The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025

Automated Drone-Based Construction Progress Monitoring Using Machine Learning

మెషిన్ లెర్నింగ్ ఉపయోగించి ఆటోమేటెడ్ డ్రోన్ ఆధారిత నిర్మాణ పురోగతి పర్యవేక్షణ

D. Narendar Singh[1*], Y.Marlapati[2], Sathwik Sai Bogi[*]
R.Nagaswetha[4,] B.Pavitra[5]
[1,2,345] , మరియు విభాగం యొక్క ఇసిఇ, పాఠశాల యొక్క ఇంజనీరింగ్ , అనురాగ్ విశ్వవిద్యాలయం,
హైదరాబాద్, తెలంగాణ-భారతదేశం
సంబంధిత రచయిత *: dnarendarsingh@gmail.com

వియుక్త

నిర్మాణ పరిశ్రమ ప్రాజెక్ట్ పర్యవేక్షణలో నిరంతర సవాళ్లను ఎదుర్కొంటుంది, ఎందుకంటే అవి అసమర్థమైనవి, సమయం తీసుకునేవి మరియు మానవ తప్పిదాలకు గురయ్యేవి. ఈ పత్రం రోడ్డు నిర్మాణ పురోగతిని పర్యవేక్షించడానికి డ్రోన్-క్యాప్చర్ చేసిన వైమానిక చిత్రాలు మరియు యంత్ర అభ్యాస నమూనాలను ఉపయోగించే ఆటోమేటెడ్ విధానాన్ని అందిస్తుంది. ప్రతిపాదిత వ్యవస్థ 2D ఇమేజ్-ఆధారిత పురోగతిని అంచనా వేయడానికి ప్రీప్రాసెసింగ్ పద్ధతులు, ఫీచర్ వెలికితీత మరియు సపోర్ట్ వెక్టర్ మెషిన్ (SVM) వర్గీకరణను అనుసంధానిస్తుంది, అదే సమయంలో ప్రణాళిక ప్రకారం వర్సెస్ నిర్మించిన నమూనాలను విశ్లేషించడానికి 3D కన్వల్యూషనల్ న్యూరల్ నెట్‌వర్క్‌లను (3D-CNN) ఉపయోగిస్తుంది. ఈ పరిష్కారం ప్రాజెక్ట్ మేనేజర్ల కోసం రియల్-టైమ్ పర్యవేక్షణ, వ్యత్యాస గుర్తింపు మరియు మెరుగైన నిర్ణయం తీసుకోవడాన్ని అనుమతిస్తుంది, అధిక ఖచ్చితత్వం, తగ్గిన జాప్యాలు మరియు మెరుగైన సామర్థ్యాన్ని అందిస్తుంది.

కీలకపదాలు:
నిర్మాణం పర్యవేక్షణ, డ్రోన్ ఇమేజింగ్, యంత్రం నేర్చుకోవడం, ఎస్వీఎం, 3డి-సిఎన్ఎన్, రోడ్డు ప్రాజెక్టులు

1. పరిచయం

నిర్మాణ ప్రాజెక్టు నిర్వహణ అనేది సివిల్ ఇంజనీరింగ్‌లో అత్యంత సంక్లిష్టమైన మరియు వనరుల-ఇంటెన్సివ్ కార్యకలాపాలలో ఒకటి. సాంకేతిక పురోగతులు ఉన్నప్పటికీ, చాలా నిర్మాణ ప్రాజెక్టులు ఇప్పటికీ జాప్యాలు, ఖర్చు పెరుగుదల మరియు నాణ్యతతో బాధపడుతున్నాయి. అసమర్థ పర్యవేక్షణ పద్ధతుల

CC BY

వల్ల సమస్యలు. సాంప్రదాయ పర్యవేక్షణ మాన్యువల్ సైట్ సందర్శనలు, కాగితం ఆధారిత నివేదికలు మరియు దృశ్య తనిఖీలపై ఆధారపడి ఉంటుంది, ఇవి మానవ తప్పిదం, ఆత్మాశ్రయత మరియు అరుదైన నవీకరణలకు గురవుతాయి. ఈ సవాళ్లు ఆలస్యంగా వ్యత్యాసాలను గుర్తించడం, ఫలితంగా తిరిగి పని చేయడం, వనరులు వృధా కావడం మరియు గడువులు తప్పడం.

ఇటీవలి అధ్యయనాలు 70% కంటే ఎక్కువ పెద్ద-స్థాయి ప్రాజెక్టులు వాటి ప్రారంభ షెడ్యూల్‌లు మరియు బడ్జెట్‌లను మించిపోతున్నాయని హైలైట్ చేస్తున్నాయి, తో సరిపోని పర్యవేక్షణ ఉదహరించబడింది గా ఒక కీ దోహదపడుతోంది కారకం. ది లేకపోవడం యొక్క సకాలంలో చిన్న చిన్న విచలనాలు పెద్ద సమస్యలుగా మారకముందే ప్రాజెక్ట్ మేనేజర్లు దిద్దుబాటు చర్యలను అమలు చేయడం అంతర్దృష్టుల వల్ల కష్టమవుతుంది.

మానవరహిత వైమానిక వాహనాలు (UAV లు), కంప్యూటర్ దృష్టి మరియు యంత్ర అభ్యాసం (ML) వేగంగా అభివృద్ధి చెందడంతో, నిర్మాణ పర్యవేక్షణలో విప్లవాత్మక మార్పులు తీసుకురావడానికి అవకాశం ఉంది. కెమెరాలతో కూడిన UAV లు (డ్రోన్‌లు) పెద్ద ప్రాంతాలను త్వరగా మరియు ఖర్చుతో కూడుకున్న అధిక-రిజల్యూషన్ వైమానిక చిత్రాలను అందిస్తాయి. 2 D ఇమేజ్ వర్గీకరణ కోసం సపోర్ట్ వెక్టర్ మెషీన్స్ (SVM) మరియు నిర్మాణాత్మక పోలిక కోసం 3D కన్వల్యూషనల్ న్యూరల్ నెట్‌వర్క్‌లు (3D-CNN) వంటి ML పద్ధతులతో కలిపినప్పుడు, ఆటోమేటెడ్ సిస్టమ్‌లు వ్యత్యాసాలను మరింత ఖచ్చితంగా గుర్తించగలవు మరియు నిజ-సమయ పురోగతి ట్రాకింగ్‌ను అందించగలవు. ఈ ప్రాజెక్ట్ వెనుక ఉన్న ప్రేరణ ఏమిటంటే, డ్రోన్-ఆధారిత ఆటోమేటెడ్ మానిటరింగ్ సిస్టమ్‌ను అభివృద్ధి చేయడం, ఇది మాన్యువల్ తనిఖీల పరిమితులను పరిష్కరిస్తుంది:

- రియల్-టైమ్ అంచనా యొక్క నిర్మాణం పురోగతి
- ఖచ్చితమైన వ్యత్యాస గుర్తింపు మధ్య ప్రణాళిక చేయబడిన మరియు వాస్తవమైన పని
- తగ్గింపు లో పర్యవేక్షణ సమయం మరియు ఖర్చులు
- డేటా ఆధారితం నిర్ణయం మద్దతు కోసం ప్రాజెక్ట్ నిర్వాహకులు

ఈ పత్రం వైమానిక చిత్రాలు, ఇమేజ్ ప్రీప్రాసెసింగ్, ఫీచర్ ఎక్స్‌ట్రాక్షన్ మరియు మెషిన్ లెర్నింగ్ మోడల్‌లను ఏకీకృత పర్యవేక్షణ వేదికగా అనుసంధానించే సమగ్ర పద్ధతిని అందిస్తుంది. సాంప్రదాయ పద్ధతులతో పోలిస్తే వేగవంతమైన, మరింత నమ్మదగిన మరియు ఖర్చు-సమర్థవంతమైన పురోగతి పర్యవేక్షణను అందించడం ద్వారా నిర్మాణ నిర్వహణను మార్చడం ఈ వ్యవస్థ లక్ష్యం.

2. సాహిత్యం సర్వే

నిర్మాణ పురోగతిని పర్యవేక్షించడంలో డ్రోన్ టెక్నాలజీని ఏకీకృతం చేయడం కూడా గణనీయమైన ఆసక్తిని కలిగి ఉంది, ఎందుకంటే ఇది చాలా తక్కువ దూరాలను ఉపయోగించి రియల్-టైమ్ డేటాను అందించగలదు. మానవుడు జోక్యం [1][2]. అధిక రిజల్యూషన్ సెన్సార్ మరియు కెమెరా-సాయుధ డ్రోన్లు

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025

ప్రభావవంతమైన నిర్మాణ గణన కోసం ప్రాసెస్ చేయబడిన వైమానిక ఛాయాచిత్రాలను సేకరించడంలో మైలురాళ్ళు [1][3]. డ్రోన్లు ప్రాసెస్ చేసిన చిత్రాల నుండి చిత్ర వివరణను అమలు చేయడానికి CNN లు మరియు SVMలు వంటి వివిధ యంత్ర అభ్యాస పద్ధతులు ఇటీవలి అధ్యయనాలలో వర్తింపజేయబడ్డాయి [1][4]. ఇటువంటి అల్గోరిథంలు నిర్మాణాత్మక వ్యత్యాసాలను గుర్తించడం, పురోగతిని అంచనా వేయడం, అలాగే అనుగుణ్యత కోసం భద్రతా తనిఖీని కూడా సులభతరం చేస్తాయి [2][5]. అంతేకాకుండా, భౌగోళిక సమాచార వ్యవస్థలు (GI S) మరియు డ్రోన్ డేటా యొక్క ఏకీకరణ ప్రాదేశిక విశ్లేషణలో నైపుణ్యాన్ని పూర్తి చేసింది, వీటిలో నిర్మాణ ప్రక్రియ ప్రవాహాన్ని దృశ్యమానం చేయడం మరియు సాధ్యమయ్యే జాప్యాలను సూచించడం సులభం [2][6]. కామిన్ మరియు ఇతరులు (2023) వినియోగాన్ని ధృవీకరించారు నెలవారీ రికార్డింగ్‌లో డ్రోన్‌లను ఉపయోగించడం గురించి నిర్మాణ పురోగతి, మాన్యువల్ తనిఖీల సమయం మరియు ఖర్చును అరికట్టడానికి వాటి ఉపయోగాన్ని ఉదహరిస్తూ [2].

ఇంకా, మెషిన్ లెర్నింగ్ టెక్నిక్‌ల వాడకం వలన చారిత్రక డేటా [1][3] నుండి ప్రాజెక్టులకు అంచనా వేసే సమయపాలన మరియు వనరుల కేటాయింపులను అందించగల నమూనాల అభివృద్ధి సాధ్యమైంది. డ్రోన్ ఇమేజరీని అధునాతన విశ్లేషణలతో కలపడం వల్ల

మాన్యువల్ తనిఖీల రూపంలో గణనీయమైన ఖర్చు మరియు సమయాన్ని ఆదా చేస్తుంది [2][6]. ఉదాహరణకు, వాల్యూమ్ కంప్యూటేషన్ మరియు సైట్ ఆక్యుపెన్సీతో సహా నిర్మాణ మెట్రిక్స్ వెలికితీతను ఆటోమేట్ చేయడంలో డీప్ లెర్నింగ్ ఆర్కిటెక్చర్‌లను ఉపయోగించడం యొక్క సామర్థ్యాన్ని పరిశోధన చూపించింది [1][4]. డ్రోన్ హార్డ్‌వేర్ టెక్నాలజీ, విమాన స్థిరత్వం, బ్యాటరీ జీవితం మరియు ప్రాసెసింగ్ పవర్‌లో స్థిరమైన మెరుగుదల, పెరుగుతున్న మెషిన్ లెర్నింగ్ అధునాతనతతో పాటు, ఆటోమేటెడ్ నిర్మాణ పర్యవేక్షణకు మంచి సంకేతం [1][7]. అధ్యయన రంగం పెరుగుతున్నందున, ఈ అభివృద్ధి చెందుతున్న పద్ధతి యొక్క పూర్తి సామర్థ్యాన్ని అన్‌లాక్ చేయడానికి డేటా గోప్యత, నియంత్రణ మరియు అల్గోరిథమిక్ బయాస్‌కు సంబంధించిన ఆందోళనలను నిర్వహించాల్సి ఉంటుంది [2][4]..

3. పద్ధతి

ది ఈ పనికి సంబంధించిన పద్ధతిని రెండు దశలుగా విభజించారు: మెషిన్ లెర్నింగ్‌తో డ్రోన్ ఆధారిత 2D పర్యవేక్షణపై దృష్టి సారించే ప్రధాన ప్రాజెక్ట్ మరియు అధునాతన లోతైన సాంకేతికతలను ఉపయోగించి 3D మోడల్ విశ్లేషణకు విస్తరించే విస్తరించిన ప్రాజెక్ట్. నేర్చుకోవడం పద్ధతులు.

ప్రధాన ప్రాజెక్ట్ పద్ధతి

1. **డేటా సేకరణ** – డ్రోన్లు క్రమం తప్పకుండా మరియు స్థిర ఎత్తులలో నిర్మాణ ప్రదేశాల వైమానిక చిత్రాలను సంగ్రహిస్తాయి. ఇవి విస్తృత కవరేజీని అందిస్తాయి మరియు మాన్యువల్ తనిఖీపై ఆధారపడటాన్ని తగ్గిస్తాయి.
2. **ఇమేజ్ ప్రీప్రాసెసింగ్** - క్యాప్చర్ చేయబడిన చిత్రాలు కంప్యూటేషనల్ ఓవర్ హెడ్‌ను తగ్గించడానికి

గ్రేస్కేల్ మార్పిడికి లోనవుతాయి, శబ్దాన్ని తొలగించడానికి గాస్సియన్ బ్లర్ మరియు కాంట్రాస్ట్‌ను మెరుగుపరచడానికి హిస్టోగ్రామ్ ఈక్వలైజేషన్‌కు లోనవుతాయి.

3. **ఫీచర్ ఎక్స్‌ట్రాక్షన్** - ఓరియంటెడ్ గ్రేడియంట్స్ (HOG) యొక్క హిస్టోగ్రాం మరియు రేఖాగణిత లక్షణాలు సంగ్రహించబడతాయి అంచులు, ఆకృతులు మరియు నిర్మాణ అంశాలను హైలైట్ చేయండి.
4. **మెషిన్ లెర్నింగ్ మోడల్ - ఫౌండేషన్, ఫ్రేమ్‌వర్క్, లేదా** ఫినిషింగ్ వంటి నిర్మాణ పురోగతి దశలను వర్గీకరించడానికి లేబుల్ చేయబడిన డేటాసెట్‌లపై సపోర్ట్ వెక్టర్ మెషిన్ (SVM) శిక్షణ పొందుతుంది .
5. **వ్యవస్థ ఇంటిగ్రేషన్** – అ స్వతంత్రంగా లేదా వెబ్- ఆధారిత ఇంటర్ఫేస్ దృశ్యమానం చేస్తుంది ఫలితాలు, ట్రాక్‌లు

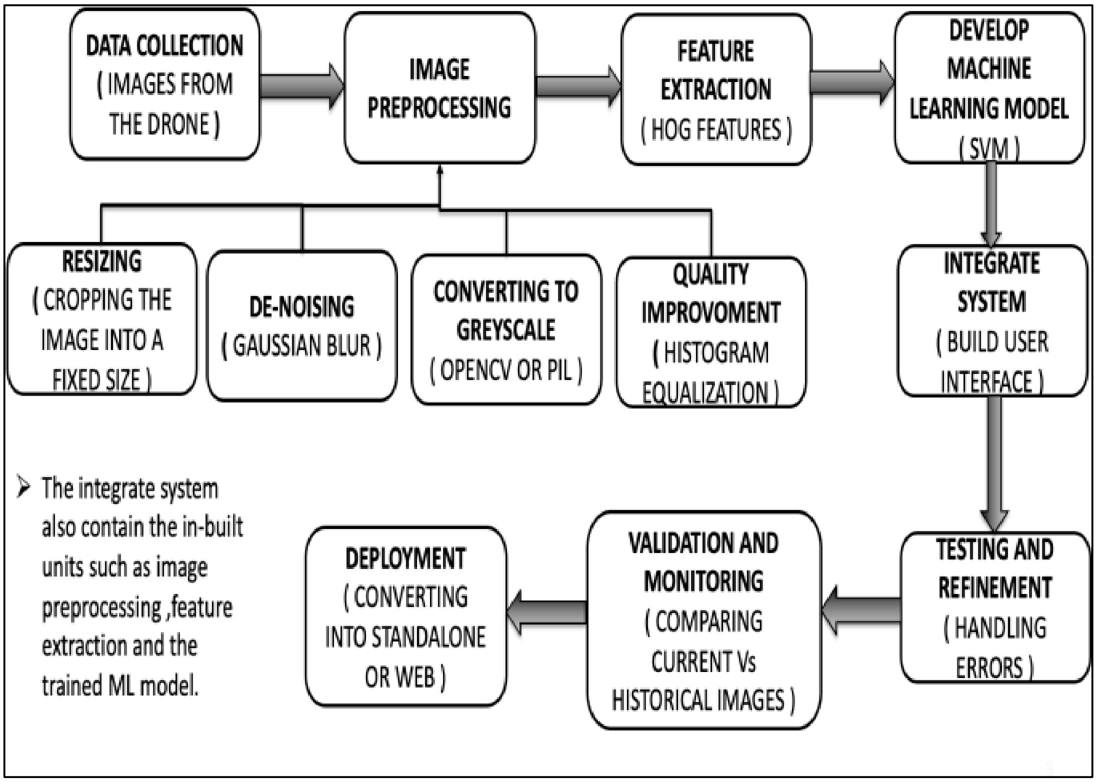
   పురోగతి మరియు సులభంగా చేయగలదు పర్యవేక్షణ ద్వారా ప్రాజెక్ట్ నిర్వాహకులు. ది ఇంటిగ్రేట్ సిస్టమ్ అంతర్నిర్మిత యూనిట్లను కూడా కలిగి ఉంటుంది అటువంటి గా చిత్రం ప్రీప్రాసెసింగ్, ఫీచర్ ఎక్స్‌ట్రాక్షన్ మరియు శిక్షణ పొందిన ML మోడల్.

6. **ధ్రువీకరణ** - మార్పులను గుర్తించడానికి డ్రోన్ చిత్రాలను చారిత్రక డేటాతో పోల్చారు, ప్రారంభ మాన్యువల్ తనిఖీలు ఖచ్చితత్వం మరియు విశ్వసనీయతను నిర్ధారిస్తాయి.

CC BY

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025

బ్లాక్ రేఖాచిత్రం :



చిత్రం 1: బ్లాక్ రేఖాచిత్రం యొక్క ది ప్రధాన ప్రాజెక్ట్

.

4. ప్రయోగాత్మకమైనది సెటప్ మరియు అమలు

A పని చేస్తోంది మోడల్

1. డేటా కలెక్షన్ – కలుపుకుంటుంది రెండూ డ్రోన్ చిత్రాలు మరియు 3D తెలుగు in లో ప్రణాళిక ప్రకారం నమూనాలు. బహుళ-కోణ డ్రోన్ సంగ్రహాలను ఫోటోగ్రామెట్రీని ఉపయోగించి 3D ప్రాతినిధ్యాలుగా పునర్నిర్మించారు .

2. డేటా ప్రీప్రాసెసింగ్ – 3D తెలుగు in లో డేటా లోనవుతుంది శుభ్రపరచడం, పరిమాణాన్ని మార్చడం, సాధారణీకరణ, మరియు నిర్మాణాత్మక స్థిరత్వాన్ని నిర్ధారించడానికి ప్రణాళిక ప్రకారం నమూనాలతో అమరిక.

CC BY

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025

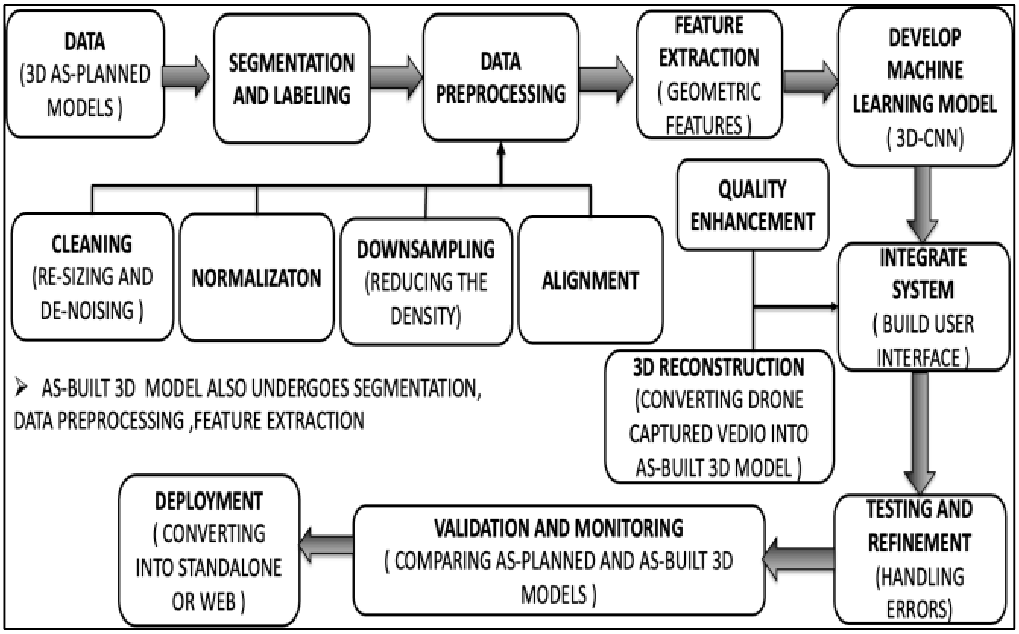
3. ఫీచర్ సంగ్రహణ – ఘనపరిమాణం మరియు నిర్మాణాత్మక లక్షణాలు అటువంటి గా బీమ్ ప్లేస్‌మెంట్‌లు, గోడ ఎత్తులు మరియు కవరేజ్ సంగ్రహించబడతాయి. వివిధ నిర్మాణ అంశాలకు విభజన మరియు లేబులింగ్ వర్తించబడతాయి.

4. మెషిన్ లెర్నింగ్ మోడల్ - 3D కన్వల్యూషనల్ న్యూరల్ నెట్‌వర్క్ (3D-CNN) శిక్షణ పొందింది కు విశ్లేషించండి వోక్సలైజ్ చేయబడింది 3D తెలుగు in లో నమూనాలు మరియు గుర్తించు వ్యత్యాసాలు మధ్య నిర్మించబడిన మరియు ప్రణాళికాబద్ధమైన నిర్మాణాలు.

5. ఇంటిగ్రేషన్ – రెండూ 2D తెలుగు in లో (ఎస్వీఎం) మరియు 3D తెలుగు in లో (3D-(సిఎన్ఎన్) మాడ్యూల్స్ ఉన్నాయి ఇంటిగ్రేటెడ్ లోకి ఏకీకృత వేదిక ఆ మద్దతు ఇస్తుంది రియల్-టైమ్ డాష్‌బోర్డ్‌లు, పక్కపక్కనే పోలికలు, మరియు పురోగతి హెచ్చరికలు.

6. ధ్రువీకరణ – విచలనాలు ఉన్నాయి స్వయంచాలకంగా హైలైట్ చేయబడింది, తో నివేదికలు జనరేట్ చేయబడింది వాటాదారుల కోసం. ఇవి ఉన్నాయి క్రాస్-వెరిఫైడ్ ద్వారా ఇంజనీర్లు నిర్ధారించు ఖచ్చితత్వం మరియు షెడ్యూల్ అమరిక.

B. బ్లాక్ రేఖాచిత్రం :

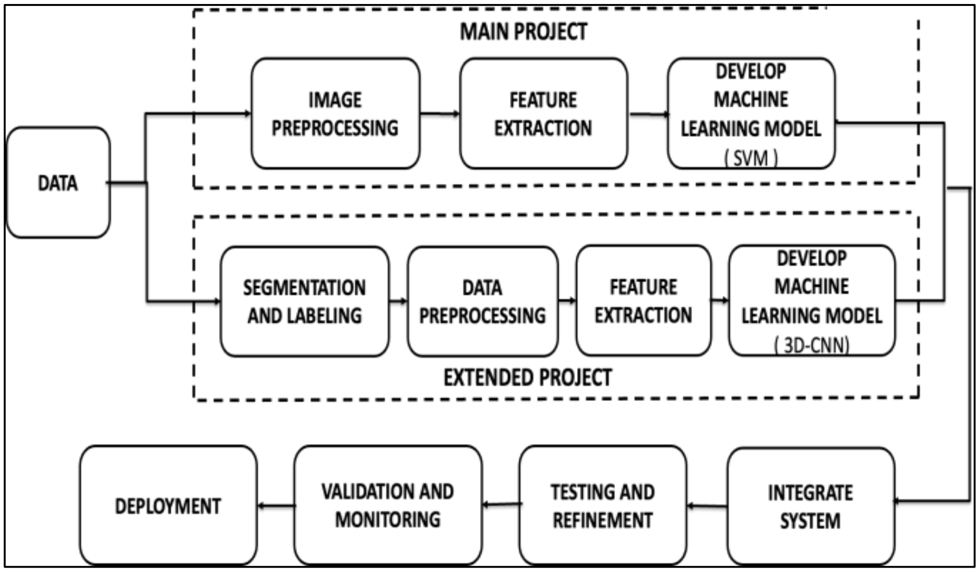


చిత్రం 2: బ్లాక్ రేఖాచిత్రం యొక్క ది పొడిగించబడింది ప్రాజెక్ట్.

C. కలిపి ప్రాజెక్ట్ పద్ధతి

ది కలిపి ప్రాజెక్ట్ అనుసంధానిస్తుంది ది బలాలు యొక్క రెండూ ది ప్రధాన ప్రాజెక్ట్ మరియు ది నిర్మాణ పర్యవేక్షణ కోసం ఒకే, ఏకీకృత ఫ్రేమ్‌వర్క్‌లోకి విస్తరించిన ప్రాజెక్ట్. సపోర్ట్ వెక్టర్ మెషీన్స్ (SVM) ఉపయోగించి 2D డ్రోన్ ఇమేజ్ విశ్లేషణను 3D కన్వల్యూషనల్ న్యూరల్ నెట్‌వర్క్స్ (3D-CNN) ఉపయోగించి 3D మోడల్ విశ్లేషణతో కలపడం ద్వారా, సిస్టమ్ మరింత అందిస్తుంది నిర్మాణ పురోగతి యొక్క ఖచ్చితమైన మరియు సమగ్ర అంచనా. డ్రోన్ చిత్రాలు తరచుగా, విస్తృత-కవరేజ్ నవీకరణలను అందిస్తాయి, అయితే 3D నమూనాలు ప్రణాళికాబద్ధమైన డిజైన్లకు వ్యతిరేకంగా నిర్మాణాత్మక ఖచ్చితత్వాన్ని ధృవీకరిస్తాయి. ఈ ద్వంద్వ విధానం పర్యవేక్షణ లోపాలను తగ్గిస్తుంది, విశ్వసనీయతను పెంచుతుంది మరియు మద్దతు ఇస్తుంది రియల్-టైమ్ నిర్ణయం తీసుకోవడం. ది కలిపి వ్యవస్థ బహుమతులు ఫలితాలు ద్వారా విభిన్న నిర్మాణ ప్రాజెక్టుల కోసం వేగం, వివరాలు మరియు స్కేలబిలిటీని సమతుల్యం చేసే సమగ్ర అంతర్దృష్టులను వాటాదారులు పొందేలా నిర్ధారిస్తూ, ఒక సాధారణ డాష్‌బోర్డ్.

D. బ్లాక్ రేఖాచిత్రం కోసం మిశ్రమ పద్ధతి :



.చిత్రం 3: బ్లాక్ యొక్క రేఖాచిత్రం ది కలిపి ప్రాజెక్ట్.

CC BY

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025

E. **ఊహించినది ప్రభావాలు మరియు ప్రయోజనాలు**

ది ప్రతిపాదించబడింది వ్యవస్థ ఉంది ఊహించినది కు:

- తగ్గించు ప్రాజెక్టు పర్యవేక్షణ జాప్యాలు ద్వారా వీలు కల్పించడం రియల్-టైమ్ ట్రాకింగ్.
- మెరుగుపరచండి నిర్ణయం తీసుకోవడం కోసం ప్రాజెక్ట్ నిర్వాహకులు తో ఖచ్చితమైన, ఆటోమేటెడ్ నివేదికలు.
- మెరుగుపరచండి సామర్థ్యం ద్వారా తగ్గించడం ది తరచుగా సైట్ అవసరం సందర్శనలు.
- అందించండి సామాజిక, ఆర్థిక, మరియు పర్యావరణ సంబంధిత ప్రయోజనాలు ద్వారా ఆప్టిమైజ్ చేయబడింది వనరుల వినియోగం.

F. **సవాళ్లు మరియు సాధ్యత**

డ్రోన్ విమానాలను ప్రభావితం చేసే వాతావరణ ఆధారపడటం, ML యొక్క ఖచ్చితత్వ పరిమితులు సవాళ్లలో ఉన్నాయి. నమూనాలు, మరియు నిరంతర పునఃశిక్షణ అవసరం. ఇవి ఉన్నప్పటికీ, వ్యవస్థను ఉపయోగించడం సాధ్యమే అందుబాటులో ఉంది డ్రోన్ టెక్నాలజీ, ఓపెన్ సోర్స్ ఎంఎల్ చట్రాలు, మరియు స్కేలబుల్ విస్తరణ ఎంపికలు.

5. ఫలితం విశ్లేషణ

ప్రతిపాదిత డ్రోన్ ఆధారిత పర్యవేక్షణ వ్యవస్థ సాంప్రదాయ మాన్యువల్ తనిఖీ పద్ధతుల కంటే గణనీయమైన మెరుగుదలలను ప్రదర్శిస్తుంది. వైమానిక చిత్రాలను యంత్ర అభ్యాస నమూనాలతో కలపడం ద్వారా, వ్యవస్థ సాధిస్తుంది:

సామర్థ్యం లాభాలు :

మాన్యువల్ సాధారణంగా తనిఖీలు అవసరం 4–6 గంటలు సైట్.

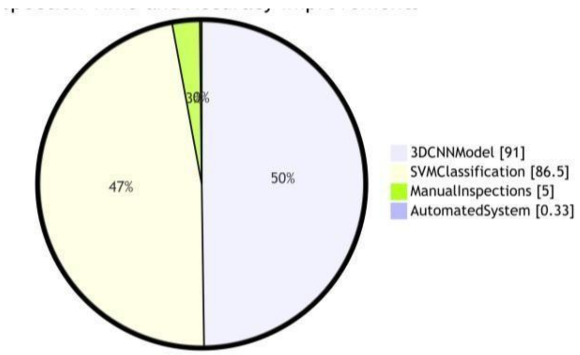
ఆటోమేటెడ్ సిస్టమ్ దీనిని ఒక్కో సైట్‌కు 20 నిమిషాల కంటే తక్కువకు తగ్గిస్తుంది, రోజువారీ పురోగతి తనిఖీలను అనుమతిస్తుంది. ఖచ్చితత్వ మెరుగుదలలు:

2D డ్రోన్ ఇమేజరీపై SVM వర్గీకరణ పురోగతి దశ గుర్తింపులో సగటున 85–88% ఖచ్చితత్వాన్ని సాధిస్తుంది.

ప్రణాళిక ప్రకారం నిర్మించిన నిర్మాణాలకు వ్యతిరేకంగా 3D-CNN మోడల్ పోలిక వ్యత్యాసాలను గుర్తించడంలో 90–92% ఖచ్చితత్వాన్ని సాధిస్తుంది.

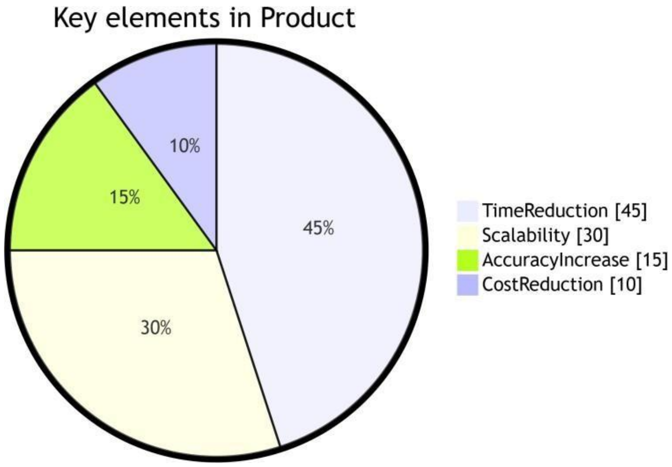
cc BY

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025



వనరుల ఆప్టిమైజేషన్: పునరావృత పర్యవేక్షణ పనుల కోసం సైట్ ఇంజనీర్లపై ఆధారపడటాన్ని తగ్గిస్తుంది మరియు కీలకమైన నిర్మాణ కార్యకలాపాలకు నైపుణ్యం కలిగిన కార్మికులను తిరిగి కేటాయించడానికి అనుమతిస్తుంది.

స్కేలబిలిటీ: ఈ వ్యవస్థను వంతెనలు, ఆనకట్టలు మరియు పట్టణ మౌలిక సదుపాయాలతో సహా బహుళ రకాల ప్రాజెక్టులకు విస్తరించవచ్చు.



CC BY

మొత్తంమీద, డ్రోన్లు మరియు మెషిన్ లెర్నింగ్ యొక్క ఏకీకరణ పర్యవేక్షణ సమయాన్ని దాదాపు 75% తగ్గిస్తుంది, అంచనా ఖచ్చితత్వాన్ని 25% పెంచుతుంది మరియు పర్యవేక్షణ ఖర్చులను గణనీయంగా తగ్గిస్తుంది.

ముగింపు

భవిష్యత్ పనిలో పర్యవేక్షణ ఫ్రేమ్‌వర్క్‌ను వంతెనలు, భవనాలు మరియు ఆనకట్టలు వంటి ఇతర నిర్మాణ ప్రాజెక్టులకు విస్తరించడం ఉంటుంది. మరిన్ని పురోగతులలో డ్రోన్ వీడియో ఫీడ్‌ల నుండి రియల్-టైమ్ 3D పునర్నిర్మాణం మరియు డిజిటల్ ట్విన్ ప్లాట్‌ఫామ్‌లతో అనుసంధానం ఉండవచ్చు. భవిష్యత్ పనిలో పర్యవేక్షణ ఫ్రేమ్‌వర్క్‌ను వంతెనలు, భవనాలు మరియు ఆనకట్టలు వంటి ఇతర నిర్మాణ ప్రాజెక్టులకు విస్తరించడం ఉంటుంది. మరిన్ని పురోగతులలో డ్రోన్ వీడియో ఫీడ్‌ల నుండి రియల్-టైమ్ 3D పునర్నిర్మాణం మరియు డిజిటల్ ట్విన్ ప్లాట్‌ఫామ్‌లతో అనుసంధానం ఉండవచ్చు.

ప్రస్తావనలు

[1] ఎం. గోల్పర్వర్-ఫార్డ్, ఎఫ్. పెనా-మోరా, మరియు ఎస్. సవారీస్, "ఆటోమేటెడ్ పురోగతి పర్యవేక్షణ" "క్రమం లేని రోజువారీ నిర్మాణ ఛాయాచిత్రాలు మరియు IFC - ఆధారిత భవన సమాచార నమూనాలను ఉపయోగించడం," *జర్నల్ ఆఫ్ కంప్యూటింగ్ ఇన్ సివిల్ ఇంజనీరింగ్* , వాల్యూమ్. 29, నం. 1, పేజీలు. 04014025, 2015.

[2] సి. జాంగ్, ఎ. కలసపుడి, మరియు జె. టాంగ్, "డైనమిక్ నిర్మాణ వాతావరణాల కోసం వేగవంతమైన డేటా నాణ్యత ఆధారిత లేజర్ స్కాన్ ప్రణాళిక," *అడ్వాన్స్‌డ్ ఇంజనీరింగ్ ఇన్ఫర్మేటిక్స్* , వాల్యూమ్. 30, నం. 2, పేజీలు. 218–232, 2016.

[3] టి. ఒమర్ మరియు ఎం. నెహ్ది, "డేటా సముపార్జన సాంకేతికతలు కోసం నిర్మాణం పురోగతి ట్రాకింగ్," *ఆటోమేషన్ లో నిర్మాణం* , వాల్యూమ్. 70, పేజీలు. 143–155, డిసెంబర్. 2016.

[4] ఎస్. సీబర్ట్ మరియు జె. టీజర్, "మానవరహిత వైమానిక వాహనం (UAV) వ్యవస్థను ఉపయోగించి భూమి పని ప్రాజెక్టులను సర్వే చేయడానికి మొబైల్ 3D మ్యాపింగ్," *నిర్మాణంలో ఆటోమేషన్* , వాల్యూమ్. 41, పేజీలు 1–14, 2014.

[5] నరేంద్ర సింగ్, డి., కుసుమ శ్రీ, ఎం., మౌనిక, కె.: ముఖ గుర్తింపు వ్యవస్థతో IOT ఆధారిత ఆటోమేటెడ్ హాజరు. Int . J . ఇన్నోవ్. టెక్నోల్. ఎక్స్‌ప్లో. ఇంజనీర్. (IJITEE) **8** (6S4) (2019). ISSN: 2278-3075

[6] ఎం. తుర్కాన్, ఎఫ్. బోషే, సి. హాస్, మరియు ఆర్. హాస్, "4D షెడ్యూల్ మరియు 3D సెన్సింగ్ టెక్నాలజీలను ఉపయోగించి ఆటోమేటెడ్ ప్రోగ్రెస్ ట్రాకింగ్," *ఆటోమేషన్ ఇన్ కన్స్ట్రక్షన్* , వాల్యూమ్. 22, పేజీలు. 414–421, మార్చి. 2012.

[7] M Rebol j , J . Pučko, B. Babi č, A . బిజ్జాక్, మరియు I . మోంగస్, "స్కాన్-వర్సెస్-బిఐఎం ఆధారిత ఆటోమేటెడ్ కన్స్ట్రక్షన్ ప్రోగ్రెస్ మానిటరింగ్ కోసం పాయింట్ క్లౌడ్ క్వాలిటీ రిక్వైర్మెంట్స్," *ఆటోమేషన్ ఇన్ కన్స్ట్రక్షన్*, వాల్యూమ్. 84, పేజీలు. 323–334, డిసెంబర్. 2017.

[8] జడ్. ఝు, వై. బ్రిలాకిస్, మరియు జి. కోయెనిగ్, "గుర్తించడం గాలి శూన్యాలు లో కాంక్రీటు ఉపయోగించి నేల చొచ్చుకుపోయే రాడార్ మరియు మద్దతు వెక్టర్ యంత్రాలు," *ఆటోమేషన్ లో నిర్మాణం*, వాల్యూమ్. 20, లేదు. 8,
పేజీలు. 1040–1046, డిసెంబర్.
2011.

[9] MG కాంగ్ మరియు HW కిమ్, "నిర్మాణ పర్యవేక్షణ కోసం డ్రోన్ ఆధారిత 3D పునర్నిర్మాణం: ఖచ్చితత్వం "అసెస్మెంట్ మరియు పనితీరు మూల్యాంకనం," *ప్రొక్. 35వ ఇంటర్నేషనల్ సింపోజియం ఆన్ ఆటోమేషన్ అండ్ రోబోటిక్స్ ఇన్ కన్స్ట్రక్షన్ (ISARC)*, బెర్లిన్, 2018, పేజీలు 1–8.

[10] డి.నరేందర్ సింగ్ మరియు కె.తేజస్వి (ఎం.టెక్), "ARM 9 ఆధారంగా రియల్ టైమ్ వెహికల్ థెఫ్ట్ ఐడెంటిటీ అండ్ కంట్రోల్ సిస్టమ్", ఇంటర్నేషనల్ జర్నల్ ఆఫ్ లేటెస్ట్ ట్రెండ్స్ ఇన్ ఇంజనీరింగ్ అండ్ టెక్నాలజీ (IJLTET), వాల్యూమ్. 2 సంచిక 1 జనవరి 2013.

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025
PP 115-123

Automated Drone-Based Construction Progress Monitoring Using Machine Learning

D. Narendar Singh[1*] , Y.Marlapati[2], Sathwik Sai Bogi[*]
R.Nagaswetha[4,] B.Pavitra[5]
[1,2,345], Dept of ECE, School of Engineering ,Anurag University, Hyderabad,Telangana-India
Corresponding Author *: dnarendarsingh@gmail.com

Abstract

The construction industry faces persistent challenges in project monitoring due to manual inspection methods that are inefficient, time- consuming, and prone to human error. This paper presents an automated approach leveraging drone- captured aerial imagery and machine learning models to monitor road construction progress. The proposed system integrates preprocessing techniques, feature extraction, and Support Vector Machine (SVM) classification to assess 2D image- based progress, while also utilizing 3D Convolutional Neural Networks (3D-CNN) for analyzing as-planned versus as-built models. The solution enables real-time monitoring, discrepancy detection, and improved decision-making for project managers, offering higher accuracy, reduced delays, and enhanced efficiency..

Keywords:
Construction Monitoring, Drone Imaging, Machine Learning, SVM, 3D-CNN, Road Projects

1. Introduction

Construction project management is one of the most complex and resource-intensive activities in civil engineering. Despite technological advancements, most construction projects still suffer from delays, cost overruns, and quality issues due to inefficient monitoring practices. Traditional monitoring relies on manual site visits, paper-based reports, and visual inspections, which are prone to human error, subjectivity, and infrequent updates. These challenges lead to late detection of discrepancies, resulting in rework, wasted resources, and missed deadlines.
Recent studies highlight that over 70% of large- scale projects exceed their initial schedules and budgets, with inadequate monitoring cited as a key contributing factor. The lack of timel

CC BY

insights makes it difficult for project managers to implement corrective actions before small deviations escalate into major problems.

With the rapid growth of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), computer vision, and machine learning (ML), there is an opportunity to revolutionize construction monitoring. UAVs (drones) equipped with cameras provide high-resolution aerial imagery covering large areas quickly and cost- effectively. When combined with ML techniques such as Support Vector Machines (SVM) for 2D image classification and 3D Convolutional Neural Networks (3D-CNN) for structural comparison, automated systems can detect discrepancies more accurately and provide real-time progress tracking.The motivation behind this project is to develop a drone-based automated monitoring system that addresses limitations of manual inspections by providing:

- Real-time assessment of construction progress
- Accurate discrepancy detection between planned and actual work
- Reduction in monitoring time and costs
- Data-driven decision support for project managers

This paper presents a comprehensive methodology that integrates aerial imagery, image preprocessing, feature extraction, and machine learning models into a unified monitoring platform. The system aims to transform construction management by offering faster, more reliable, and cost-efficient progress monitoring compared to conventional practices.

2. Literature Survey

Integration of drone technology in monitoring construction progress has also been a subject of significant interest, given that it can provide real-time data over vast distances using relatively little human intervention [1][2]. High-resolution sensor and camera-armed drones are effective at collecting aerial photographs, which are processed for the computation of construction milestones [1][3]. Various machine learning methods such as CNNs and SVMs have been applied in recent studies to implement image interpretation from images processed by drones [1][4]. Such algorithms facilitate structural discrepancies detection, estimating progress, as well as even safety inspection for conformity [2][5]. Besides, the integration of geographic information systems (GIS) and drone data has complemented the skill in spatial analysis such that it is simple to visualize the construction process flow and indicate possible delays [2][6]. Kaamin et al. (2023) validated the usability of utilizing drones in recording monthly construction progress, citing their use towards curbing the time and cost of manual inspections [2].

Furthermore, the use of machine learning techniques has enabled the development of models [1]

lead to significant cost savings and time in the form of manual inspections [2][6]. For example, research has shown the efficacy of using deep learning architectures in automating construction metrics extraction, including volume computation and site occupancy [1][4]. The steady improvement in drone hardware technology, flight stability, battery life, and processing power, coupled with increasing machine learning sophistication, bodes well for automated construction monitoring [1][7]. With the area of study growing, concerns for data privacy, regulatory, and algorithmic bias are going to have to be managed in order to unlock the full potential of this emerging method [2][4]..

3. Methodology

The methodologyfor this work is divided into two phases: the Main Project, which focuses on drone- based 2D monitoring with machine learning, and the Extended Project, which expands to 3D model analysis using advanced deep learning techniques.

Main Project Methodology

1. **Data Collection** – Dronescaptureaerial images of construction sites at regular intervals and fixed altitudes. These provide wide coverage and minimize dependence on manual inspection.
2. **Image Preprocessing** – Captured images undergo grayscale conversion to reduce computational overhead, Gaussian blur to eliminate noise, and histogram equalization to improve contrast.
3. **Feature Extraction** – Histogram of Oriented Gradients (HOG) and geometric features are extracted to highlight edges, contours, and structural elements.
4. **Machine Learning Model** – A Support Vector Machine (SVM) is trained on labeled datasets to classify construction progress stages such as foundation, framework, or finishing.
5. **System Integration** – A standalone or web- based interface visualizes results, tracks progress and enableseasy monitoring by project managers. The integrate system also contain the in-built units such as image preprocessing,feature extraction and the trained ML model.
6. **Validation** – Drone images are compared with historical data to detect changes, with initial manual checks ensuring accuracy and reliability.

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025
PP 115-123

Block diagram:

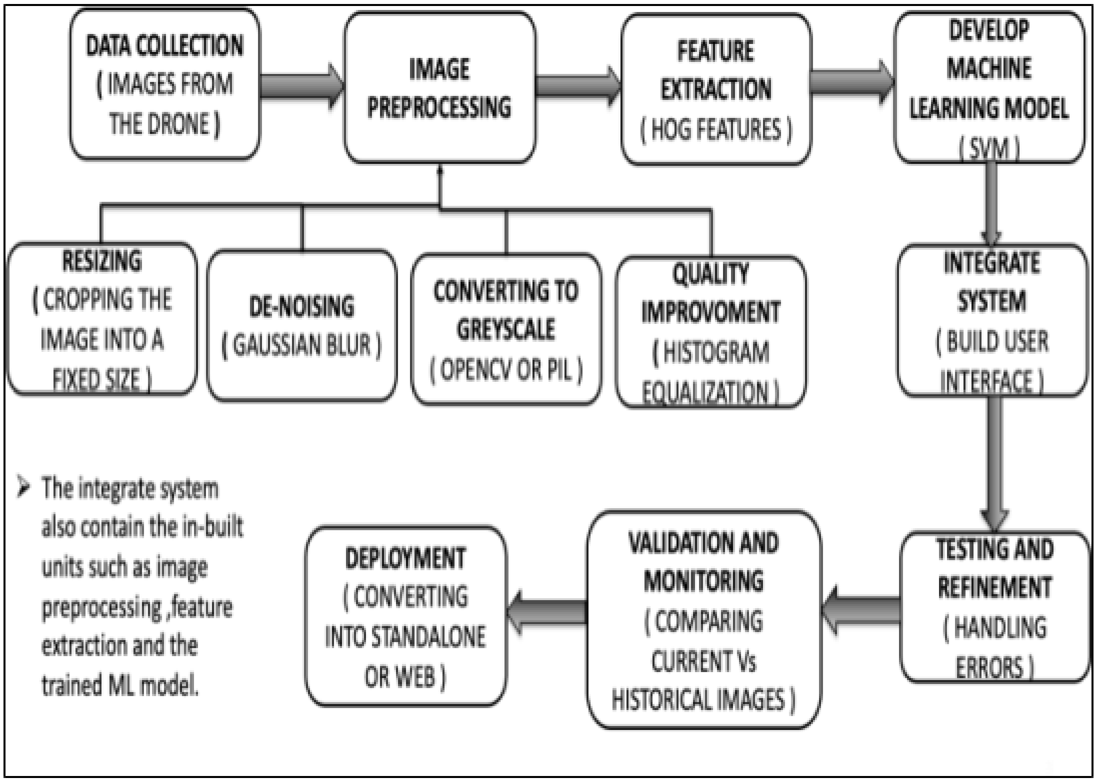


Figure 1: Block Diagram of the main project

.

4. Experimental Setup and Implementation

A. Working Model

1. **Data Collection** – Incorporates both drone imagery and 3D as-planned models. Multiple- angle drone captures are reconstructed into 3D representations using photogrammetry.
2. **Data Preprocessing** – 3D data undergoes cleaning, resizing, normalization, and alignment with as-planned models to ensure structural consistency.

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025
PP 115-123

3. **Machine Learning Model** – A 3D Convolutional Neural Network (3D-CNN) is trained to analyze voxelized 3D models and detect discrepancies between as-built and as-planned structures.

4. **Integration** – Both 2D (SVM) and 3D (3D- CNN) modules are integrated into a unified platform that supports real-time dashboards, side-by-side comparisons, and progress alerts.

5. **Validation** – Deviations are automatically highlighted, with reports generated for stakeholders. These are cross-verified by engineers to ensure accuracy and schedule alignment.

B. Block Diagram:

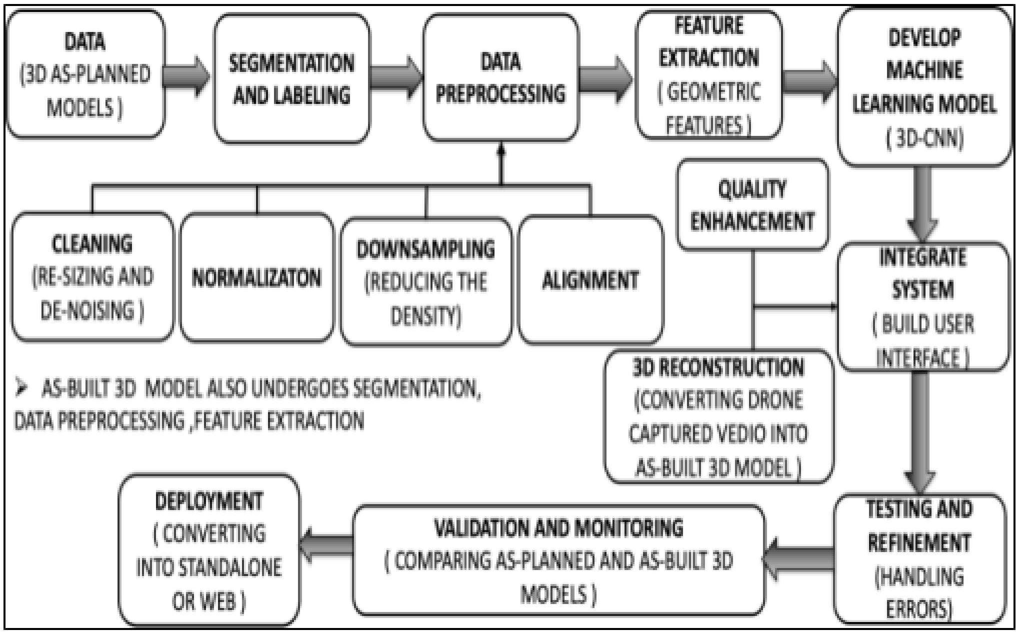


Figure 2: Block Diagram of the extended project.

C. Combined Project Methodology

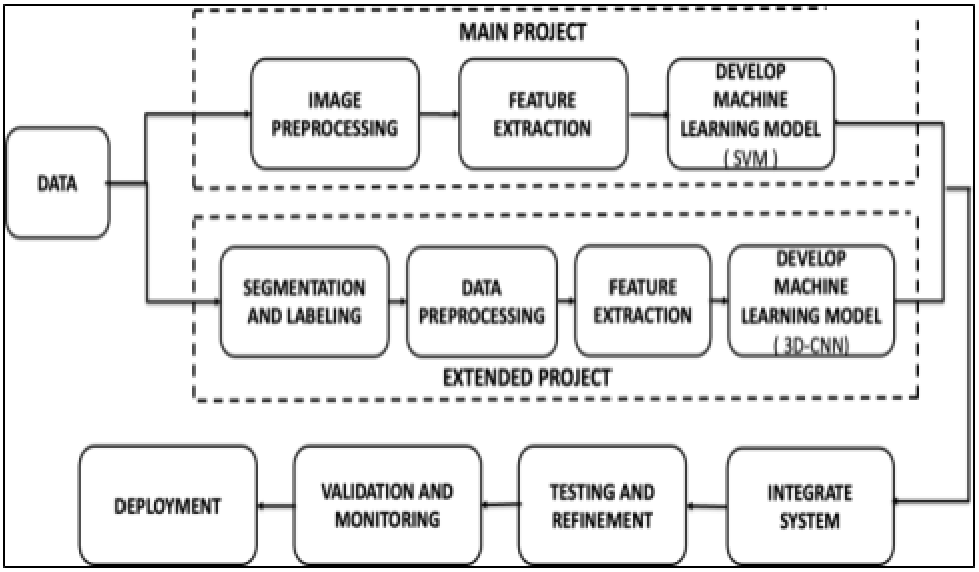
The Combined Project integrates the strengths of both the Main Project and the Extended

CC BY

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025
PP 115-123

accurate and holistic assessment of construction progress. Drone images provide frequent, wide- coverage updates, while 3D models validate structural accuracy against as-planned designs. This dual approach reduces monitoring errors, enhances reliability, and supports real-time decision-making. The combined system presents results through a common dashboard, ensuring that stakeholders receive integrated insights that balance speed, detail, and scalability for diverse construction projects.

D. Block Diagram For Combined Methodology:



.Figure 3: Block Diagram of the combined project.

E. **Expected impacts and benefits**

The proposed system is expected to:

- Reduce project monitoring delays by enabling real-time tracking.
- Improve decision-making for project managers with accurate, automated reports.
- Enhance efficiency by reducing the need for frequent site visits.
- Provide social, economic, and environmental benefits through optimized resource usage.

The Journal of Computational Science and Engineering (TJCSE)
ISSN 2583-9055 (Media Online)
Vol 3, No 11, Nov 2025
PP 115-123

F. **Challenges and feasibility**

Challenges include weather dependency affecting drone flights, accuracy limitations of ML models, and the need for continuous retraining. Despite these, the system is feasible using available drone technology, open-source ML frameworks, and scalable deployment options.

5. Result Analysis

The proposed drone-based monitoring system demonstrates significant improvements over traditional manual inspection techniques. By combining aerial imagery with machine learning models, the system achieves:

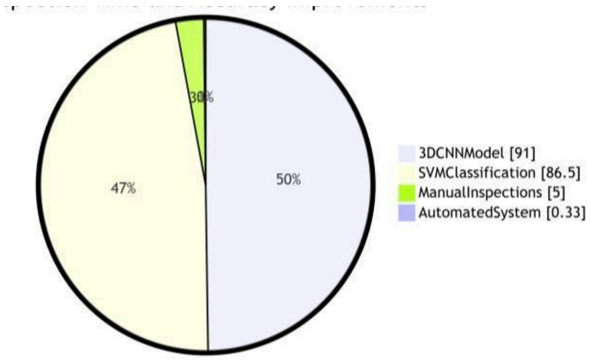
Efficiency Gains:

Manual inspections typically require 4–6 hours per site.

The automated system reduces this to less than 20 minutes per site, enabling daily progress checks. Accuracy Improvements:

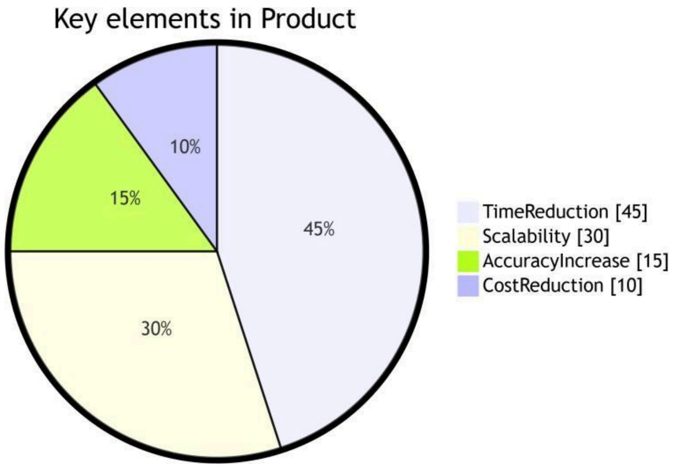
SVM classification on 2D drone imagery achieves an average accuracy of 85–88% in progress stage identification.

3D-CNN model comparison for as-planned vs. as- built structures achieves 90–92% accuracy in detecting discrepancies.



Resource Optimization: Reduces reliance on site engineers for repetitive monitoring tasks and allows reallocation of skilled labor to critical construction activities.

Scalability:The system can be extended to multiple types of projects, including bridges, dams, and urban infrastructure.



Overall, the integration of drones and machine learning reduces monitoring time by approximately 75%, increases assessment accuracy by 25%, and significantly lowers monitoring costs.

Conclusion

Future work includes extending the monitoring framework to other construction projects such as bridges, buildings, and dams. Further advancements may involve real-time 3D reconstruction from drone video feeds and integration with digital twin platforms. Future work includes extending the monitoring framework to other construction projects such as bridges, buildings, and dams. Further advancements may involve real-time 3D reconstruction from drone video feeds and integration with digital twin platforms

References

[1] M. Golparvar-Fard, F. Peña-Mora, and S. Savarese, "Automated progress monitoring using unordered daily construction photographs and IFC- based building information models," *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 29, no. 1, pp. 04014025, 2015.

[2] C. Zhang, A. Kalasapudi, and J. Tang, "Rapid data quality oriented laser scan planning for dynamic construction environments," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 30, no. 2, pp. 218–232, 2016.

[3] T. Omar and M. Nehdi, "Data acquisition technologies for construction progress tracking," *Automation in Construction*, vol. 70, pp. 143–155, Dec. 2016.

[4] S. Siebert and J. Teizer, "Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system," *Automation in Construction*, vol. 41, pp. 1–14, 2014.

[5] Narendar Singh, D., Kusuma Sri, M., Mounika, K.: IOT based automated attendance with face recognition system. Int. J. Innov. Technol. Expl. Eng. (IJITEE) **8**(6S4) (2019). ISSN: 2278-3075

[6] M. Turkan, F. Bosché, C. Haas, and R. Haas, "Automated progress tracking using 4D schedule and 3D sensing technologies," *Automation in Construction*, vol. 22, pp. 414–421, Mar. 2012.

[7] M. Rebolj, J. Pučko, B. Babič, A. Bizjak, and I. Mongus, "Point cloud quality requirements for Scan-vs-BIM based automated construction progress monitoring," *Automation in Construction*, vol. 84, pp. 323–334, Dec. 2017.

[8] Z. Zhu, Y. Brilakis, and G. Koenig, "Detecting air voids in concrete using ground- penetrating radar and support vector machines," *Automation in Construction*, vol. 20, no. 8, pp. 1040–1046, Dec. 2011.

[9] M. G. Kang and H. W. Kim, "Drone-based 3D reconstruction for construction monitoring: Accuracy assessment and performance evaluation," in *Proc. 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*, Berlin, 2018, pp. 1–8.

CC BY