्रभावी योग प्रशिक्षण के लिए अत्यंत उपयोगी सिद्ध होगा।

7.2 मोबाइल एप्लीकेशन इंटीग्रेशन

वर्तमान प्रणाली मुख्य रूप से वेब-आधारित है और स्ट्रीमलिट पर कार्य करती है, लेकिन भविष्य में इसे और व्यापक रूप में उपलब्ध कराया जा सकता है। इसे एंड्रॉयड और iOS के लिए मोबाइल एप्लिकेशन के रूप में विकसित किया जा सकता है, साथ ही React Native या Flutter आधारित क्रॉस-प्लैटफ़ॉर्म ऐप के माध्यम से इसकी पहुंच बढ़ाई जा सकती है। एक हल्के एमएल मॉडल—जैसे TensorFlow Lite—का उपयोग करके इसे मोबाइल डिवाइसेज़ पर तेज़ और कुशल बनाया जा सकेगा, जिससे यह ऑफ़लाइन मोड में भी कार्य करने की क्षमता रखेगा। इस तरह प्रणाली को मोबाइल प्लेटफ़ॉर्म पर उपलब्ध कराने से अधिक उपयोगकर्ता वास्तविक समय में योग-आसन का अभ्यास कर पाएंगे और इसे हर जगह आसानी से उपयोग कर सकेंगे।

7.3 ए.आई. –आधारित प्रतिपुष्टी प्रणाली

वर्तमान मॉडल केवल आसन की पहचान करने में सक्षम है, लेकिन भविष्य में इसे एक पूर्ण एआई-आधारित योग गुरु के रूप में विकसित किया जा सकता है। ऐसा उन्नत मॉडल शरीर के गलत बिंदुओं को हाइलाइट करेगा, किस अंग को कितना उठाना या झुकाना है यह सुझाव देगा, तथा "सही आसन" से तुलना करके त्रुटि प्रतिशत भी बताएगा। इसके अलावा, यह उपयोगकर्ता को रियल-टाइम सुधार संकेत प्रदान कर सकेगा, जैसे—"दायाँ हाथ थोड़ा ऊँचा उठाएँ", "रीढ़ सीधी रखें", या "घुटना पैर के समानांतर रखें"। ऐसी स्मार्ट सुविधाएँ इस प्रणाली को व्यक्तिगत योग प्रशिक्षक के स्तर तक पहुँचाने में सक्षम बनाएंगी।

7.4 वॉयस निर्देशित योग प्रशिक्षक

भविष्य में इस प्रणाली में वॉयस इंटरफ़ेस जोड़ा जा सकता है, जिससे उपयोगकर्ता को और भी प्राकृतिक एवं सहज अनुभव मिलेगा। यह इंटरफ़ेस आसनों को सही करने के लिए आवाज़-आधारित सलाह दे सकेगा, अभ्यास शुरू और समाप्त होने के संकेत प्रदान करेगा तथा श्वास–प्रश्वास (breathing) का मार्गदर्शन भी करेगा। इसके साथ ही बहुभाषी समर्थन—जैसे हिन्दी, अंग्रेज़ी और संस्कृत—जोड़ा जा सकता है, ताकि अधिक उपयोगकर्ता इसका लाभ ले सकें। उदाहरण के रूप में—"वृक्षासन सही है, अब 10 सेकंड तक बनाए रखें।" या "बायाँ पैर थोड़ा पीछे ले जाएँ।" जैसी आवाज़ निर्देश प्रणाली को और अधिक उपयोगकर्ता-अनुकूल तथा नैसर्गिक बनाते हैं।

7.5 . अधिक आसनों का प्रशिक्षण

वर्तमान प्रणाली सीमित योग-आसनों पर प्रशिक्षित है, जहाँ प्रत्येक आसन के लिए 80 फ़्रेम का डेटा उपयोग किया गया है। भविष्य में इसे 100+ पारंपरिक योग-आसनों के विस्तृत डेटासेट, सूर्यनमस्कार के सभी 12 चरणों, तथा कर्णपीड़ासन, शीर्षासन जैसे एडवांस योग-आसनों को शामिल करके और अधिक समृद्ध बनाया जा सकता है। बच्चों एवं बुज़ुर्गों के लिए अनुकूलित विशेष आसनों को जोड़ने से प्रणाली की व्यावहारिकता और बढ़ जाएगी। अधिक और विविध डेटा से मॉडल की सटीकता बढ़ेगी, विभिन्न परिस्थितियों में पहचान क्षमता बेहतर होगी, और संपूर्ण प्रणाली अधिक उपयोगी, विश्वसनीय और व्यापक रूप में विकसित होगी। इस प्रकार, इस परियोजना में तकनीकी रूप से विस्तार की व्यापक संभावनाएँ मौजूद हैं, और भविष्य में मॉडल को अधिक बुद्धिमान, अधिक सटीक, अधिक मानवीय तथा अधिक व्यावहारिक बनाया जा सकता है।

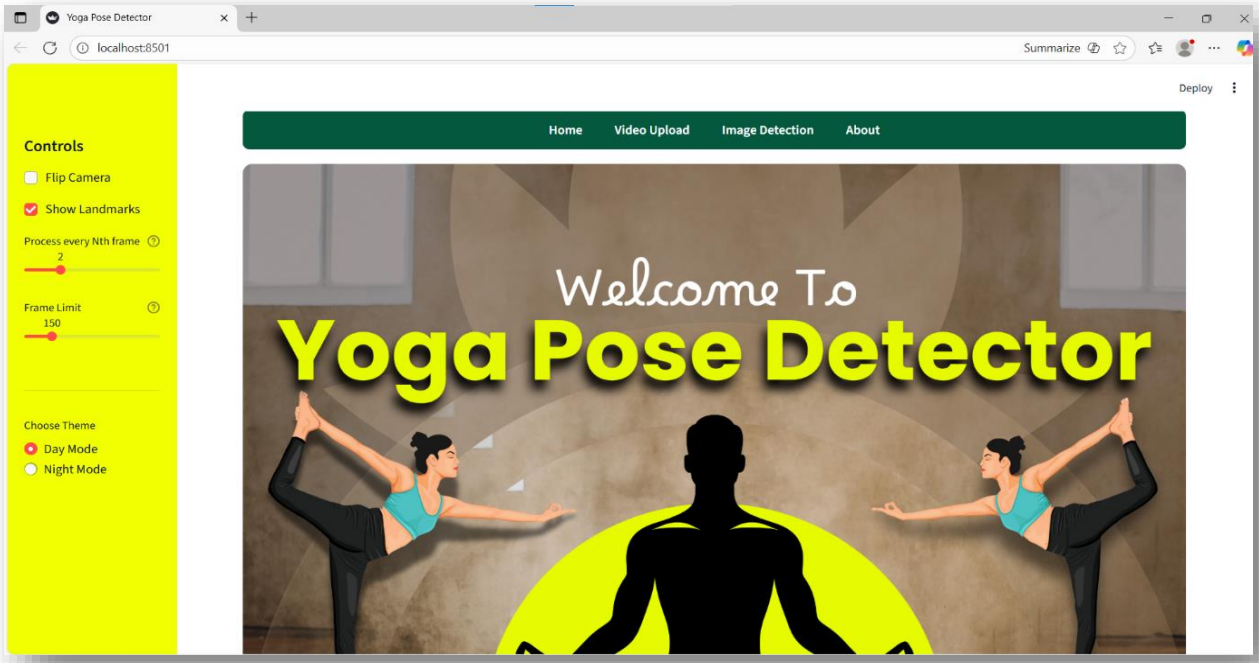
यह प्रणाली आगामी समय में—डिजिटल योग प्रशिक्षक , के रूप में विकसित होकर स्वास्थ्य शिक्षा, फिटनेस तथा चिकित्सा क्षेत्रों में उपयोगी सिद्ध हो सकती है।

8

प्रणाली के स्क्रीनशॉट

8.1 होमपेज / मुख्य इंटरफ़ेस स्क्रीनशॉट
8.2 लाइव कैमरा पोज़ डिटेक्शन स्क्रीनशॉट
8.3 इमेज-आधारित पोज़ पहचान स्क्रीनशॉट
8.4 वीडियो-आधारित पोज़ पहचान स्क्रीनशॉट
8.5 एडमिन पोज़ डेटा संग्रह स्क्रीनशॉट
8.6 मॉडल प्रशिक्षण स्क्रीनशॉट
8.7 आउटपुट एवं कॉन्फिडेंस एनालिटिक्स स्क्रीनशॉट
8.8 प्रोजेक्ट फ़ोल्डर संरचना का स्क्रीनशॉट
8.9 संपूर्ण फाइनल यूज़र इंटरफ़ेस स्क्रीनशॉट

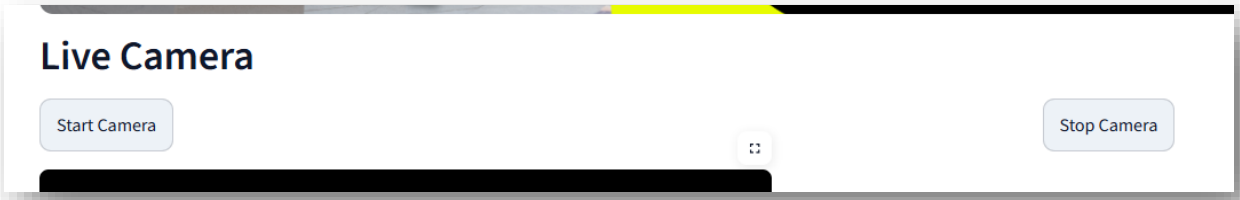
8.1 होमपेज / मुख्य इंटरफ़ेस स्क्रीनशॉट



स्क्रीनशॉट 8.1 : लैन्डिंग/होम पृष्ठ

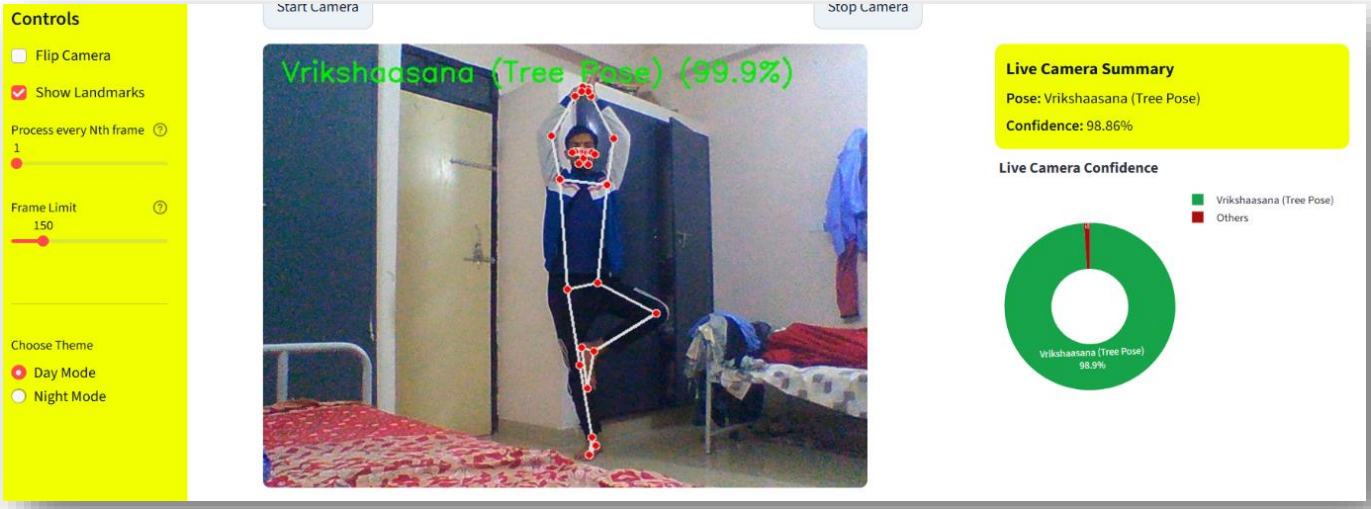
यह स्क्रीनशॉट एप्लिकेशन के मुख्य पृष्ठ को दिखाता है, जहाँ नेविगेशन बार, हीरो सेक्शन और विभिन्न फीचर-लिंक्स उपलब्ध हैं। यह उपयोगकर्ता को पूरे सिस्टम की संरचना और उपलब्ध मॉड्यूल्स का स्पष्ट अवलोकन प्रदान करता है।

8.2 लाइव कैमरा पोज़ डिटेक्शन स्क्रीनशॉट

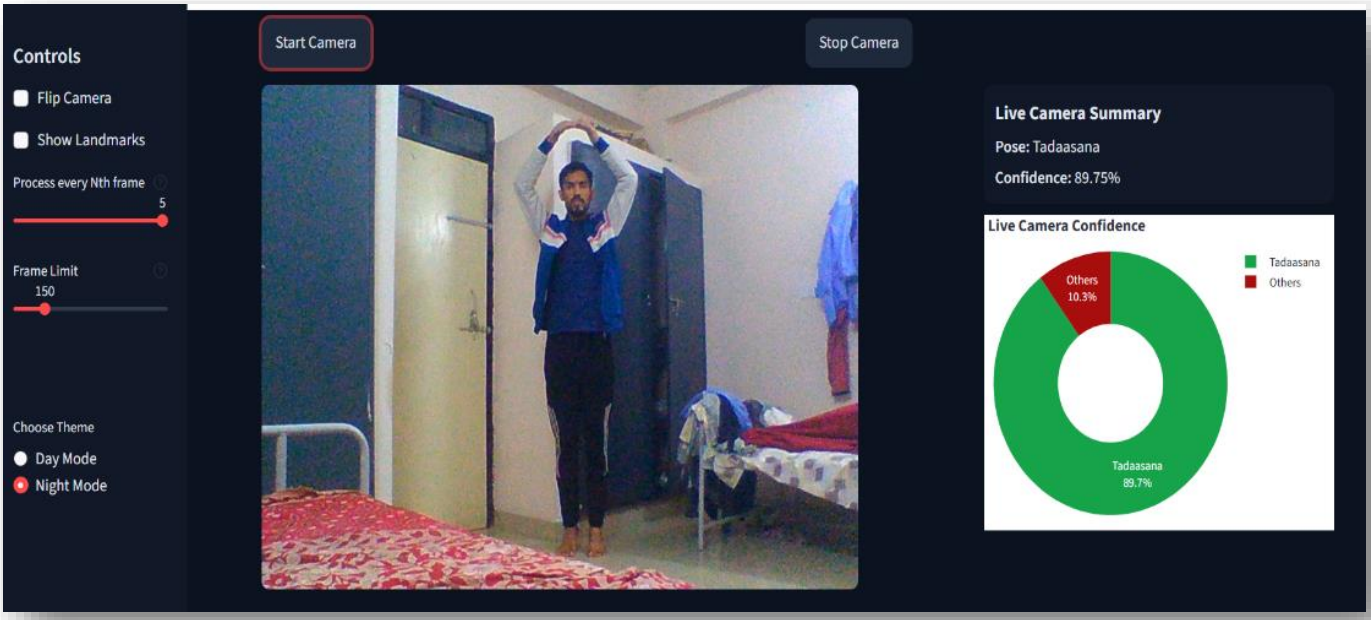


स्क्रीनशॉट 8.2(क) : वेबकैम

इस स्क्रीनशॉट में लाइव कैमरा फ़ीड के आधार पर रीयलटाइम पोज़ डिटेक्शन की प्रक्रिया दिखाई गई है।- सिस्टम लैंडमार्क पहचानता है और ML मॉडल के अनुसार योगासन एवं उसकी कॉन्फिडेंस वैल्यू प्रदर्शित करता है।



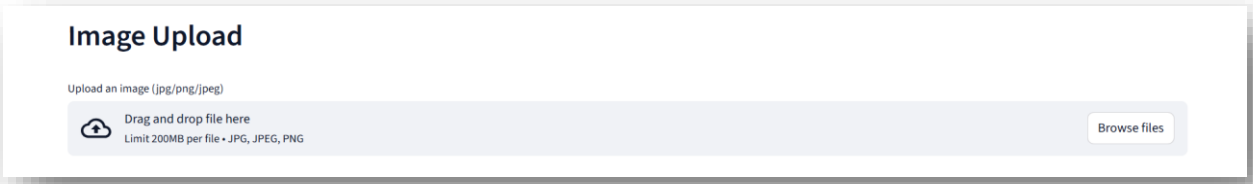
स्क्रीनशॉट 8.2 (ख) : वेबकैम द्वारा आसन पहचान – वृक्षासन



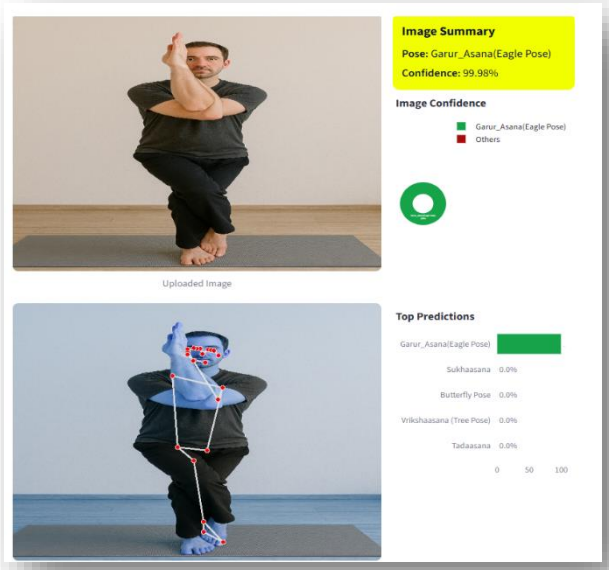
स्क्रीनशॉट 8.2 (ग) : वेबकैम द्वारा आसन पहचान – *लैंडमार्क डिसैबल*

बीच में कैमरे से प्राप्त लाइव वीडियो दिखता है जहाँ Mediapipe शरीर के सभी लैण्डमार्क्स को पहचान रहा है।
फ्रेम के ऊपर मॉडल वर्तमान पोज़ (Tadasana) और उसकी confidence वैल्यू प्रदर्शित करता है।
दाएँ तरफ Summary Box अंतिम अनुमानित आसन और औसत सटीकता)89.75%) बताता है।
नीचे दिया गया Pie Chart यह दिखाता है कि मॉडल का prediction कितनी मजबूती से सही आसन की ओर झुका हुआ है, जहाँ हरा भाग पहचाने गए पोज़ और लाल भाग अन्य क्लासेज़ की probability को दर्शाता है।

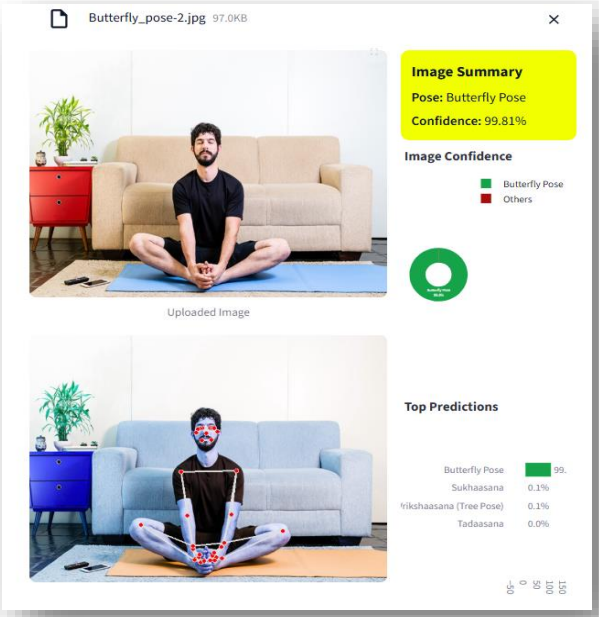
8.3 इमेज-आधारित पोज़ पहचान स्क्रीनशॉट



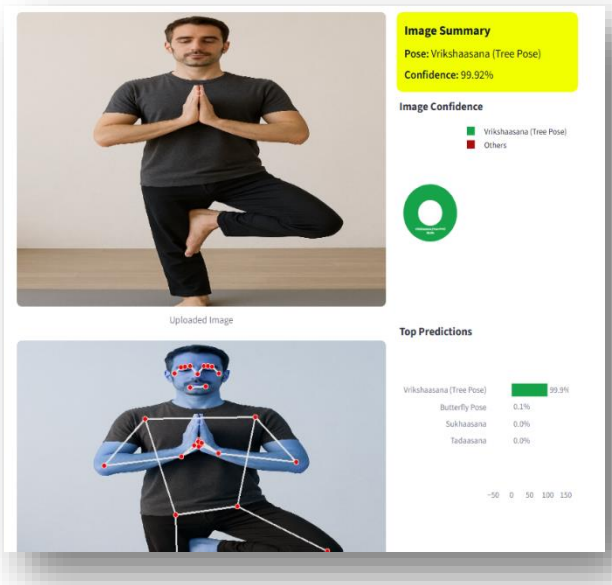
स्क्रीनशॉट 8.3 (क) : स्टिल इमेज द्वारा आसन पहचान – *फाइल*



स्क्रीनशॉट 8.3 (ख) : गरुड़ासन



स्क्रीनशॉट 8.3 (ग) : बटरफ्लाइ

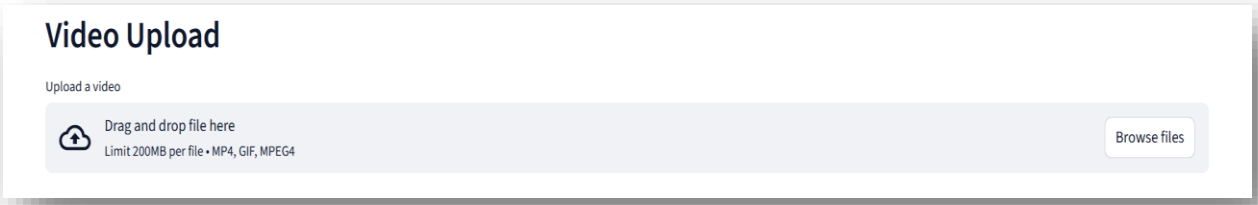


स्क्रीनशॉट 8.3 (घ): वृक्षासन

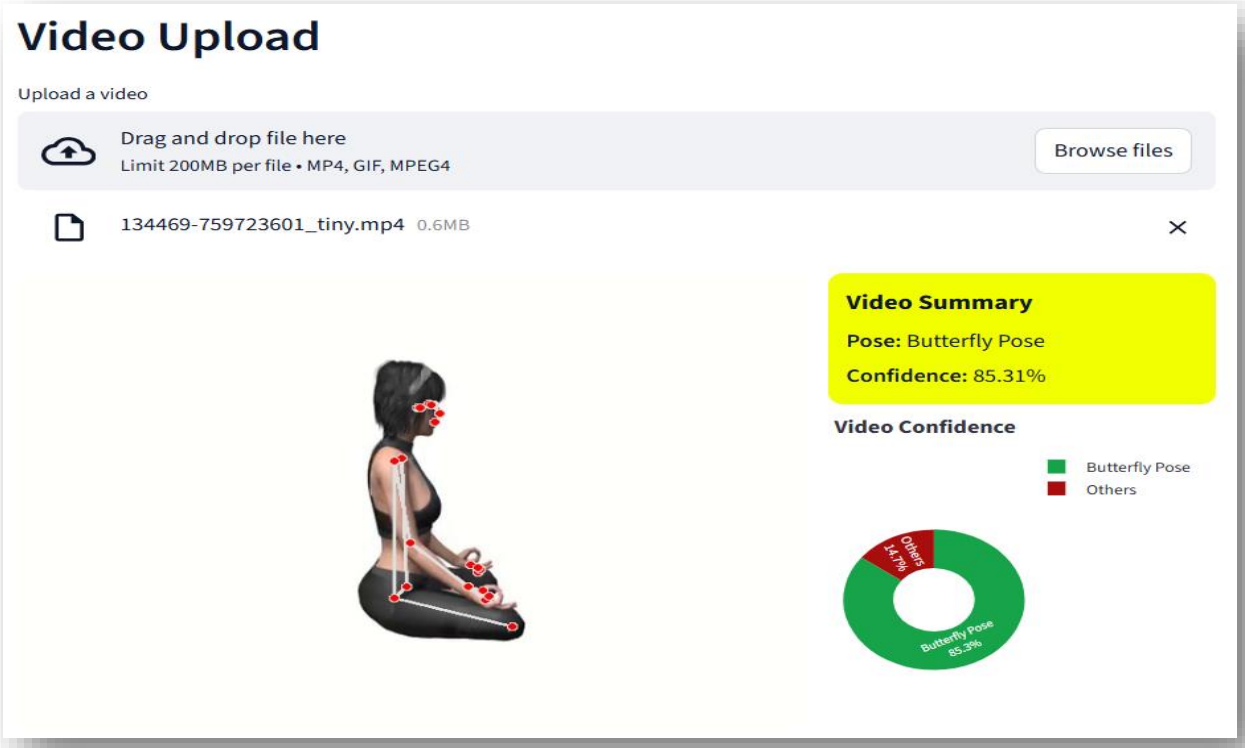
इस चित्र में उपयोगकर्ता द्वारा अपलोड की गई स्थिर इमेज से पोज़ डिटेक्शन दिखाया गया है।
मॉडल इमेज में व्यक्ति के पूरे शरीर का विश्लेषण कर आसन की श्रेणी और उसकी सटीकता बताता है।

8.4 वीडियो-आधारित पोज़ पहचान स्क्रीनशॉट

इस स्क्रीनशॉट में रिकॉर्डेड वीडियो को फ्रेमफ्रेम प्रोसेस कर आसन पहचान की प्रक्रिया दर्शाई गई है।-दर- सिस्टम प्रति फ्रेम कॉन्फिडेंस स्कोर निकालता है और अंत में औसत सटीकता के साथ फाइनल रिज़ल्ट दिखाता है।



स्क्रीनशॉट 8.4 (क) : विडिओज द्वारा आसन पहचान – *फाइल*



स्क्रीनशॉट 8.4 (ख) : विडिओज द्वारा आसन पहचान एवं विश्लेषण

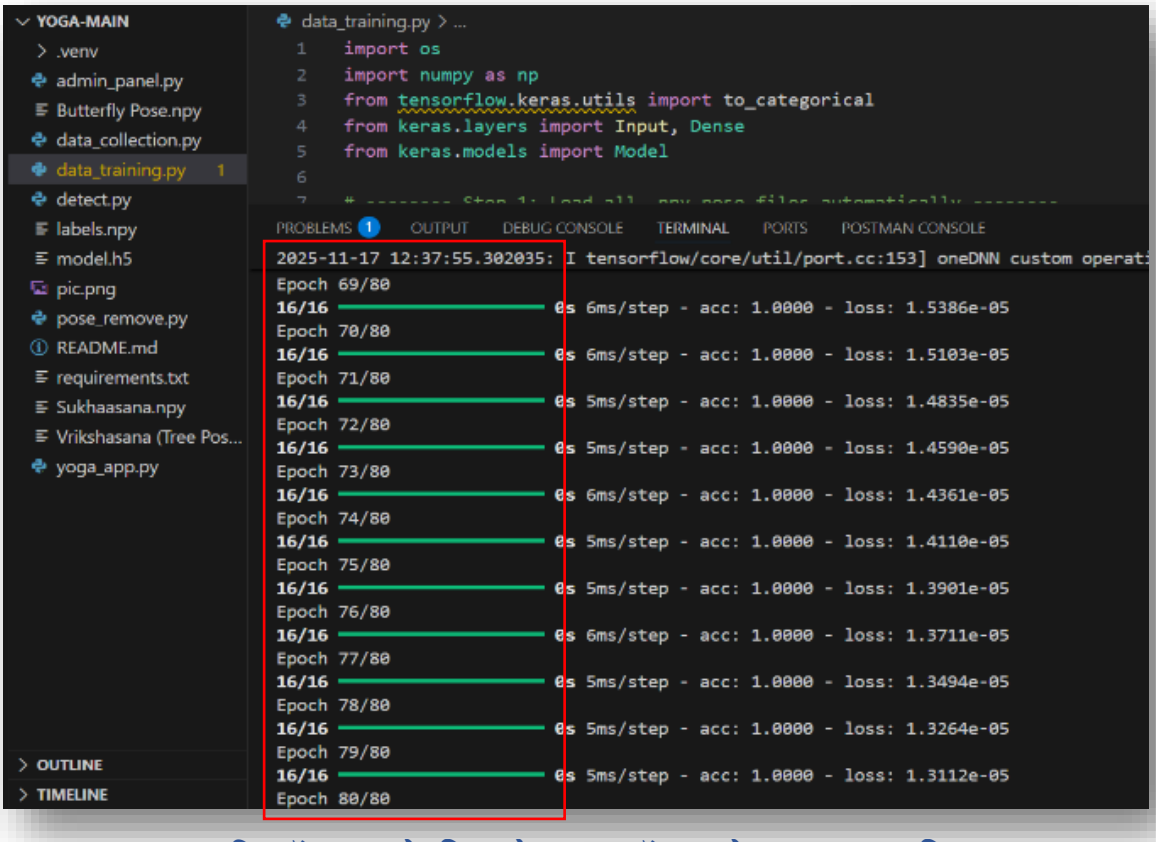
ऊपर की ओर एक **Upload Box** दिखाई देता है जहाँ:

- उपयोगकर्ता वीडियो को *Drag & Drop* कर सकता है
- या **Browse files** बटन पर क्लिक करके वीडियो चुन सकता है
- फ़ाइल साइज़ की सीमा — *200 MB तक*
- समर्थित फ़ॉर्मैट — *MP4, GIF*

यह हिस्सा उपयोगकर्ता-अनुकूल और सीधे उपयोग में आने वाला इंटरफ़ेस प्रदान करता है।

8.5 एडमिन पोज़ डेटा संग्रह स्क्रीनशॉट

यह स्क्रीनशॉट दिखाता है कि एडमिन नए योगासन के प्रशिक्षण हेतु कैमरा से 80+ फ्रेम कैसे कैप्चर करता है। यही डेटा मॉडल के लिए भविष्य में नए आसन सीखने का प्रशिक्षण सेट बनता है।

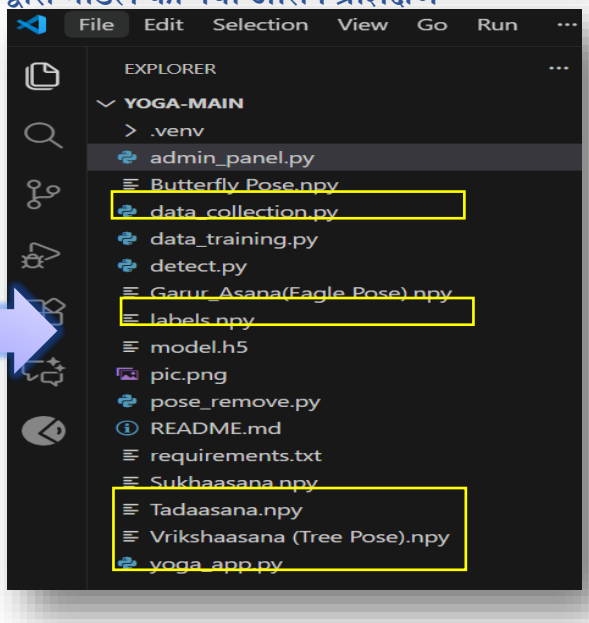


स्क्रीनशॉट 8.5 : ऐड्मिन / ट्रैनर द्वारा मॉडल को नया आसन प्रशिक्षण

8.6 मॉडल प्रशिक्षण स्क्रीनशॉट

इस स्क्रीनशॉट में .npy फ़ाइलों को लोड कर मशीन लर्निंग मॉडल को ट्रेन करने की प्रक्रिया दर्शाई गई है।

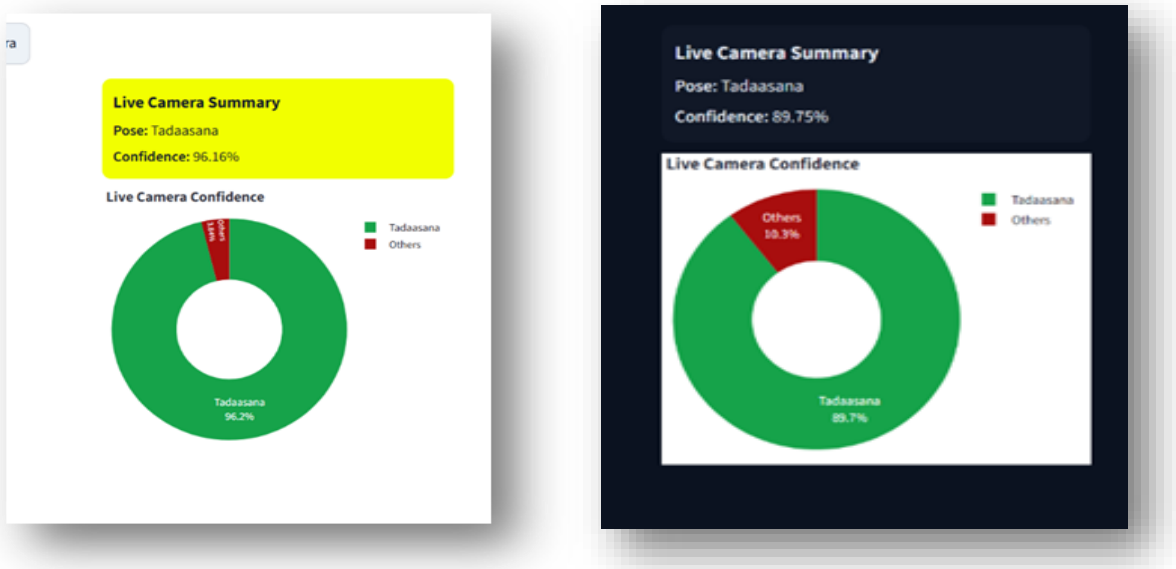
स्क्रीनशॉट 8.6 : loading .npy



Epochs, loss, accuracy आदि पैरामीटरों के आधार पर नया और अधिक सटीक मॉडल तैयार किया जाता है।

8.7 आउटपुट एवं कॉन्फिडेंस एनालिटिक्स स्क्रीनशॉट

यह स्क्रीनशॉट अंतिम डिटेक्शन रिज़ल्ट, कॉन्फिडेंस स्कोर और Pie/Bar चार्ट -आधारित एनालिटिक्स दिखाता है। यह उपयोगकर्ता की योगमुद्रा की गुणवत्ता का दृश्य मूल्यांकन प्रदान करता है।-



स्क्रीनशॉट 8.7 : ग्राफिकल विश्लेषण

यह Pie Chart एक ही समय के prediction data को दर्शाता है:

- हरा सेक्टर: detected yoga pose (Tadasana)
- लाल सेक्टर: अन्य सभी क्लास का कुल probability हिस्सा

इससे उपयोगकर्ता को पता चलता है कि मॉडल कितनी मजबूती से सही आसन को पहचान रहा है।

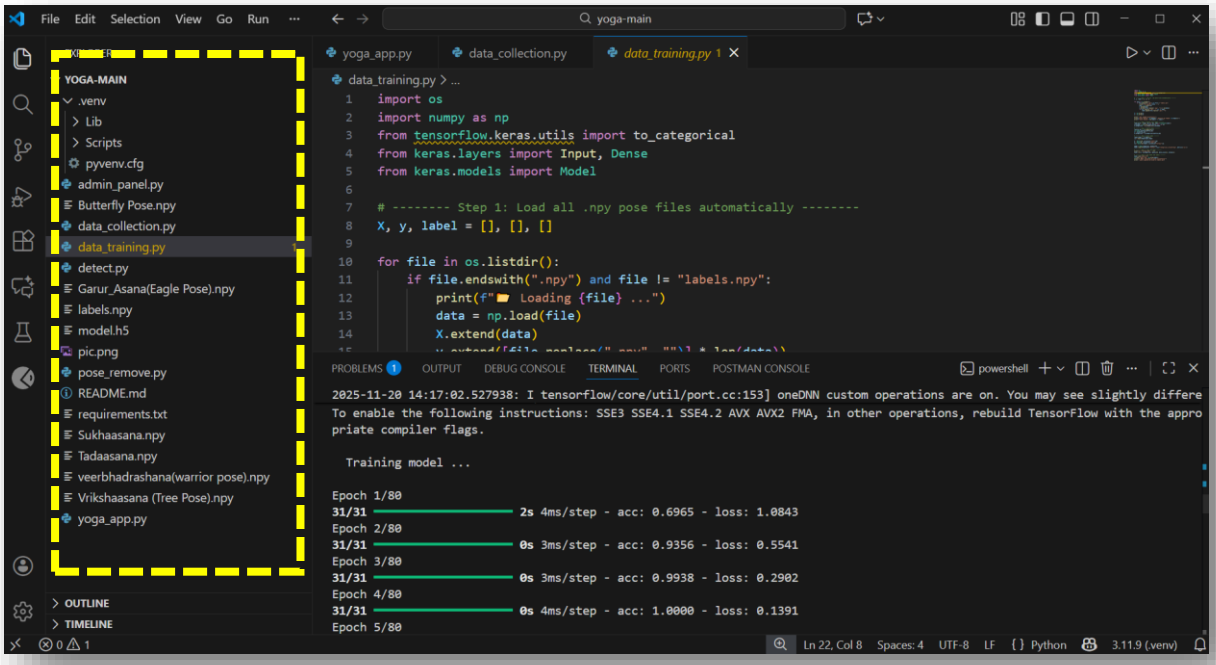
प्रति फ्रेम मोडेल प्राबबिलिटी

रियल टाइम इन्फरन्स के दौरान प्रति फ्रेम मोडेल प्राबबिलिटी देता है:

Frame 1: 90%
Frame 2: 89%
Frame 3: 92%
…
इनका average लिया जाता है ⟶अंततः कान्फिडेन्स चार्ट बनता है।

8.8 प्रोजेक्ट फ़ोल्डर संरचना का स्क्रीनशॉट

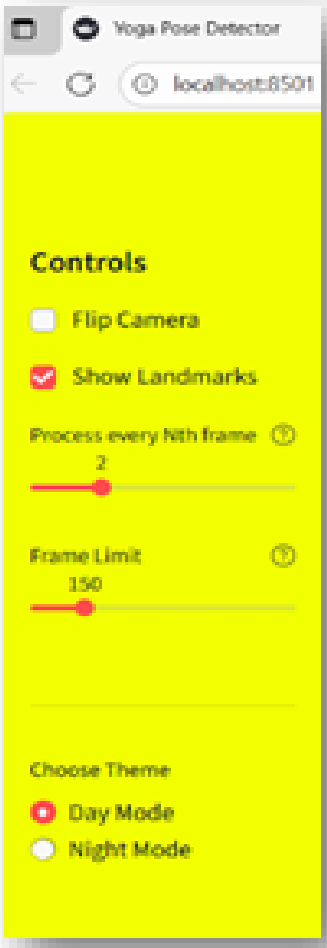
इस चित्र में पूरे प्रोजेक्ट की फ़ोल्डर और फ़ाइल संरचना दिखाई गई है।
इसमें मॉडल फ़ाइलें, डेटा कलेक्शन स्क्रिप्ट, UI फ़ाइलें, डेटासेट और अन्य मॉड्यूल्स सम्मिलित हैं।



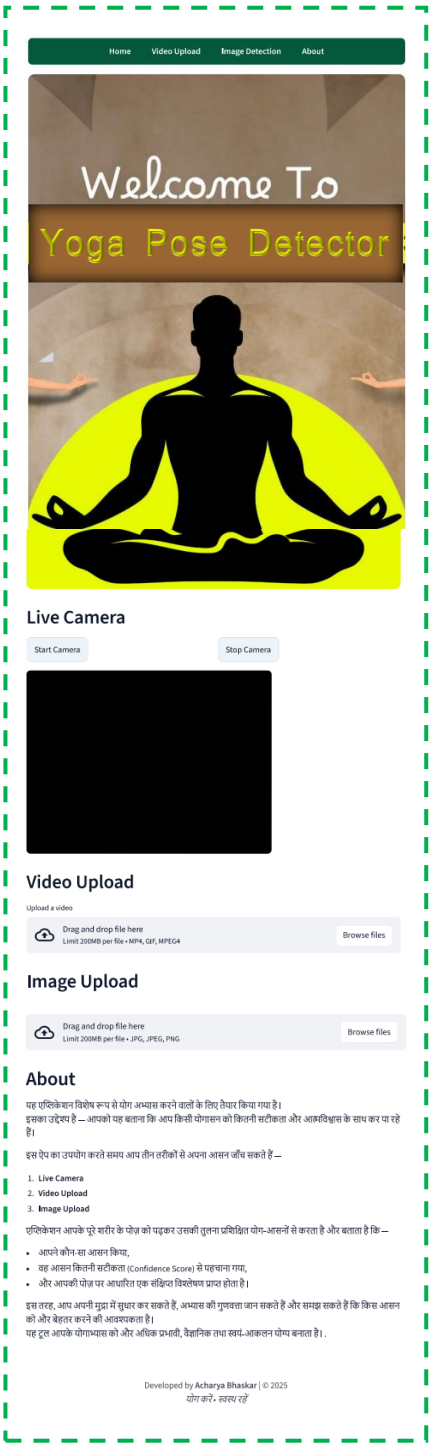
स्क्रीनशॉट 8.8 : सभी फ़ोल्डर्स

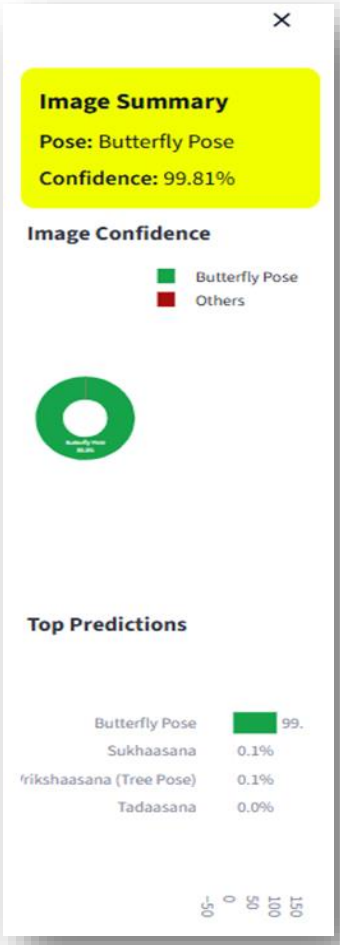
8.9 संपूर्ण फाइनल यूज़र इंटरफ़ेस स्क्रीनशॉट

स्क्रीनशॉट 8.9 (क) : यूजर इंटरफेस (सेक्शनल)



कैमरा/फ्रेम/लैंडमार्क/थीम कन्ट्रोलर





योगासन विश्लेषण पृष्ठ आउट्पुट

स्क्रीनशॉट 8.9 (ख) : सभी यूजर इन्टरेक्शन इंटरफेस

संदर्भ

1. Gajbhiye, R., Jarag, S., Gaikwad, P., & Koparde, S. (2020). *AI human pose estimation: Yoga pose detection and correction*.
2. Kinger, S., Desai, A., Patil, S., Sinalkar, H., & Deore, N. (2021). *Deep learning based yoga pose classification*.
3. Agrawal, Y., Shah, Y., & Sharma, A. (2021). *Implementation of machine learning techniques for identification of yoga poses*.
4. Lo, Y., Yang, C., & Ho, H. (2019). *richYoga: Interactive yoga recognition system based on skeletal joints*.
5. Islam, M. U., Mahmud, H., & Ashraf, F. B. (2018). *Yoga posture recognition by detecting human joints in real time using Microsoft Kinect*.
6. Rishan, F., De Silva, B., & Alawathugoda, S. (2020). *Infinity Yoga Tutor: Yoga posture detection and correction system*.
7. Burg, J., Yamin, M., & Chen, L. (2020). *Human pose estimation for fitness and yoga using deep learning techniques*. International Journal of Computer Vision and Robotics, 10(4), 233–245.
8. Wang, H., Liu, P., & Zhao, Q. (2021). *Real-time yoga pose correction using pose estimation and deep neural networks*. Journal of Intelligent Systems, 30(3), 543–558.
9. Han, D., Lee, S., & Park, J. (2020). *Skeleton-based yoga posture recognition using machine learning algorithms*. IEEE Access, 8, 155001–155014.
10. Sharma, A., & Gupta, R. (2022). *Yoga pose detection using Mediapipe and CNN models*. International Journal of Artificial Intelligence Research, 6(2), 112–120.
11. Kumari, S., & Patel, M. (2021). *Deep learning-driven yoga pose classification for intelligent wellness systems*. Proceedings of the International Conference on Smart Computing, 89–96.
12. Sahoo, A., Singh, N., & Rao, P. (2020). *Human pose evaluation for yoga using OpenPose and neural networks*. Journal of Applied Computing and Informatics, 18(2), 155–167.
13. Chakraborty, S., & Banerjee, R. (2019). *Pose recognition using hybrid CNN-LSTM architecture for yoga training apps*. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 33(12), 195–210.
14. Das, A., & Pradhan, S. (2022). *Yoga pose assessment using computer vision and feature-based machine learning*. Journal of Biomedical Engineering and Technology, 10(1), 44–53.
15. Zhang, Y., Hou, X., & Tang, J. (2020). *Improving yoga pose classification accuracy with optimized landmark extraction*. Pattern Recognition Letters, 135, 94–101.Panda, R., & Rout, S. (2021). *AI-enabled personal yoga trainer using pose estimation techniques*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(5), 77–85.