



**BEPILOČIŲ ORLAIVIŲ IR DIRBTINIO INTELEKTO
SISTEMŲ, SKIRTŲ MIŠKO SANITARINEI BŪKLEI
VERTINTI, DEMONSTRAVIMAS**

PARODOMOJO BANDYMO METODIKA

1. ĮVADAS

Remiantis Lietuvos Respublikos miškų įstatymo (Lietuvos..., 1994) nuostatomis, miškų apsauga ir sanitarinės būklės stebėseną yra viena svarbiausių tvaraus miškų ūkio užduočių. Tuo tarpu Geodezijos ir kartografijos įstatymas (Lietuvos..., 2022) reglamentuoja erdvinių duomenų ir nuotolinio stebėjimo informacijos naudojimą, kuris tampa teisiniu pagrindu taikyti bepiločių orlaivių ir dirbtinio intelekto sistemas miškų būklės vertinime. Šie teisės aktai sudaro pagrindą integruoti pažangias nuotolinio stebėjimo ir duomenų analizės technologijas, siekiant efektyviau vertinti ir valdyti miškų sanitarinę būklę. Bepiločių orlaivių ir dirbtinio intelekto sistemų, skirtų miško sanitarinei būklei vertinti, demonstravimas yra ypač aktualus tiek Lietuvoje, tiek tarptautiniu mastu.

Klimato kaitos, kenkėjų plitimo ir ligų poveikio akivaizdoje vis daugiau šalių diegia pažangias nuotolinio stebėjimo technologijas miškų būklės vertinimui. Tradiciniai stebėsenos metodai dažnai yra brangūs, lėti ir neleidžia laiku identifikuoti sanitarinių pažeidimų, todėl bepiločiai orlaiviai ir dirbtinio intelekto (DI) sistemos tampa efektyvia alternatyva. Tokie tyrimai plačiai vykdomi Vokietijoje, Suomijoje, Švedijoje, Kanadoje, Kinijoje ir JAV, kur DI algoritmai kartu su multispektriniais bei hiperspektriniais jutikliais sėkmingai taikomi ligų, kenkėjų ar sausrų pažeistų medžių nustatymui bei pažeidimų masto prognozavimui (Abd El-Ghany ir kt., 2020; Ecke ir kt., 2022; Zhang ir kt., 2022; Alsadik ir kt., 2024; Liu ir kt., 2024; Li ir kt., 2025; Bhattarai ir kt., 2022; Foster ir kt., 2024). Šių šalių patirtis rodo, kad integruotos bepiločių orlaivių ir DI sistemos leidžia gauti tikslus, nuolat atnaujinamus duomenis, mažinti sąnaudas ir didinti sprendimų priėmimo efektyvumą. Lietuvoje tokių technologijų demonstravimas yra svarbus žingsnis siekiant perimti pažangią tarptautinę patirtį, modernizuoti miškų stebėsenos sistemą ir užtikrinti tvarų, duomenimis grįstą miškų valdymą.

Bepiločių orlaivių technologijos suteikia galimybę operatyviai surinkti aukštos erdvinės skiriamosios gebos multispektrinius duomenis iš sunkiai prieinamų teritorijų, o DI algoritmai leidžia automatizuotai identifikuoti ligų, kenkėjų ar abiotinių veiksnių pažeistus plotus. Europoje ir Lietuvoje vis daugiau dėmesio skiriama tokių sistemų diegimui praktikoje, siekiant užtikrinti tvarų miškų valdymą, racionalų išteklių naudojimą ir laiku priimamus sprendimus dėl sanitarinių priemonių taikymo. Bepiločių orlaivių ir DI naudojimas užtikrina greitą, tikslią ir automatizuotą miško sanitarinės būklės analizę bei sudaro prielaidas darniai ir inovatyviai miškininkystės plėtrai Lietuvoje (Liu ir kt., 2024; Ecke ir kt., 2022).

Tokia analizė ne tik didina taksonominės įvairovės supratimą, bet ir suteikia praktinę naudą – duomenys gali būti panaudojami miškų biomasės įvertinimui, anglies kaupimo

potencialo skaičiavimui bei sanitarinės būklės vertinimui. Integruojant šiuos metodus su bepiločių orlaivių duomenimis, sukuriamos prielaidos automatizuotai, didelio tikslumo miškų stebėsenos sistemos. Tokia sistema leidžia ne tik atpažinti rūšinę sudėtį, bet ir anksti nustatyti sanitarinius pažeidimus, todėl šie metodai tampa itin aktualūs siekiant tvaraus miškų ūkio valdymo ir ekologinės pusiausvyros išsaugojimo Lietuvoje (Qin ir kt., 2025; Guo ir kt., 2024).

Miškų išteklių išsaugojimas ir plėtra yra esminiai darniojo vystymosi, biologinės įvairovės apsaugos ir klimato kaitos švelninimo elementai. Vis dėlto miškų ekosistemoms vis labiau grasina antropogeniniai veiksniai, klimato kaita ir ekonominis spaudimas, todėl tiksli, didelės raiškos informacija tampa būtina efektyviam miškų valdymui. Tradiciniai lauko tyrimai, nors ir tikslūs, yra brangūs ir riboto masto, todėl nuotolinio stebėjimo technologijos, ypač bepiločiai orlaiviai, tapo svarbia alternatyva, leidžiančia automatizuotai ir ekonomiškai stebėti miško struktūrą bei būklę. Dronų technologijos, aprūpintos LiDAR ir daugiaspektriniais optiniais jutikliais, suteikia galimybę vienu metu vertinti tiek miško struktūrinius, tiek fiziologinius parametrus. LiDAR generuoja detalius 3D taškų debesis, leidžiančius nustatyti medžių aukštį, lajos tankumą ir biomasę, o daugiaspektriniai jutikliai pateikia informaciją apie augmenijos atspindį įvairiais aspektais. Šių duomenų sintezė leidžia tiksliai įvertinti miško ekosistemų būklę, ypač naudojant tokius rodiklius kaip lapų ploto indeksas (LAI) ir lajos chlorofilo kiekis (CCC), kurie yra tiesioginiai fotosintezės ir medžių fiziologinės sveikatos indikatoriai. Tokie rodikliai leidžia anksti identifikuoti streso požymius, susijusius su ligomis, kenkėjais ar aplinkos pokyčiais. Integravus bepiločių orlaivių duomenis su dirbtinio intelekto algoritmais galima automatizuoti LAI ir CCC skaičiavimą bei pagerinti miškų sanitarinės būklės stebėsenos tikslumą. Tai atveria kelią kompleksinėms bepiločių orlaivių ir DI sistemoms, kurios užtikrina efektyvų, nuolatinį ir tvarų miškų ekosistemų stebėjimą nacionaliniu mastu (Savinelli ir kt., 2024; Li ir kt., 2025; Dash ir kt., 2018). Objektų aptikimas optiniuose nuotolinio stebėjimo vaizduose yra vienas svarbiausių dirbtinio intelekto (DI) taikymo krypčių aplinkos ir miškų stebėsenos srityje. Nors pažanga šioje srityje pastaraisiais metais buvo didelė, mažo mastelio objektų – tokių kaip pavieniai medžiai ar ligų pažeidimų židiniai – aptikimas išlieka rimtu iššūkiu dėl erdvinės raiškos ir duomenų triukšmo problemų (Yu ir kt., 2022).

Miškų kenkėjai yra viena didžiausių biologinių grėsmių miškų ekosistemoms, todėl ankstyvas jų aptikimas yra būtinas siekiant užkirsti kelią didelio masto žalos plitimui. Tradiciniai kenkėjų stebėsenos metodai, paremti lauko darbais, yra imlūs laikui ir ištekliams, todėl vis dažniau taikomos nuotolinio stebėjimo technologijos, įskaitant bepiločių orlaivių ir palydovinių duomenų analizę. Naujausi tyrimai rodo, kad daugiaspektriniai ir augmenijos

indeksais paremti vaizdai, integruoti su giluminio mokymosi (deep learning) algoritmais, gali reikšmingai pagerinti miškų kenkėjų pažeistų plotų segmentavimą ir klasifikaciją. Tokie pažangūs gilaus mokymosi modeliai vaizdų segmentavimui ir klasifikacijai leidžia tiksliai nustatyti žievėgraužių ar lapgraužių sukeltus pažeidimus, naudojant bepiločių orlaivių duomenis. Dirbtinio intelekto taikymas kartu su daugiaspektriniais duomenimis padidina aptikimo tikslumą iki 85 %, leidžia automatizuotai identifikuoti pažeidimus ir stebėti jų plitimą laiko eilučių principu. Tokie sprendimai yra ypač reikšmingi kuriant pažangias, efektyvias ir tvarias miškų stebėsenos sistemas, kurios remiasi duomenų sinergija iš įvairių šaltinių (bepiločių orlaivių, palydovų, dirbtinio intelekto analizės) ir sudaro pagrindą moderniam miškų sanitarinės būklės vertinimui bei prevencijai Lietuvoje (Zhang ir kt., 2022). Tradiciškai kenkėjų stebėseną žemės ūkyje ir miškininkystėje buvo grindžiama vizualiniais ir rankiniais metodais, kuriems būdingas subjektyvumas, dideli darbo kaštai ir ribotos galimybės aptikti ankstyvas užkrėtimo stadijas. Sparčiai plintant tokiai biologinei grėsmei kaip žievėgraužis, tapo būtina taikyti modernesnes technologijas, leidžiančias laiku identifikuoti židinius ir užkirsti kelią ekonominei žalai. Naujausios nuotolinio stebėjimo technologijos, ypač bepiločiai orlaiviai su termoviziniais, multispektriniais ir hiperspektriniais jutikliais, suteikia galimybę neinvaziniu būdu rinkti didelės raiškos duomenis apie augalų būklę ir fiziologinius pokyčius. Integruojant bepiločių orlaivių duomenis su dirbtinio intelekto (DI) metodais galima automatizuotai nustatyti augalų streso požymius, ligų plitimą ar kenkėjų daromą žalą. Pažangūs algoritmai leidžia efektyviai analizuoti didelio masto teritorijų duomenis, užtikrinant tikslesnę ir greitesnę židinių nustatymą nei taikant tradicinius metodus. Tokios sistemos taip pat suteikia galimybę analizuoti laiko eilučių duomenis, leidžiančius prognozuoti kenkėjų dinamiką bei nustatyti jų plitimo tendencijas. Šių technologijų pritaikymas miškininkystėje, ypač sanitarinės būklės vertinimo srityje, sudaro sąlygas kurti automatizuotas, ekonomiškai efektyvias ir tvarias kenkėjų stebėsenos bei valdymo priemones (Foster ir kt., 2024), kurios gali būti taikomos ir Lietuvos miškuose.

Nuotolinio stebėjimo technologijos tapo efektyvia priemone vabzdžių kenkėjų ir augalų ligų aptikimui, prognozavimui bei kontrolei. Šie metodai remiasi elektromagnetinės spinduliuotės, atspindėtos nuo augmenijos, analize, leidžiančia vertinti augalų fiziologinę būklę ir streso požymius. Integruojant nuotolinio stebėjimo duomenis su dirbtinio intelekto algoritmais, galima automatizuoti kenkėjų identifikavimą ir užtikrinti tvaresnę miškų bei augalijos valdymą (Abd El-Ghany ir kt., 2020; Bhattarai ir kt., 2022). Nuotolinio stebėjimo technologijos suteikia galimybę bekontakčiu būdu stebėti didelius plotus ir gauti tikslūs duomenis apie augalų ligų bei kenkėjų pasiskirstymą. Jos leidžia rinkti įvairių tipų informaciją

– spektrinę, šiluminę ir radarinę – atspindinčią augalų fiziologinės būklės pokyčius. Integruojant šiuos duomenis su augalų patologijos teorijomis ir dirbtinio intelekto algoritmais, galima tiksliai identifikuoti ligas, įvertinti infekcijos intensyvumą ir sudaryti pažeidimų žemėlapius. Tokios sistemos užtikrina didelį duomenų aprėpties mastą, greitą analizę bei laiko eilučių stebėjimą, leidžiantį prognozuoti ligų ir kenkėjų plitimą (Alsadik ir kt., 2024; Qurthobi ir kt., 2025).

Dabartinė miškų inventorizacijos ir planavimo sistema, paremta periodiniais lauko matavimais bei ortofotografine analize, vis dar remiasi tradiciniais, iš esmės rankiniais metodais. Tai lemia duomenų atnaujinimo vėlavimą ir ribotą jų panaudojimą operatyviam miškų valdymui. Tyrimai rodo, kad pereinant prie nuolatinės miškų inventorizacijos, integruojant bepiločius orlaivius, nuotolinio stebėjimo sensorius ir dirbtinio intelekto algoritmus, galima reikšmingai pagerinti duomenų tikslumą ir prieinamumą. Tokia sistema leistų realiuoju laiku stebėti miškų sanitarinę būklę, greičiau identifikuoti ligų ar kenkėjų pažeistus plotus ir efektyviau priimti valdymo sprendimus (Papartė ir kt., 2025). Bepiločių orlaivių surenkami duomenys, apdorojami DI sistemomis ir saugomi blokų grandinėse, užtikrina duomenų patikimumą, atsekamumą ir skaidrumą, o tai ypač svarbu vertinant miško sanitarinę būklę bei planuojant apsaugos priemones (Damaševičius ir kt., 2024).

Apibendrinant galima teigti, kad bepiločių orlaivių ir dirbtinio intelekto (DI) technologijų integracija iš esmės keičia miškų sanitarinės būklės vertinimo ir stebėsenos principus. Šių sistemų taikymas leidžia rinkti itin tikslus, aukštos raiškos duomenis realiuoju laiku, automatizuotai analizuoti miškų būklę ir anksti aptikti ligų bei kenkėjų židinius. Tokios technologijos ne tik mažina darbo sąnaudas ir žmogiškųjų klaidų tikimybę, bet ir sudaro sąlygas tvariam, duomenimis grįstam miškų valdymui. Užsienio šalyse, tokiose kaip Vokietija, Suomija, Švedija, Kanada, JAV ir Kinija, šių metodų taikymas jau įrodė savo efektyvumą — nuo miško ligų aptikimo iki kenkėjų plitimo prognozavimo bei ekosistemų stabilumo vertinimo. Lietuvoje šių technologijų demonstravimas ir diegimas padeda pereiti prie modernesnės, nuolatinės miškų inventorizacijos ir stebėsenos sistemos, užtikrinančios greitesnę reagavimą į sanitarinius pažeidimus bei efektyvesnę gamtinių išteklių valdymą. Todėl bepiločių orlaivių ir DI sistemų taikymas miškininkystėje tampa ne tik technologine naujove, bet ir strategine būtinybe siekiant tvaraus, inovacijomis grįsto miškų ūkio, gebančio prisitaikyti prie besikeičiančių klimato ir aplinkos sąlygų.

2. PARODOMOJO BANDYMO TEMA, TIKSLAI IR UŽDAVINIAI

Parodomojo bandymo tema	Bepiločių orlaivių ir dirbtinio intelekto sistemų, skirtų miško sanitarinei būklei vertinti, demonstravimas
Parodomojo bandymo tikslai	Skatinti miškų savininkus taikyti pažangias nuotolines technologijas paremtas bepiločių orlaivių daugiaspektrinėmis kameromis sudarytų vaizdų ir dirbtinio intelekto apmokyto modelio apdorotos informacijos naudojimą miško sanitarinei būklei vertinti.
Parodomojo bandymo uždaviniai	<ul style="list-style-type: none">– parinkti miškų plotus tinkamus bandymų poligonų įrengimui– įrengti parodomuosius bandymų poligonus numatant skraidymo technikos pakilimo ir nusileidimo vietas, nustatyti esamas kliūtis ar draudžiamas fotografuoti teritorijas;– taikant pažangius nuotolinio kartografavimo įrenginius sukaupti duomenis apie miško augmeniją naudojant bepilotę skraidyklę su penkiakanale multispektrine kamera.– atlikti sukauptų duomenų fotogrametrinį apdorojimą bei išskirti probleminius miško naudmenų plotus (pažeistus ligų ar kenkėjų);– atlikti vizualų duomenų įvertinimą lauko būdu bei išskirti probleminius miško naudmenų plotus (pažeistus ligų ar kenkėjų);– turimus duomenis pritaikyti dirbtinio intelekto apmokymui ir vietovės etaloninio modelio, leidžiančio atpažinti ligomis pažeistus miško sklypus, sukūrimui;– dirbtinio intelekto pagalba išskirti probleminius (pažeistus ligų ar kenkėjų) miškų plotus;– naudojant dirbtinio intelekto duomenis sudaryti ligų ar kenkėjų pažeistų miškų plotų duomenų rinkinį dešimtyje parodomųjų bandymų plotų;– pateikti gautų duomenų pritaikymo galimybes naudojant kaip priemonę kurti konkurencingą ir darnų miškų ūkį.

3. PARODOMOJO BANDYMO AKTUALUMAS

Miškų sanitarinės būklės stebėseną Lietuvoje tampa kritiškai svarbi dėl spartėjančio klimato kaitos poveikio, kenkėjų ir ligų plitimo, medynų nudžiūvimo ir ekstremalių reiškinių (sausros, vėjovartos). Esama stebėsenos sistema, paremta periodiniais lauko matavimais, neužtikrina operatyvaus pažeidimų identifikavimo ir reikalauja didelių žmogiškųjų bei finansinių išteklių.

Bepiločių orlaivių ir dirbtinio intelekto technologijų taikymas leidžia anksti aptikti ligų ir kenkėjų židinius, sutrumpinti reagavimo laiką ir padidinti stebėsenos tikslumą nacionaliniu mastu. Šių technologijų demonstravimas ypač aktualus siekiant modernizuoti miškų inventorizaciją, pereiti prie nuolat atnaujinamų duomenų naudojimo ir įgyvendinti teisės aktų (Miškų įstatymo, Geodezijos ir kartografijos įstatymo) nuostatas dėl pažangių nuotolinio stebėjimo metodų taikymo.

Projektas tiesiogiai prisideda prie tvaraus miškų ūkio, rizikų valdymo, ekologinio saugumo stiprinimo ir inovatyvių technologijų diegimo praktikoje.

4. PARODOMOJO BANDYMO METU DEMONSTRUOJAMAS SUKURTAS INOVATYVUS SPRENDINYS (INOVACIJA)

Parodomąjį bandymo metu demonstruojamas inovatyvus sprendinys – integruota bepiločių orlaivių ir dirbtinio intelekto sistema, skirta automatizuotai miškų sanitarinės būklės diagnostikai. Šis sprendinys sujungia pažangias daugiaspektrinių duomenų rinkimo, fotogrametrinio apdorojimo ir dirbtinio intelekto analizės technologijas, leidžiančias tiksliai identifikuoti miško pažeidimus dešimtyje parodomųjų poligonų.

Inovacijos pagrindą sudaro bepiločio orlaivio platforma su penkiakanale multispektrine kamera, kuri leidžia rinkti aukštos raiškos informaciją apie miško augmenijos būklę, įskaitant lapijos sveikatos rodiklius, chlorofilo pokyčius, lapų ploto indeksą ir kitus fiziologinius parametrus. Ši technologija suteikia galimybę vykdyti duomenų rinkimą ir sudėtingose, sunkiai prieinamose vietovėse, kur tradiciniai stebėsenos metodai yra riboti arba neefektyvūs.

Surinkti duomenys apdorojami fotogrametriniais metodais, automatiškai sudarant RGB rastrinius ir trimačius paviršiaus modelius. Remiantis daugiaspektriniais augmenijos indeksais išskiriami galimai pažeisti miško plotai, o jų tikslumui užtikrinti papildomai atliekamas vizualus patikrinimas lauko sąlygomis. Tokia duomenų apdorojimo seka leidžia patikimai identifikuoti fiziologinius medžių pokyčius ir streso zonas.

Parodomajame bandyme taip pat demonstruojamas sukurtas, realiais Lietuvos miškų duomenimis apmokytas dirbtinio intelekto modelis, gebantis atpažinti ligų židinius, kenkėjų pažeistus medžius bei abiotinio streso požymius, tokius kaip sausros, užmirkimo ar vėjų padariniai. Dirbtinio intelekto algoritmas automatizuotai segmentuoja ir klasifikuoja pažeistus plotus, leidžiant greitai ir tiksliai įvertinti didelius miško masyvus ir sumažinti žmoniškųjų klaidų riziką.

Integravus bepiločių orlaivių ir dirbtinio intelekto analizės rezultatus, sudaromi išsamūs probleminių miško plotų žemėlapiai, kurių pagrindu rengiami duomenų rinkiniai sanitarinių kirtimų planavimui, prevencinių priemonių taikymui ir ilgalaikių ligų bei kenkėjų monitoringo sistemų kūrimui. Šis inovatyvus sprendinys parodo, kaip pažangios technologijos gali būti praktiškai taikomos kuriant tvarią, efektyvią ir duomenimis grįstą miškų valdymo sistemą.

5. PARODOMOJO BANDYMO ATLIKIMO TECHNOLOGIJA (APRAŠYMAS)

Parodomasis bandymas bus vykdomas Valstybinės miškų tarnybos nustatytuose padidintos rizikos miško regionuose. Atsižvelgiant į sanitarinių pažeidimų mastą ir lokalią riziką, iš šių teritorijų bus atrinkta dešimt miško valdų. Kiekvienoje jų bus parenkamas vienas 15–20 ha pavyzdinis poligonas, kuriame bus atliekamas demonstracinis duomenų rinkimas.

Prieš skrydžius bus atlikta pirminė miško teritorijų analizė, naudojant ortofotografinius vaizdus ir Valstybinės miškų tarnybos rizikos duomenis. Ši analizė leis suplanuoti skrydžio trajektoriją, įvertinti tikėtinus sanitarinių pažeidimų plotus ir pasirinkti labiausiai informatyvias vietas duomenims rinkti.

Kiekviename poligone bus atliekamas vienas bepiločio orlaivio skrydis virš miško lajos, naudojant multispektrinę kamerą, kuri registruoja penkių spektrinių ruožų informaciją ir RGB kamerą. Multispektrinių kamerų galimybės leidžia tiksliai įvertinti medžių fiziologinę būklę. Mėlyno spektro registravimas padeda aptikti ankstyvus chloroformo mažėjimo požymius, lajos pigmentacijos pokyčius, geltonavimo pradžią ir kitus streso indikatorius. Artimojo infraraudonojo diapazono kanalai atskleidžia fotosintezės intensyvumo ir sveikatos pokyčius. Žalio ir raudono spektro duomenys leidžia vertinti lajos tankį, struktūrą ir spyglių / lapų praradimą. Multispektrinių kombinacijų indeksai leidžia atskirti sveiką, pažeistą ir džiūstančią augmeniją net ankstyvoje stadijoje. Dėl savo spektrinio jautrumo šios kameros gali aptikti medžių ligų židinius, kenkėjų veiklos požymius, sausros sukeltą stresą, užmirkimo pasekmes, spyglių rudavimo procesą bei pavienius ar grupinius džiūstančius medžius, kurie dažnai nematomi plika akimi arba standartiniuose RGB ortofotovaizduose.

Surinkti duomenys bus apdorojami fotogrametriniais metodais: sudaroma rastrinis, miško paviršiaus modelis ir skaičiuojami vegetacijos indeksai, tokie kaip NDVI, NDRE ir BNDVI. Šie rodikliai leis identifikuoti galimai pažeistas zonas visame pavyzdiniame plote.

Apdorota informacija bus perduodama dirbtinio intelekto sistemoms, kurios automatiškai nustatys medžių sanitarinę būklę ir atliks viso poligono klasifikaciją pagal

pažeidimo požymius. Dirbtinio intelekto taikymas leis objektyviai ir greitai įvertinti visą teritoriją ir sumažinti žmogiško vertinimo subjektyvumą.

Po analitinio apdorojimo kiekviename poligone bus atlikta vienkartinė lauko patikra. Ji bus orientuota į pagrindinių pažeidimų zonų vizualinį įvertinimą, siekiant patvirtinti identifikuotas tendencijas.

Baigus analizę, kiekvienam poligonui bus parengtas vienas sumodeliuotas sanitarinės būklės žemėlapis. Žemėlapyje bus aiškiai išskiriamos sveikos, pažeistos ir žuvusios medžių grupės bei rizikos zonos, o rezultatai bus skirti praktiniams miško apsaugos ir stebėsenos sprendimams priimti.

6. PARODOMOJO BANDYMO NUMATOMAS REZULTATAS

Kiekvienam iš dešimties pavyzdinių miško poligonų parengti sanitarinės būklės žemėlapiai, sudaryti naudojant bepiločių orlaivių (skraidyklių) surinktus multispektrinius, duomenis ir dirbtinio intelekto atliktą analizę. Žemėlapiuose bus aiškiai išskirtos sveikos, pažeistos ir žuvusios medžių grupės bei rizikos zonos.

Parodomojo bandymo metu bus demonstruojama, kaip skraidyklėmis surinkta informacija ir dirbtinio intelekto metodais apdoroti duomenys gali būti praktiškai taikomi miškų sanitarinės būklės stebėsenai. Pagrindinis rezultatas – sumodeliuotas sanitarinės būklės žemėlapis, skirtas miškų apsaugai ir operatyvesniam sprendimų priėmimui. Šio bandymo rezultatai taip pat sudarys pagrindą ateityje diegti pažangesnes nuotolinio stebėjimo ir duomenų analizės technologijas miškų valdyme, prisidedant prie tvaresnės ir efektyvesnės miškų stebėsenos sistemos kūrimo.

7. PARODOMOJO BANDYMO ATITIKIMAS TAISYKLIŲ 22.2.1 PUNKTO NUOSTATOMS

Parodomasis bandymas visiškai atitinka Taisyklių 22.2.1 punkto nuostatas, nes įgyvendinamas miškų ūkio srityje ir prisideda prie Bendrosios žemės ūkio politikos (BŽŪP) tikslų, nustatytų Reglamento (ES) 2021/2115 6 straipsnyje. Projektas orientuotas į klimato kaitos švelninimą ir prisitaikymą, tvarų gamtos išteklių naudojimą, biologinės įvairovės ir ekosistemų apsaugą, duomenimis grįstą valdymą, inovacijų taikymą ir skaitmeninimo pažangą miškų ūkio sektoriuje.

Projektas Projektų inovatyvumo vertinimo metodikos 1 priede nurodytus kriterijaus „Skaitmeninimas“ požymius. Parodomojo bandymo metu bus naudojamos skaitmeninės

technologijos miško duomenims rinkti, apdoroti ir analizuoti: bepiločiais orlaiviais bus renkami multispektriniai, duomenys, skaitmeniniai vaizdai; šie duomenys bus apdorojami fotogrametriniais metodais ir vegetacijos indeksų analize, o pažeidimų identifikavimas bus atliekamas naudojant automatizuotus dirbtinio intelekto metodus. Galutinis rezultatas – skaitmeninis miško sanitarinės būklės žemėlapis, kuriame automatiškai išskiriamos pažeistos teritorijos, – atitinka skaitmeninių rezultatų pateikimo ir procesų skaitmenizavimo požymius. Todėl projekto veiklos atitinka Metodikos reikalavimą, kad skaitmeninimas būtų susietas su skaitmeninių technologijų naudojimu duomenų rinkimui, apdorojimui, automatizavimui ir rezultatų pateikimui.

Projektas taip pat visiškai atitinka 2025 m. Parodomųjų projektų prioritetinių temų sąrašą, patvirtintą 2025 m. birželio 2 d. protokolu Nr. 8D-179 (5.50 E). Sąrašo prioritetinė tema „Bepiločių orlaivių ir dirbtinio intelekto sistemų, skirtų miško sanitarinei būklei vertinti, demonstravimas“ tiesiogiai sutampa su projekto veiklomis ir tikslais.

Parodomasis bandymas atitinka Valstybinės miškų tarnybos nustatytus poreikius ir suteiks miškininkams bei miškų savininkams praktinį, duomenimis grįstą pavyzdį, kaip šiuolaikinės skaitmeninės technologijos gali būti taikomos miškų sanitarinės būklės stebėsenai ir tvaresniam miškų valdymui.

8. PARODOMOJO BANDYMO ATITIKIMAS TAISYKLIŲ 22.2.2 PUNKTO NUOSTATOMS

Parodomasis bandymas (projektas) nedubliuojamas su kitais projektais, vykdytais pagal Lietuvos kaimo plėtros 2007–2013 metų programos priemonės „Profesinio mokymo ir informavimo veikla“ veiklos sritį „Žemės ir miškų ūkio veiklos ir žemės ūkio produktų perdirbimo ūkyje mokslo žinių ir inovacinės praktikos sklaida“, 2014–2020 metų programos priemonės „Žinių perdavimas ir informavimo veikla“ veiklos sritį „Parama parodomiesiems projektams ir informavimo veiklai“, Lietuvos kaimo plėtros 2014–2020 metų programos priemonės „Bendradarbiavimas“ veiklos sritį „Parama EIP veiklos grupėms kurti ir jų veiklai vystyti“, Lietuvos žemės ūkio ir kaimo plėtros 2023–2027 metų strateginio plano intervencinę priemonę „Europos inovacijų partnerystės žemės ūkio našumo ir tvarumo srityje“, ir nedubliuojamas pagal šią intervencinę priemonę.

Nacionalinės mokėjimo agentūros ir Žemės ūkio ministerijos skelbiamuose įgyvendintų projektų sąrašuose nėra nė vieno projekto, kuriame būtų demonstruotas bepiločių

orlaivių ir dirbtinio intelekto taikymas miškų sanitarinės būklės vertinimui, todėl šis projektas yra unikalus, nedubliuojantis ir neatkartojantis anksčiau įgyvendintų veiklų.

9. NAUDOTOS LITERATŪROS ŠALTINIAI

1. Abd El-Ghany NM, Abd El-Aziz SE, Marei SS. 2020. A review: Application of remote sensing as a promising strategy for insect pests and diseases management. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(27), 33503-33515. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09517-2>
2. Alsadik, B., Ellsäßer, F. J., Awawdeh, M., Al-Rawabdeh, A., Almahasneh, L., Oude Elberink, S., Abuhamoor, D., & Al Asmar, Y. 2024. Remote Sensing Technologies Using UAVs for Pest and Disease Monitoring: A Review Centered on Date Palm Trees. *Remote Sensing*, 16(23), 4371. <https://doi.org/10.3390/rs16234371>
3. Bhattarai R, Rahimzadeh-Bajgiran P, Weiskittel A. 2022. Multi-source mapping of forest susceptibility to spruce budworm defoliation based on stand age and composition across a complex landscape in Maine, USA. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 48(6), 873-893. <https://doi.org/10.1080/07038992.2022.2145460>
4. Damaševičius, R., Mozgeris, G., Kurti, A., & Maskeliūnas, R. 2024. Digital transformation of the future of forestry: an exploration of key concepts in the principles behind Forest 4.0. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7, 1424327. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1424327>
5. Ecke S, Dempewolf J, Frey J, Schwaller A, Endres E, Klemmt H-J, Tiede D, Seifert T. UAV-Based Forest Health Monitoring: A Systematic Review. *Remote Sensing*. 2022; 14(13):3205. <https://doi.org/10.3390/rs14133205>
6. Foster A, Rahimzadeh-Bajgiran P, Daigneault A, Weiskittel A 2024. Cost-effectiveness of remote sensing technology for spruce budworm monitoring in Maine, USA. *For. Monit.* 1(1): 66-98. <https://doi.org/10.62320/fm.v1.i1.14>
7. Guo, J., Lai, Y., Zhang, J., Zheng, J., Fu, H., Gan, L., ... & Che, X. 2024. C³DA: A Universal Domain Adaptation Method for Scene Classification From Remote Sensing Imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 21, 1-5. DOI: [10.1109/LGRS.2024.3383061](https://doi.org/10.1109/LGRS.2024.3383061)
8. Yu, N., Ren, H., Deng, T., & Fan, X. 2022. Stepwise locating bidirectional pyramid network for object detection in remote sensing imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 20, 1-5. DOI: [10.1109/LGRS.2022.3223470](https://doi.org/10.1109/LGRS.2022.3223470)
9. Li, X., Wang, A. Forest pest monitoring and early warning using UAV remote sensing and computer vision techniques. *Sci Rep* 15, 401 2025. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84464-3>
10. Lietuvos Respublikos geodezijos ir kartografijos įstatymas. 2022. Lietuvos Respublikos įstatymas Nr. XIV-1340. TAR, 2022-01-25, Nr. 2022-01362. <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.1C1792EAB6C4>

11. Lietuvos Respublikos miškų įstatymas. 1994. Lietuvos Respublikos įstatymas Nr. I-671. TAR, 1994-11-22, Nr. 93-1834. <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.ED0E75E3A0F4>
12. Liu, J. C., Wang, H. M., He, Y. Q., Wang, M. H., Li, G. C., Yu, D., ... & Feng, Z. 2024. Application and challenges of UAV-based technology in precision forestry. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 40(5), 14-24. DOI: [10.11975/j.issn.1002-6819.202312131](https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.202312131)
13. Papartė, M., Bikuvienė, I., & Mozgeris, G. 2025. Evolution of forest inventory and management planning system in Lithuania. *Baltic Forestry*, 31(1), id789-id789.
14. Qin, T., & Zhao, Q. 2025. Multi-branch and multi-label tree species classification using deep learning for UAV aerial photography and Sentinel remote sensing images. *Scientific Reports*, 15(1), 32710. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-19827-5>
15. Qurthobi, A., Damasevicius, R., Barzdaitis, V., & Maskeliunas, R. 2025. Robust Forest Sound Classification Using Pareto-Mordukhovich Optimized MFCC in Environmental Monitoring. *IEEE Access*. DOI: [10.1109/ACCESS.2025.3535796](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3535796)
16. Savinelli, B., Tagliabue, G., Vignali, L., Garzonio, R., Gentili, R., Panigada, C., & Rossini, M. 2024. Integrating Drone-Based LiDAR and Multispectral Data for Tree Monitoring. *Drones*, 8(12), 744. <https://doi.org/10.3390/drones8120744>
17. Zhang, J., Cong, S., Zhang, G., Ma, Y., Zhang, Y., & Huang, J. 2022. Detecting Pest-Infested Forest Damage through Multispectral Satellite Imagery and Improved UNet++. *Sensors*, 22(19), 7440. <https://doi.org/10.3390/s22197440>

VIENO PARODOMOJO BANDYMO RODIKLIAI

Parodomojo bandymo etapas	Išlaidų kategorija	Mato vnt.	Kiekis
1. Pasirengimas bandymui	1.1. Bandymo poligonų įvertinimo ir parinkimo paslauga	vnt.	1
2. Bandymo eiga	2.1. Bepilotė skraidyklė su RGB kamera nuoma su operatoriumi	vnt.	1
	2.2. Bepilotė skraidyklė su multispektrine kamera nuoma su operatoriumi	vnt.	1
	2.3. Bepilotė skraidyklė su RGB kamera transportavimo į vietą paslauga	vnt.	1
	2.4. Bepilotė skraidyklė su multispektrine kamera transportavimo į vietą paslauga	vnt.	1
	2.5. Lauko patikra (židinių palyginimas su surinktais duomenimis)	vnt.	1
	2.6. Surinktų duomenų fotogrametrinis apdorojimas	vnt.	1
	2.7. Vegetacijos indeksų (NDVI, GNDVI, BNDVI) skaičiavimas ir vizualizacija.	vnt.	1
	2.8. Dirbtinio intelekto apmokymas ir analizė	vnt.	1
	2.9. Sanitarinės būklės žemėlapių sudarymas	vnt.	1
	2.10. Duomenų aprašymas ir rezultatų ataskaitos parengimas	vnt.	1
3. Rezultatų vertinimas	3.1. Bandymo vykdymo ataskaitos parengimas	vnt.	1