

Laukinių žvėrių padarytos žalos žemės ūkio pasėliams vertinimas skirtingais metodais

Renata Špinkytė-Bačkaitienė,

Povilas Bukevičius,

Kastytis Šimkevičius,

Artūras Kibiša,

Gediminas Brazaitis,

Jolanta Stankevičiūtė

Vytauto Didžiojo universitetas,

K. Donelaičio g. 58,

44248, Kaunas

El. paštas: renata.spinkyte-backaitiene@vdu.lt;

kastytis.simkevicius@vdu.lt;

arturas.kibisa@vdu.lt;

gediminas.brazaitis@vdu.lt

Straipsnyje pateikiami eksperimentinių tyrimų metu taikytų skirtingų vertinimo metodų (matavimų vietoje ir nuotolinių, pasitelkiant bepiločius orlaivius, didelės raiškos palydovų nuotraukas) studija. Išanalizuota sukaupta praktinė patirtis, taikant skirtingus medžiojamųjų gyvūnų pakenkto ploto ir padarytos žalos žemės ūkio pasėliams dydžio įvertinimo metodus. Nustatyta, kad laukinių žvėrių padarytai žalai nustatyti tinkamiausias apskaitos aikštelių išdėstymas yra sistemingas, tolygiai padengiantis visą tiriamą plotą. Apskaičiuoto laukinių žvėrių padarytos žalos dydžio paklaida svyravo $\pm 3,8$ %, kai apskaitos aikštelėmis buvo sistemingai padengta 0,2 % viso tiriamo lauko ploto; apskaitos aikštelėmis padengus 0,3 % lauko, žalos dydžio paklaida buvo $\pm 2,1$ %, matavimų vietoje dirbant trijų vertintojų komandai. 10 apskaitos aikštelių įvertinimas užtruko 33–40 min. Pasėlio vertinimo darbai, atliekami bepiločiu orlaiviu, atliekami greičiau (10 ha laukas nufotografuojamas per 20 min., gautų nuotraukų apdorojimas ir analizė užtrunka dar apie 40 min.), orlaiviui valdyti ir gautoms nuotraukoms apdoroti ir išanalizuoti reikalingas tik vienas specialistas; esant tinkamoms sąlygoms, nustatomas tikslus pažeidimo procentas. Didelės raiškos „Sentinel“ misijų palydovinės nuotraukos nėra tinkamos žemės ūkio pasėliuose laukinių gyvūnų padarytam pažeidimo dydžiui nustatyti.

Raktažodžiai: laukiniai žvėrys, žala, bepilotis orlaivis, matavimai vietoje, didelės raiškos nuotraukos

ĮVADAS

Pastarąjį dešimtmetį Europos šalyse padaugėjo atvejų, kai išaugus laukinių kanopinių gyvūnų populiacijai padaroma reikšminga žala miškų ir žemės ūkio sektoriuose (Amici et al., 2012; Ficevola et al., 2014). Daugelio laukinių gyvūnų populiacijų gerovė priklauso nuo jų gebėjimo prisitaikyti ir sugyventi su žmonių populiacija (Carter, Linell, 2016). Konfliktų, kylančių tarp žmogaus ir laukinių gyvūnų, sprendimas tampa pagrindiniu laukinių gyvūnų apsauga besirūpinančių specialis-

tų iššūkiu (Treves et al., 2006). Laukiniai gyvūnai, užimantys savo natūralias buveines, tampa konflikto priežastimi, nes žmonės baiminasi dėl savo saugumo, galimos žalos žemės ūkio pasėliams, gyvuliams, statiniams, infrastruktūroms, sodams, automobiliams ir kt. (Trouwborst, 2010). Stambiųjų medžiojamųjų gyvūnų (tauriųjų elnių, stirnų, šernų) išaugusios populiacijos neša naudą medžiotojams, tačiau žemės savininkai patiria nuostolių. Žemės ūkio pasėliuose laukiniai gyvūnai dažniausiai suėda, išlaužo, išknisa ir sutrypia augalus, taip padarydami didelę žalą (Schley, Roper, 2003). Tai

gali būti efektyviai mažinama tik ribojant gyvūnų populiaciją (Geisser, Reyer, 2004). Išaugus žalos mastams žemės ūkio pasėliuose, kyla konfliktai tarp ploto valdytojo ir medžiotojų (Rakotoarison et al., 2009; Abildtrup, Jensen, 2014).

Objektyvus laukinių gyvūnų padarytos žalos žemės ūkio pasėliams įvertinimas yra sudėtingas ir daug darbo reikalaujantis uždavinys (*Klassifikation und...*, 2014; Nagelschmitz, 2001). Šiuo metu Medžiojamųjų gyvūnų padarytos žalos žemės ūkio pasėliams, ūkiniams gyvūnams ir miškui apskaičiavimo metodikoje, patvirtintoje LR žemės ūkio ministro ir LR aplinkos ministro 2002 m. rugsėjo 23 d. įsakymu Nr. 486/359 „Dėl Medžiojamųjų gyvūnų padarytos žalos žemės ūkio pasėliams, ūkiniams gyvūnams ir miškui apskaičiavimo metodikos“, pateiktas minimos žalos žemės ūkio pasėliams nustatymas kelia daug klausimų. Nėra įvardyta, kaip ir kokios priemonės turėtų būti naudojamos nustatant pažeisto ploto dydį ir pakenkimo intensyvumą. Savivaldybių žemės ūkio specialistai, įvertindami medžiojamųjų gyvūnų pažeistų pasėlių plotą ir žalos dydį, susiduria su sunkumais. Būna atvejų, kai savivaldybių sudarytų komisijų atstovai, pažeistų pasėlių ploto valdytojai ir medžioklės plotų naudotojų atstovai nesusitaria dėl nustatyto pažeisto ploto ir apskaičiuotos žalos dydžio, dėl ko kyla teisminiai procesai.

Darbo tikslas – palyginti laukinių žvėrių padarytos žalos žemės ūkio pasėliams vertinimo skirtingais metodais (matavimų vietoje, naudojant bepilotį orlaivį ir analizuojant didelės raiškos palydovais daromas nuotraukas) galimybes.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Skirtingų vertinimo metodų (matavimų vietoje ir nuotolinių, pasitelkiant bepiločius orlaivius, didelės raiškos palydovų nuotraukas) bandymai atlikti javų, runkelių, pupinių augalų, kukurūzų laukuose, kultūrinėse pievose ir ganyklose. Medžiojamųjų gyvūnų pažeisto žemės ūkio pasėlių ploto ir žalos dydžiui apskaičiuoti išbandyti šie metodai: matavimai vietoje (1), naudotas bepilotis orlaivis (2), analizuotos didelės raiškos palydovais darytos nuotraukos (3).

Matavimai vietoje. Javų ir pupinių augalų laukuose, kultūrinėse pievose ir ganyklose buvo numatomos 1 m² ploto tyrimo aikštelės. Cukrinių

runkelių ir kukurūzų laukuose tyrimo aikštelės buvo sutapdinamos su tiriamų augalų dviem eilėmis, kurių ilgis imamas toks, kad dvi eilės su tarpueiliais sudarytų 10 m² plotą.

Tyrimo aikštelės pasėliuose buvo išdėstomos sistemingai, siekiant tolygiai padengti visą tiriamą lauką. Tokiu būdu apskaita buvo atliekama vienodais atstumais nutolusiose tyrimo aikštelėse, į kurias patekdavo ir žvėrių pažeisti, ir nepažeisti plotai. Taip išdėstyti vietas lengviau, o pats procesas mažiau priklauso nuo tyrėjo subjektyvumo, nei išdėstant atsitiktine tvarka. Tereikia atsitiktiniu būdu parinkti pirmosios aikštelės vietą, o likusias išdėstyti vienodu atstumu tiesėje ar gardele (Balčiauskas, 2004). Tyrimo aikštelėms sistemingai išdėstyti ir aikštelės tiksliai vietai pasėlyje surasti naudotos QGIS ir QField programos. Tam, kad būtų nustatytas pažeidimo dydis, tyrimo aikštelėse buvo skaičiuojami visi sveiki ir pažeisti augalai. Atliekant tokius kruopščius skaičiavimus buvo labai tiksliai įvertintas pažeidimas.

Modeliuota, kokį pasėlio pažeidimo procentą teoriškai galima gauti, jei keičiama tyrimo aikštelėmis padengta lauko dalis (lauko padengimas buvo keičiamas 0,01–10 %, iš viso imta 11 variantų). Kiekvienu atveju buvo imta po 16 atsitiktinai išdėstytų apskaitos aikštelių, aikštelėms atrinkti naudota kompiuterinė programa.

Naudotas bepilotis orlaivis. Žemės ūkio pasėliams padarytos žalos įvertinimo metodas, naudojant bepilotį orlaivį, pagrįstas vertinamosios teritorijos fotografavimu ir gautų ortofoto planų analize. Tyrimuose buvo naudotas bepilotis orlaivis DJI Phantom 4 Pro su 20 MP kamera. Atliekant tyrimą virš žemės ūkio naudmenų ploto, 50 m aukštyje, buvo suprojektuojamas bepiločio orlaivio maršrutas, kuriuo skrendant ištiesai buvo fotografuojamas vertinamasis plotas. Fotografavimas buvo atliekamas vertikaliai žemyn. 1 ha vidutiniškai padaroma 110 nuotraukų (1 kadras / 2 sek.). Nuotraukų persidengimas – 60 %.

Iš gautų nuotraukų buvo parengti ortofoto planai, naudojant programą Pix4D Field 1.1.0. Ortofoto planai analizuoti su ArcMap 10.2. programa. Ortofoto plano spalvos sugrupuotos ir suklasifikuotos naudojant erdvinės analizės įrankį (Spatial Analyst Tools) „Recalssify“. Ortofoto plano atspalviai suklasifikuoti į 10 skirtingų grupių. Kiekvienam atspalviui priskiriamas pažeidimo laipsnis: sveiki, silpnai pažeisti, stipriai pažeisti ir žuvę

pasėliai. Septynių atspalvių grupės priskiriamos sveikiems pasėliams, nes augalai gali būti skirtingai apšviesti, sudaryti šešėlius, matyti augalų tarpuose esanti dirva ar panašiai; likusios trys atspalvių grupės priskiriamos: silpnai pažeistiems, stipriai pažeistiems ir žuvusiems pasėliams. Rastrinis ortofoto plano paveikslas paverčiamas į vektorinį GIS sluoksnį (*Converts a raster dataset to polygon features*) ir apskaičiuojami atskirų atspalvių plotai. Atliekant nuotraukų analizę yra galimybė neįtraukti į žvėrių padarytų pažeidimų apskaitą tas pasėlių dalis, kuriose pasėlis išretėjęs ar žuvęs dėl meteorologinių reiškinių, pavyzdžiui, dirvos užmirkimo, susidariusios plutos ar kitų priežasčių. Nustatytą žvėrių padarytų pažeidimų intensyvumo procentą padauginus iš pažeisto ploto, gaunamas bendras pasėlio pažeidimo įvertinimas. Duomenų analizei taikytas autokoreliacijos erdvėje statistinės analizės metodas. Atlikta vietinė klasterių analizė, kuri ieško erdvinių objektų klasterių vietiniu lygmeniu su reikšmingomis vietinėmis Morano I reikšmėmis. Pirmiausia apskaičiuojama vietinė Morano I ir susijusi Z statistika (Ord, Getis, 1995, Mitchell, 2005, *Erdvinė analizė...*, 2008).

Analizuotos didelės raiškos palydovais daromos nuotraukos. „Copernicus“ atvirosios prieigos duomenų bazė (<https://sentinels.copernicus.eu>; anksčiau žinoma kaip Sentinel mokslinių duomenų bazė) suteikia nemokamą prieigą prie Sentinel-1, Sentinel-2 ir Sentinel-3 misijų palydovinių duomenų.

Iš minėtos duomenų bazės buvo tikslingai atrinktos konkrečios vietovės ir konkretaus laiko didelės raiškos palydovais daromos nuotraukos iš Sentinel-1, Sentinel-2 ir Sentinel-3 misijų, kad būtų galima jas sulyginti su internetinėje svetainėje (<http://www.maps.lt/map/>) pateikiamomis ir su bepiločiu orlaiviu darytomis nuotraukomis.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Aikštelių išdėstymas

Nustatant laukinių žvėrių padarytą žalą tiesioginių matavimų metodu apskaitos aikštelėse, labai svarbus yra aikštelių išdėstymo principas. Praktika parodė, kad žvėrių padaryti pažeidimai pasėliuose yra išsidėstę netolygiai, todėl stovint prie pasėlio labai keblu nuspėti, kur bus pažeidimų koncentracija, kur jų bus mažai ar visai nebus. Lauko tyrimai parodė, kad esant tokiai situacijai labai padeda be-

pilotis orlaivis. Juo apskridus lauką galima lengvai, greitai ir tiksliai nustatyti žvėrių pažeistas vietas, įvertinti, ar apskritai lauke yra pažeidimų. Buvo atvejų (15,4 %), kai ūkininkas manė, kad jo lauke bus žvėrių padarytos žalos, o nuvykus į vietą pasėlyje buvo aptiktos tik kelios brydės.

Laukinių žvėrių padaryti pažeidimai dažniau (62,5 %) koncentruojasi teritorijose, esančiose arčiau miško. Tačiau būna atvejų, kai pažeidimai nustatomi ne prie miško, o lauko krašte, kuris ribojosi su auginamais žvėrimis patraukliais pasėliais (12,5 %).

Tyrimai parodė, kad pažeidimai išsidėstę grupėmis. Pažeidimų išsidėstymo analizė buvo atliekama su Global Moran's I. Gautas Z balas (standartinis nuokrypis) parodė, kad tikimybė, jog išsidėstymas grupėmis yra tik sutapimas, yra mažesnė nei 1 % ($p = 0,000$).

Dažnai pažeidimai (tiek mažesnio, tiek didesnio ploto) buvo išsidėstę visame lauke, sunkiai iš anksto nuspėjamuose ir surandamuose ploteliuose.

Apskaičiuota, kad žalos dydžiui nustatyti netinka apskaitos aikšteles išdėstyti per lauką su projektuotose dviejose ilgiausiose susikertančiose įstrižainėse, nes apskaitos rezultatas neatspindės realios padėties. Analizuotos situacijos atveju, visame lauke (13,1 ha) nustatytas pasėlio pažeidimas siekė 11,5 %, o pažeidimą apskaičiavus tik įstrižainėse (abiejų įstrižainių ilgis buvo 880 m) gauta 21,5 %. Šiuo atveju 0,67 % lauko buvo padengta apskaitos aikštelėmis, esančiomis įstrižainėse, tačiau tyrimas parodė, kad apskaitos aikšteles išdėstius neteisingai, gaunamas klaidingas rezultatas.

Netinka per lauką vaikščioti „zigzago“ principu, nes yra didelė grėsmė vietą apskaitos aikštelei pasirinkti neatsitiktinai ir pažeidimo procentą nustatyti subjektyviai.

Visi išvardyti atvejai rodo, kad pažeidimo dydžiui nustatyti apskaitos aikšteles būtina išdėstyti visame tiriamame pasėlyje. Tinkamiausias apskaitos aikštelių išdėstymas yra sistemingas, tolygiai padengiant visą tiriamą plotą. Prieš pradedant matavimus apskaičiuojama, kiek konkrečiame tiriamame lauke pagal plotą reikės apskaitos aikštelių ir koku atstumu jos bus išdėstomos. Tada einama per lauką iš anksto numatytu maršrutu ir tyrimo aikštelė nustatoma priėjus iš anksto apskaičiuotą tašką – nebelineka galimybės matuotojui parinkti vietą aikštelei „ten, kur atrodo geriau“. Apskaitos rezultatas tampa objektyvus.

Tačiau toks metodas turi ir trūkumų, nes taip vertinant žmonių padaryta žala gali viršyti žvėrių padarytą žalą. Be to, tai neracionalu, jei žala padaryta tik dalyje lauko.

Aikštelių skaičius

Atliekant tikslią viso pasirinkto lauko apskaitą buvo nustatyta, kad pievos pažeidimas siekia 7,11 %. Dalies pievos padengimo tyrimo aikštelėmis analizė atskleidė, kad siekiant, jog pažeidimo paklaida būtų ne didesnė nei ± 4 %, reikia, kad apskaitos aikštelės padengtų bent 0,2–0,3 % viso tiriamo lauko ploto (1 lentelė). Tai reiškia, kad 1 ha ploto pasėlių rekomenduojama sistemingai padengti tyrimo aikštelėmis, kurių bendra plotų suma būtų 20–30 m². Deja, tokio masto darbai būtų sunkiai įgyvendinami, jei pažeidimo dydį reikėtų nustatinti dideliuose pasėlių plotuose.

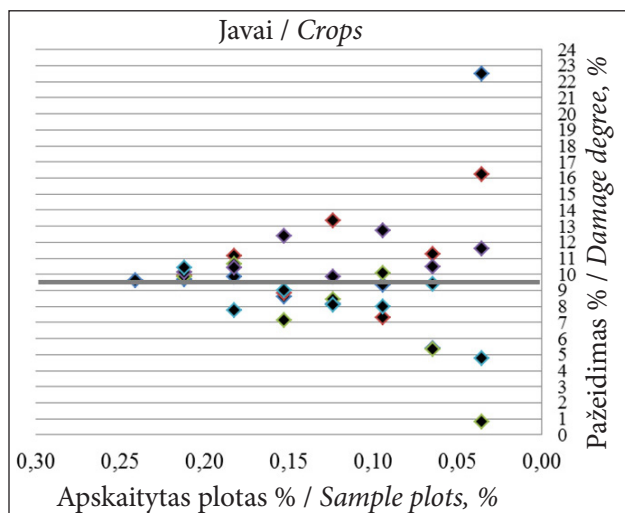
1,7 ha ploto kviečių lauke sistemingai buvo numatomos 1 m² dydžio tyrimo aikštelės. Tyrimo aikštelės padengė 0,25 % lauko. Paaikškėjo, kad lauko pažeidimas siekia 9,6 %. Bandant atsitiktiniu būdu atrinkti dalį lauko darbų metu išmatuotų aikštelių, apskaičiuota, kad analizuojamame lauke apskaitos aikštelėmis padengiamą plotą būtų galima mažinti iki 0,1 % lauko ploto. Padengimo plotui esant 0,1 %, pažeidimo procento absoliutinė paklaida svyravo ± 3 % (1 pav.).

Pupų pasėlyje tyrimo aikštelės buvo sistemingai išdėstytos 1,3 ha plote; tiriamas plotas padengtas 0,45 %. Pažeistas laukas siekė 13,3 % (2 pav.). Mažinant lauko padengimą tyrimo aikštelėmis, jau 0,25 % apskaitos plote pasitaikė atvejis, kai pažeidimas buvo 3,2 % mažesnis už tikrąjį, o 0,2 % apskaitos plote – mažesnis už tikrąjį net 9,1 %.

1 lentelė. Apskaičiuoto pažeidimo dydžio (%) priklausomybė nuo tyrimo aikštelėmis padengtos pievos dalies (%)

Table 1. Dependence of the calculated damage size (%) on the grassland covered by sample plots (%)

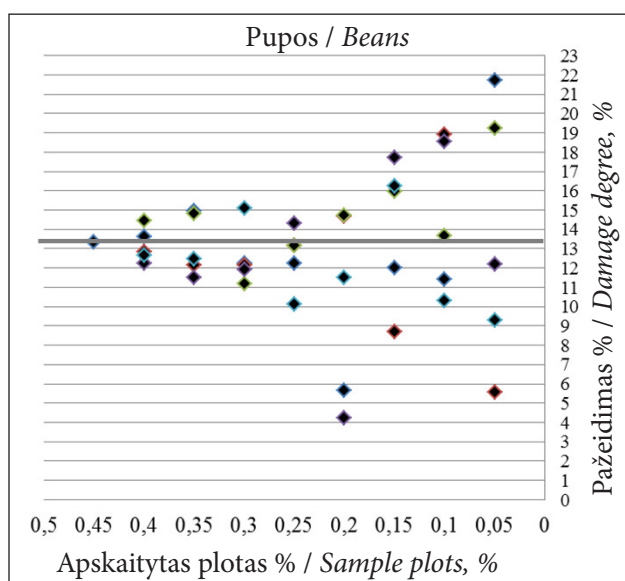
Tyrimo aikštelėmis (1 m ²) padengta pasėlio dalis % Part of the field covered by sample plots (1 m ²), %	Pažeidimo dydis, nustatytas apskaitos aikštelių (1 m ²) išdėstymą parenkant atsitiktinai %. Tyrimo pakartojimai The damage size determined by randomly selected layout of sample plots (1 m ²), %. Study repeats																Pažeidimo dydis % The damage size, %		Absoliutinė paklaida % Absolute error, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Min	Max	
10	7,0	7,3	6,9	7,2	7,4	7,1	7,0	6,9	6,6	6,9	7,6	6,8	7,0	6,8	7,4	6,6	6,6	7,6	±0,5
5	6,6	7,3	8,0	6,8	6,9	6,8	7,8	6,8	7,7	7,1	6,1	7,1	7,9	7,6	7,6	7,3	6,1	8,0	±0,9
3	7,0	6,5	7,1	6,7	7,4	7,6	8,2	7,4	6,9	6,5	6,6	6,8	6,9	6,9	7,7	6,7	6,5	8,2	±0,9
1	6,5	7,8	8,8	7,7	7,8	7,8	7,0	6,5	6,9	6,5	7,7	9,5	9,3	6,5	7,4	7,2	6,5	9,5	±1,5
0,5	5,3	8,2	8,2	5,7	5,2	5,3	7,0	9,3	6,0	10,4	7,8	6,8	5,9	7,9	7,3	6,8	5,2	10,4	±2,6
0,4	7,2	4,7	4,5	5,6	8,2	5,5	7,8	8,9	5,6	4,5	6,7	7,2	5,5	6,1	8,1	5,8	4,5	8,9	±2,2
0,3	4,8	5,5	6,0	6,1	5,6	4,5	5,4	8,6	7,6	7,4	5,8	6,1	6,8	6,7	5,7	8,8	4,5	8,8	±2,1
0,2	7,8	6,2	6,3	8,5	4,3	6,0	11,9	6,1	7,9	8,1	5,7	4,5	7,3	8,1	9,4	4,7	4,3	11,9	±3,8
0,1	12,2	9,8	4,3	6,1	10,6	5,5	9,4	5,4	4,2	5,2	5,5	14,0	7,2	9,0	9,6	10,6	4,2	14,0	±4,9
0,05	7,9	11,7	22,2	3,5	4,8	11,1	7,9	6,5	1,6	3,3	2,9	13,2	6,2	5,8	7,6	5,5	1,6	22,2	±10,3
0,01	1,4	2,9	1,6	1,1	1,1	6,1	26,2	3,2	12,5	3,8	22,6	3,6	3,2	0,5	4,2	0,5	0,5	26,2	±12,9



1 pav. Apskaitos aikštelėmis padengiamo ploto įtaka pažeidimo nustatymo tikslumui kviečių lauke

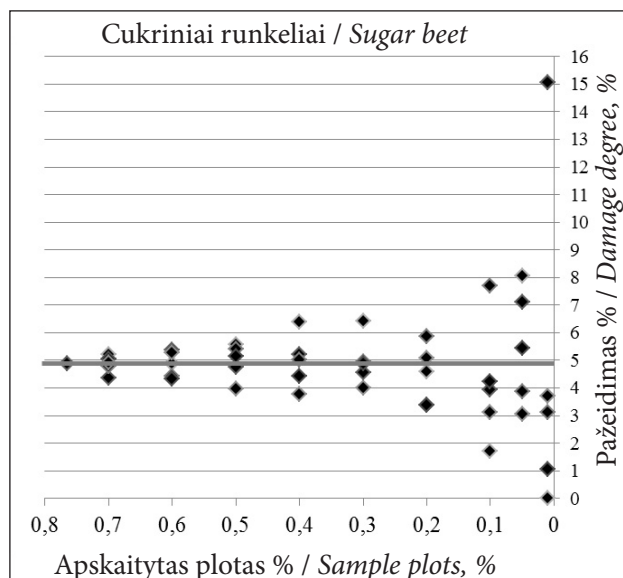
Fig. 1. Influence of the area covered by sample plots on the accuracy of determination of the damage degree in crops

Skaičiuojant pažeidimo procentą 13,1 ha ploto cukrinių runkelių lauke, tyrimo aikštelėmis padengta 0,76 % pasėlio ploto ir nustatyta 4,9 % pažeidimų (3 pav.). Pasėlį padengus apskaitos aikštelėmis 0,2 %, didžiausias nuokrypis nuo tikrojo pažeidimo buvo 1,5 %, o pasėlį padengus apskaitos aikštelėmis 0,1 %, siekė 3,2 %.



2 pav. Apskaitos aikštelėmis padengiamo ploto įtaka pažeidimo nustatymo tikslumui pupų lauke

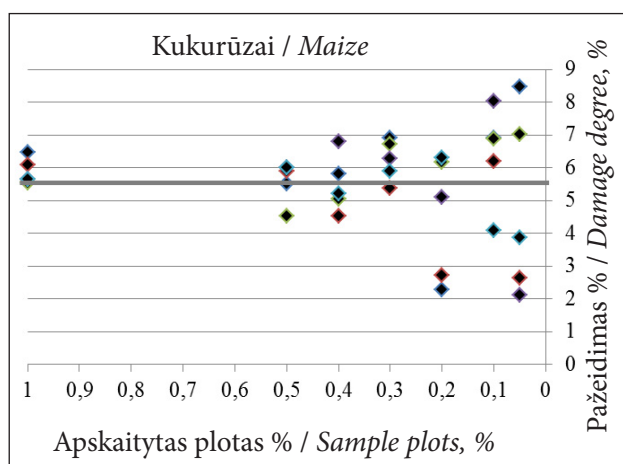
Fig. 2. Influence of the area covered by sample plots on the accuracy of determination of the damage degree in beans



3 pav. Apskaitos aikštelėmis padengiamo ploto įtaka pažeidimų nustatymo tikslumui cukrinių runkelių laukuose

Fig. 3. Influence of the area covered by sample plots on the accuracy of determination of the damage degree in sugar beet

Skaičiuojant pažeidimo procentą 6,1 ha ploto kukurūzų lauke, tyrimo aikštelėmis buvo padengta 1,5 % pasėlio ploto ir nustatyta 5,7 % pažeidimų. Tyrimo aikštelėmis padengus 0,3 % pasėlio ploto, didžiausias nuokrypis buvo tik 1,2 % (4 pav.), tačiau kai tyrimo aikštelėmis buvo padengta 0,2 % pasėlio ploto, didžiausias nuokrypis siekė 6,3 %.



4 pav. Apskaitos aikštelėmis padengiamo ploto įtaka pažeidimų nustatymo tikslumui kukurūzų laukuose

Fig. 4. Influence of the area covered by sample plots on the accuracy of determination of the damage degree in maize

Aprašyti tyrimai parodė, kokie dideli turi būti darbų mastai, jeigu norima tiksliai įvertinti pažeistą pasėlio plotą. Akivaizdu, kad dideliuose pasėliuose laukuose tai sunkiai įgyvendinama.

Apskaitos tikslumas aikštelėse

Norint tiksliai nustatyti pažeidimo procentą apskaitos aikštelėse, reikia suskaičiuoti visus pažeistus ir sveikus augalų stiebus. Jeigu žala vertinama javų ar pupinių laukuose, tokie skaičiavimai užima daug laiko ir labai vargina.

Nustatant pažeidimus žieminių kviečių lauke buvo atliktas eksperimentas. Pirmą kartą atėję į lauką ir kiekvienoje aikštelėje prieš skaičiuodami pažeistus / nepažeistus augalų stiebus tyrėjai vizualiai įvertindavo ir pasakydavo numanomą pažeidimo procentą. Atlikus visų stiebų apskaitą tiriamame

kvadrato, buvo tiksliai apskaičiuojamas ir eksperimento dalyviams pasakomas gautas rezultatas. Tokiu būdu eksperimento dalyviai galėjo sužinoti savo vizualinio vertinimo tikslumą ir kitose tyrimų aikštelėse vizualiai vertinti tiksliau. Paašškėjo, kad tyrėjas gali įgusti vertinti vizualiai ir pažeidimo procentą nustatyti gana tiksliai (2 lentelė). Pirmieji spėjimai buvo labai netikslūs, vidutinis nukrypimas nuo realaus svyravo nuo 7,5 % iki 15 %. Tačiau tyrėjai, atlikę „treniruotę“ keliose apskaitos aikštelėse, greitai įsisavino vizualinio vertinimo subtilybes. Nuo šeštos tyrimo aikštelės vizualaus vertinimo nukrypimas nuo realaus neviršijo 3,0 %.

Vizualinio pažeidimo vertinimo metodo ne-siūlome taikyti tokiuose pasėliuose, kuriuose augalų vienetų apskaitos aikštelėje nėra daug (pvz., runkeliai, kukurūzai).

2 lentelė. Vertinimo rezultatų nukrypimų palyginimas: pažeidimo procentas, nustatytas vizualiai, ir skaičiuojant visus žieminių kviečių stiebus apskaitos aikštelėse

Table 2. Comparison of deviations between the damage percentages determined visually and by counting all the stems of winter wheat in the sample plots

Apskaitos aikštelės numeris <i>The number of sample plot</i>	Nustatytas pažeidimo procentas % <i>Determined damage percentage, %</i>			Nukrypimas nuo pažeidimo procento, nustatyto skaičiuojant visus stiebus % <i>Deviation from the counting result of all stems, %</i>		
	Vizualiai / <i>Visually</i>		Skaičiuojant visus stiebus <i>By counting all stems</i>	A tyrėjas <i>Researcher A</i>	K tyrėjas <i>Researcher K</i>	Vidurkis <i>Average</i>
	A tyrėjo nuomonė <i>Opinion of Researcher A</i>	K tyrėjo nuomonė <i>Opinion of Researcher K</i>				
1.	80	50	55	25	5	15
2.	6	10	22,8	16,8	12,8	14,8
3.	30	15	19,7	10,3	4,7	7,5
4.	7	7	10,8	3,8	3,8	3,8
5.	5	5	8,5	3,5	3,5	3,5
6.	3	0	2	1	2	1,5
7.	8	7	6,8	1,2	0,2	0,7
8.	15	15	12,3	2,7	2,7	2,7
9.	33	30	32,3	0,7	2,3	1,5
10.	10	10	7,3	2,7	2,7	2,7
11.	7	5	4,4	2,6	0,6	1,6
12.	7	8	6,6	0,4	1,4	0,9
13.	10	12	8,3	1,7	3,7	2,7
Paklaidos vidurkis <i>The average of error</i>				5,6	3,5	4,5

Žalos dydžio nustatymas

Kai kuriuose pasėliuose, jei žala padaryta ankstyvu augimo periodu, augalai sugeba kompensuoti dalį žalos. Dėl didesnės erdvės ir maistingųjų medžiagų kiekio auginami papildomi stiebai ir duodamas didesnis derlius.

Skaičiuojant medžiojamųjų gyvūnų padarytą žalą cukrinių runkelių pasėliuose, dėl keliamų reikalavimų produkcijai ir naudojamoms technikos labai svarbus yra žalos padarymo laikas. Kai žala būna padaryta intensyvaus augimo laikotarpiu, tai yra nuo sėjos (BBCH 01 – drėgmės absorbcijos pradžia: sėkla pradeda įgerti vandenį) iki rugpjūčio 1 d. (BBCH 45 – pagrindinio augimo stadija: tikslinių augalų dalių vystymasis) (Meier, 2001), šalia atviros vietos esantys cukrinių runkelių daigai dėl didesnės erdvės ir maistingųjų medžiagų kiekio auga intensyviau. Rudenį tokių runkelių šakniavaisiai būna žymiai didesni – padidėjęs būna tiek tūris, tiek ir masė. Erdviau augę runkeliai būna labiau iškilę virš žemės (Deveikytė, 2009). Deja, šis pakraščio efektas duoda ir neigiamų pasekmių. Nuimant derlių šiuolaikinė technika, dažnai turinti kopijavimo įrenginius, nepakankamai efektyviai reaguoja į pokyčius, todėl dalis tokių cukrinių runkelių būna „neteisingai“ nupjaunami ar net suskaldomi, didėja bendras produkcijos žemėtumas. Nustatyta, kad didesnių cukrinių runkelių gumbų cukringumas yra mažesnis (Žulienė, 1978), tokie runkeliai nors didina bendrą masę, bet mažina cukringumą. Todėl siūloma nustatant pasėlio pažeidimą į tai atsižvelgti. Po rugpjūčio 1 d. dėl žvėrių pažeidimų susiformavus atviriems plotams „pakraštyje“ augantys cukriniai runkeliai mažiau nukenčia, todėl žalą galima skaičiuoti tik kaip mechaninį poveikį, papildomai nedidinant pažeidimo procento.

Skaičiuojant medžiojamųjų gyvūnų padarytą žalą grūdams auginamų kukurūzų pasėliuose, kai svarbiausiu rodikliu būna užaugintų burbuolių parametrai, taip pat didelę reikšmę turi žalos padarymo laikas ir pažeisto ploto dydis. Kai žala padaryta laikotarpiu iki stiebo ilgėjimo, tai yra nuo sėjos (BBCH 01) iki liepos 1 d. (BBCH 39 – stiebo ilgėjimo stadija: 9 ar daugiau bamblių) (Meier, 2001), ir lauko pažeidimo procentas yra didesnis nei 30 %, kukurūzai, atsidūrę pažeisto ploto pakraščiuose, dėl pagerėjusių sąlygų ar dėl pažeidimų pradeda intensyviai auginti papildomus stiebus (Romanekas et al., 2010). Taip augalas

išeikvoja energiją ir neužaugina grūdams tinkamų burbuolių nei ant pagrindinio stiebo, nei ant naujai išaugusiųjų. Todėl pasėlio apžiūros metu vertinimo komisijos nustatytas pasėlio pažeidimo procentas (%) turėtų būti didinamas.

Apskaitos trukmė

Tiesiogiai atliekami matavimai apskaitos aikštelėse užima palyginti daug laiko. Pavyzdžiui, 13 ha cukrinių runkelių lauke buvo numatyta 90 apskaitos aikštelių (aikštelės plotas 10 m²). Dirbant trijų žmonių komandai, šis darbas užtruko 300 min. (10 apsk. aikštelių per 33 min.). Bepiločiu orlaiviu tokio ploto pasėlio apskridimas (įskaitant drono išpakavimą, paruošimą skrydžiui ir supakavimą) užtruko iki 30 min. dirbant vienam specialistui. Laiko sąnaudos kviečių lauke, kai buvo skaičiuoti ir vertinti visi augalų stiebeliai, buvo dar didesnės. 40 apskaitos aikštelių (aikštelės plotas 1 m²) įvertinimas trijų žmonių komandai užtruko 160 min. (10 apsk. aikštelių per 40 min.). Atitinkamai bepiločio orlaivio darbas truko 20 min. ir prireikė tik vieno specialisto. Bepiločio orlaivio darbų mastą vienu pakilimu riboja akumulatoriaus veikimo laikas, mūsų naudotas orlaivio modelis vienu pakilimu galėdavo apskristi 20 ha lauką.

Atliekant lauko darbus gautų duomenų analizė užtrunka apie 40 min., priklausomai nuo naudojamo kompiuterio pajėgumų. Tiesiogiai kabinetinis specialisto darbas užtrunka iki 20 min., likusį laiką dirba tik kompiuterinės programos.

Bepiločio orlaivio panaudojimo galimybės

Bepiločių orlaivių panaudojimas vertinant laukinių gyvūnų padarytą žalą žemės ūkio pasėliuose pasaulyje jau nėra naujiena (Engeman et al., 2016; Kuželka, Surový, 2018; Rani et al., 2019; Rutten et al., 2019, 2018). Mūsų eksperimente bepilotis orlaivis labai pasiteisino atliekant pirmą lauko pažeidimo įvertinimą. Jis per trumpą laiką (pvz., 10 ha plotas įvertinamas per 20 min. dirbant vienam specialistui, įskaitant įrangos paruošimą darbui) galima apskristi tiriamą lauką, lengvai, greitai ir tiksliai nustatyti žvėrių pažeistas vietas, jų išsidėstymą, įvertinti, ar tikslingi tolimesni tyrimai (ar padaryta daug žalos). Skaičiuojant pažeidimo procentą cukrinių runkelių lauke matavimų vietoje metodu (tyrimo aikštelėmis padengta 0,76 % pasėlio ploto) buvo nustatyta 4,9 % pažeidimų, o išanalizavus bepiločiu

orlaiviu darytas nuotraukas nustatyta 3,9 % pažeidimų. Skaičiuojant pažeidimo procentą kviečių lauke matavimų vietoje metodu (tyrimo aikštelėmis padengta 0,25 % pasėlio ploto) nustatyta 9,6 % pažeidimų, o bepiločiu orlaiviu – 11,9 % pažeidimų.

Bepiločiu orlaiviu padarytos nuotraukos yra labai didelės raiškos – 20 MP. Bepiločiui orlaiviu skrendant virš pasėlio 50 m aukštyje, gautose nuotraukose galima įžiūrėti atskirus augalus (5 pav.).

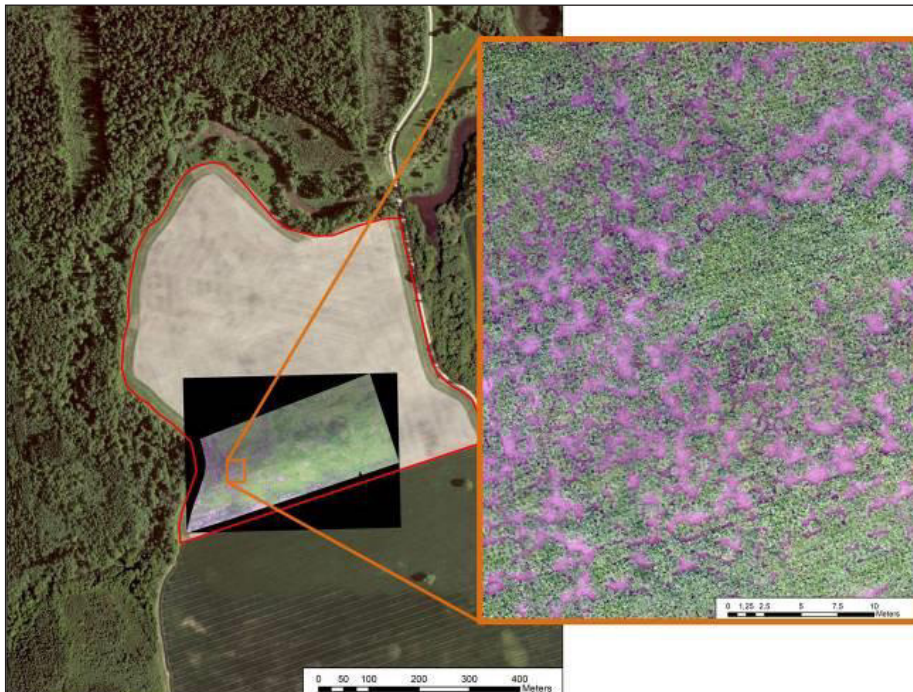
Daugeliu atvejų nuotraukų kompiuterinė analizė labai tiksliai parodo žalos dydį. Toks apskaitos būdas tinkamiausias, kai sveikų pasėlių plotų spalva kontrastuoja su pažeistų, pavyzdžiui, šernų išknistomis ganyklomis ir pievomis ar neseniai sudygusiais pasėliais, žvėrių išstryptais ir išgulėtais javais. Turint bepiločiu orlaiviu padarytą bendrą viso pasėlio nuotrauką galima tiksliai nustatyti, kurios pasėlio dalys pažeistos labai intensyviai. Likviduojant padarytą žalą reikėtų skaičiuoti didesnę plotą, nes sutvarkyti ir su technika atsėti neįmanoma tik pažeistas vietas.

Reikėtų atkreipti dėmesį, kad bepiločio orlaivio padarytose nuotraukose matomas vaizdas pirmiausiai turi būti įvertintas patyrusio specia-

listo. Kartais nepakanka, kad nuotraukas išanalizuotų tik kompiuterinė programa. Kompiuterinė programa reaguoja į spalvų ir / ar aukščių pakitimus, kurie atsirasti gali ir dėl meteorologinių reiškinių, dirvos užmirkimo ar kitų su laukiniais gyvūnais nesusijusių priežasčių.

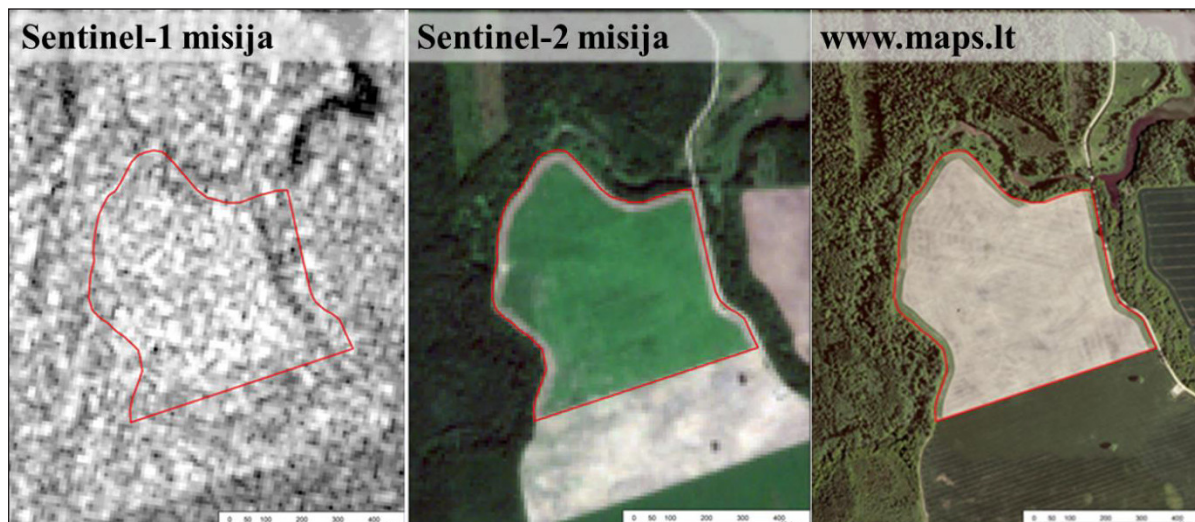
Didelės raiškos palydovinių nuotraukų panaudojimo galimybės

Didelės raiškos palydovų darytos nuotraukos (6 pav.) atskleidė, kad Sentinel-1 misijos metu fotografuotos palydovinės nuotraukos visiškai netinkamos laukinių gyvūnų padarytos žalos analizei. Sentinel-2 misijos metu fotografuotos palydovinės nuotraukos taip pat nėra tinkamos žemės ūkio pasėliuose laukinių gyvūnų padarytiems pažeidimams įvertinti. 5 pav. pateiktos cukrinių runkelių lauko nuotraukos, darytos Sentinel misijų metu tą pačią dieną, kai buvo vykdyti matavimai vietoje ir bepiločiu orlaiviu. Palydovinių pasėlio nuotraukų raiška nėra tinkama, kad būtų įmanoma įžiūrėti pažeidimus. Nuotraukoje būtų galima išskirti tik didelius plotus, kurių spalva kontrastuoja su pasėlio. Todėl remiantis Sentinel-2 misijos nuotraukomis nebūtų įmanoma įvertinti žalą.



5 pav. Cukrinių runkelių pasėlio dalis, fotografuota bepiločius orlaiviu, 2018 m. rugpjūčio 20 d.

Fig. 5. Part of the sugar beet crop photographed by quadcopter drone, 20 August 2018



6 pav. Tiriamos vietovės palydovinė nuotrauka, fotografuota Sentinel-1 ir Sentinel-2 misijų metu, 2018 m. rugpjūčio 20 d. (<https://sentinels.copernicus.eu>), ir tiriamos vietovės nuotrauka iš <https://www.maps.lt/map/> **Fig. 5.** Satellite image of the area under investigation taken during Sentinel-1 and Sentinel-2 missions, 20 August 2018 (<https://sentinels.copernicus.eu>), and the same place image from <https://www.maps.lt/map/>

Nuotraukos, skelbiamos svetainėje <https://www.maps.lt/map/> (6 pav.), nustatyti žvėrių padarytai žalai yra netinkamos, nes jos atnaujinamos tik kas keli metai.

VDU Žemės ūkio akademija) sudarytą Žemės ūkio, maisto ūkio ir žuvininkystės 2015–2020 metų mokslinių tyrimų ir taikomosios veiklos projekto vykdymo sutartį.

IŠVADOS

Gauta 2019 11 20
Priimta 2020 03 13

1. Apskaičiuota laukinių žvėrių padarytos žalos dydžio paklaida svyravo $\pm 3,8\%$, kai apskaitos aikštelėmis buvo sistemingai padengta $0,2\%$ viso tiriamo lauko ploto; apskaitos aikštelėmis padengus $0,3\%$ lauko, žalos dydžio paklaida siekė $\pm 2,1\%$. Taikant matavimų vietoje metodą 10 apskaitos aikštelių įvertinimas užtruko 33–40 min.

2. Bepiločiu orlaiviu 10 ha pasėlio plotas buvo nufotografuotas per 20 min., o nuotraukos apdorotos ir išanalizuotos per 40 min. dirbant vienam specialistui. Toks vertinimo būdas tinkamiausias, kai nepažeistų pasėlių plotų spalva kontrastuoja su pažeistų ir / arba nepažeisti augalai yra skirtingo aukščio nei pažeisti.

3. Didelės raiškos Sentinel-1 ir Sentinel-2 misijų palydovinės nuotraukos dėl nepakankamos raiškos yra netinkamos žemės ūkio pasėliuose laukinių gyvūnų padarytai žalai įvertinti.

PADĖKA

Tyrimai buvo atliekami vykdant Nacionalinės mokėjimo agentūros prie Žemės ūkio ministerijos ir Aleksandro Stulginskio universiteto (nuo 2019 m.

LITERATŪRA

- Abildtrup J., Jensen F. 2014. The regulation of hunting: A game population based tax on hunters. *Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement*. Vol. 95(3). P. 281–298. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.4074/S1966960714013010>
- Amici A., Serrani F., Rossi C. M., Primi R. 2012. Increase in crop damage caused by wild boar (*Sus scrofa* L.): The 'refuge effect'. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 32(3). T. 683–692.
- Balčiauskas L. 2004. *Sausumos ekosistemų tyrimo metodai*. Vilnius: VU leidykla. 183 p.
- Carter N. H., Linell J. D. C. 2016. Co-adaptation is key to coexisting with large carnivores. *Trends in Ecology & Evolution*. Vol. 31(8). P. 575–578.
- Deveikytė I. (sud.). 2009. Cukriniai runkeliai. Iš: *Agrobiologija, tyrimai, technologijos*: monografija. Akademija, Kėdainių r.: Lietuvos žemdirbystės institutas. 256 p.
- Dėl Medžiojamųjų gyvūnų padarytos žalos žemės ūkio pasėliams, ūkiniams gyvūnams ir miškui apskaičiavimo metodikos. *LR žemės ūkio ministro ir LR aplinkos ministro 2002 m. rugsėjo 23 d. įsakymas Nr. 486/359*.
- Engeman R., Cattaruzza R., Cattaruzza M., Fischer J. 2016. Photographic estimation of wild boar damage

- to alpine grazing pastures in the Carpathian Mountains of central Romania. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 23(5). P. 4949–4952. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6051-4>
8. *Erdvinė analizė ir modeliavimas GII-07*: mokomoji knyga. 2008. Vilnius. 191 p.
 9. Ficetola G., Bonardi A., Mairota P., Leronni V., Padoa-Schioppa E. 2014. Predicting wild boar damages to croplands in a mosaic of agricultural and natural areas. *Current Zoology*. Vol. 60(2). P. 170–179.
 10. Geisser H., Reyer H.-U. 2004. Efficacy of hunting, feeding, and fencing to reduce crop damage by wild boars. *The Journal of Wildlife Management*. Vol. 68(4). P. 939–946.
 11. *Klassifikation und Bewertung von Wildschäden an Maiskulturen*. 2014. 51 p. Prieiga per internetą: https://www.lwk-rlp.de/fileadmin/import/newsimport/files/Landwirtschaft/Wildschaden/Maisbrosch%C3%BCre_Jan_14.pdf
 12. Kuželka K., Surový P. 2018. Automatic detection and quantification of wild game crop damage using an unmanned aerial vehicle (UAV) equipped with an optical sensor payload: A case study in wheat. *European Journal of Remote Sensing*. Vol. 51(1). P. 241–250. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1419442>
 13. Meier U. 2001. *Growth Stages of Mono- and Dicotyledonous Plants*: BBCH monograph. 158 p. Prieiga per internetą: <https://www.politicheagricole.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCHengl2001.pdf>
 14. Mitchell A. 2005. The ESRI Guide to GIS Analysis. *Spatial Measurements and Statistics*. Vol. 2. P. 1–240.
 15. Nagelschmitz A. 2001. So werden Wildschäden richtig bewertet. *Top agrar*. Vol. 2. P. 54–58. Prieiga per internetą: <https://www.topagrar.com/archiv/So-werden-Wildschaeden-richtig-bewertet-147296.html>
 16. Ord J. K., Getis A. 1995. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical Analysis*. Vol. 27(4). P. 286–306. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00912.x>
 17. Rakotoarison H., Point P., Malfait J. J. 2009. A dynamic model for estimating the economic costs of roe deer browsing in the Gascogne forests. In: *Colloque SFER Chasse, Territoires et Développement Durable Outils D'Analyse, Enjeux et Perspectives*. P. 1–34.
 18. Rani A., Chaudhary A., Sinha N., Mohanty M., Chaudhary R. 2019. Drone: the green technology for future agriculture. *Harit Dhara*. Vol. 2(1). P. 3–6.
 19. Romaneckas K., Šarauskius E., Pilipavičius V., Adamavičienė A., Avižienytė D. 2010. Impact of primary soil tillage intensity on maize (*Zea mays* L.) seedbed formation and productivity parameters. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. Vol. 8(3–4). P. 679–682.
 20. Rutten A., Casaer J., Onkelinx T., De Smet L., Witters N., Huysentruyt F., Leirs H. 2019. Using an online survey to assess the spatial distribution of wild boar (*Sus scrofa* L.) crop damage and factors influencing this distribution and severity in Limburg province, Belgium. *Belgian Journal of Zoology*. Vol. 149(1). P. 1–13.
 21. Rutten A., Casaer J., Vogels M., Addink E., Vanden B. J., Leirs H. 2018. Assessing agricultural damage by wild boar using drones. *Wildlife Society Bulletin*. Vol. 42(4). P. 568–576.
 22. Schley L., Roper T. J. 2003. Diet of wild boar (*Sus scrofa*) in Western Europe, with particular reference to consumption of agricultural crops. *Mammal Review*. Vol. 33(1). P. 43–56.
 23. Treves A., Wallace R. B., Naughton-Treves L., Morales A. 2006. Co-managing human–wildlife conflicts: A Review. *Human Dimensions of Wildlife*. Vol. 11. P. 383–396.
 24. Trouwborst A. 2010. Managing the carnivore comeback: International and EU species protection law and the return of lynx, wolf and bear to Western Europe. *Journal of Environmental Law*. Vol. 22(3). P. 347–372.
 25. Žulienė R. 1978. *Cukrinių runkelių derlius ir kokybė*. Vilnius: Mokslas. 144 p.

**Renata Špinkytė-Bačkaitienė, Povilas Bukevičius,
Kastytis Šimkevičius, Artūras Kibiša,
Gediminas Brazaitis, Jolanta Stankevičiūtė**

**EVALUATION OF DAMAGE, MADE BY WILD
ANIMALS TO AGRICULTURAL FIELDS, USING
DIFFERENT METHODS**

S u m m a r y

The paper presents experimental studies of different techniques (measurements directly in the sample plots and remote measurements, such as high-resolution satellite images or images made by a quadcopter drone) for estimation of damage, made by wild ungulates in agricultural fields. The practical experience gained during the research was analysed. It has been found that for the assessment of the damage caused by wild ungulates, the most suitable layout of sample plots is systematic, covering the whole area evenly. When the sample plots covered 0.2% of the total surveyed area, the error of the estimated wildlife damage was in a range of $\pm 3.8\%$; when the sample plots covered 0.3% of the total surveyed area, the error of the estimated wildlife damage was in a range of $\pm 2.1\%$. The measurements of 10 sample plots in loco took 33–40 min, with a team of three assessors. Evaluation works done with a quadcopter drone are faster (10 ha field shot in 20 min and analysis of data in 40 min) and require only one specialist to operate the drone. It was proved that high-resolution satellite images, done in Sentinel missions, are not suitable for estimation of damage, made by wild ungulates in agricultural fields.

Keywords: wild animals, damage, quadcopter drone, measurements in loco, high-resolution images