



VAŽIAVIMO METODŲ GALULAUKĖJE, NAUDOJANT TELEMETRINES SISTEMAS, TYRIMAS

Simonas Pranys, Antanas Juostas, Eglė Jotautienė
Vytauto Didžiojo universitetas

Santrauka

Dirvožemio kokybė bei jos derlingumas priklauso nuo joje vykstančių biologinių ir fizikinių procesų, kuriems didelę įtaką daro žemės dirbimas. Intensyvus žemės dirbimas daro neigiamą įtaką ne tik dirvai, bet ir aplinkai. Yra labai svarbu įvertinti kokią naudą gautų žemdirbiai diegdami vis naujesnes technologijas žemės ūkyje, tokias kaip automatinio vairavimo sistemos, nuotolinio stebėjimo sistemos, telemetrija, mašinų funkcinių parametrų automatizavimas, jutiklių diegimas ir kt. Automatinio vairavimo sistemų naudojimas suteikia galimybę išvengti perdengimų ar neįdirbtų dirvos plotų atliekant skutimo, kultivavimo, sėjos, purškimo, tręšimo, derliaus nuėmimo bei kitus darbus. Inovatyvių technologijų naudojimas leidžia sumažinti laiko ir degalų sąnaudas, taupyti sėklas, trąšas ir augalų apsaugos preparatus, mažinti augalininkystės produkcijos savikainą.

Tinkamai parinkta važiavimo lauku schema sumažina pervažiavimų per dirvos ploto vienetą skaičių, ko pasekoje išvengiame ir be to didelio dirvos suslėgimo. Galulaukėse, dėl didelio dirvožemio suslėgimo, javų derlingumas paprastai yra 10% mažesnis nei likusio lauko, todėl ūkininkams labai svarbu taikyti tinkamas priemones ir metodus, mažinančius pervažiavimų galulaukėse skaičių ir plotą.

Tyrimo tikslas – pasirinktame lauke, telemetrinės sistemos dėka, numatyti ir skaičiavimais pagrįsti efektyviausias apsisukimo galulaukėje judėjimo schemas mažinančias apsisukimo galulaukėje laiką bei galulaukių pervažiavimų skaičių bei plotą. Tyrimui pasirinktas traktorinis agregatas kombinuotas su skutiku. Tirta apsisukimui galulaukėse skirto laiko, pervažiavimų skaičiaus bei pervažiuoto galulaukės ploto dydis. Tyrimui panaudota tiriamo traktoriaus automatinė vairavimo sistema bei telemetrinė nuotolinio stebėjimo sistema. Bandymų rezultatai įrodė pasiūlyto judėjimo galulaukėje schemas efektyvumą. Tirtame lauke, nustatyta, kad parinkto apsisukimo galulaukėje kelio ilgis sutrumpėjo 33.6%, o lauko įdirbimo trukmė, naudojant lygiagrečius vairavimo sistemą, atliekamų darbų trukmę sutrumpino 36.2 min. Racionaliausių apsisukimų galulaukėje modeliavimą, atsižvelgiant į lauko formą, padargo darbinį plotį bei posūkio spindulį, galima atlikti panaudojant Telemetrinės sistemos platformas.

Raktiniai žodžiai: automatinio vairavimo sistemos, sąnaudų sumažinimas, užuoga.

Gautas 2021-03-25, priimtas 2021-05-12

Įvadas

Dirvožemio kokybė bei jo derlingumas priklauso nuo joje vykstančių biologinių ir fizikinių procesų, kuriems didelę įtaką daro žemės dirbimas. Intensyvus žemės dirbimas daro neigiamą įtaką ne tik dirvai, bet ir aplinkai. Intensyviai dirbant dirvožemį ar sunkia technika važiuojant dirva, sutankinamas podirvinis sluoksnis, ko pasekoje susidaro vadinamasis „podirvio padas“ (Chan et al., 2006; Horn ir Fleige, 2003). Dėl šio „pado“ prastėja dirvožemio aeracinės, šiluminės savybės. Intensyvi žemdirbystė sudaro prielaidas vėjo ir vandens erozijos atsiradimui, didėja tikimybė užteršti gruntinius vandenius cheminėmis medžiagomis. Be išvardintų neigiamų poveikių dirvožemiui, nemažiau svarbios yra dirvožemio fizikinės savybės, kurios tarpusavyje yra glaudžiai susijusios. Tyrimais nustatyta teigiama tiesinė priklausomybė tarp dirvos tankio ir kietumo bei tankio ir drėgmės. Didėjant dirvos tankiui ar mažėjant drėgnei, kietumas didėja. Savaeigėse žemės ūkio mašinose diegiamos automatinio vairavimo sistemos sudaro prielaidas sumažinti pravažiavimų per dirvą skaičių atliekant numatytus darbus.

Automatinio mašinų vairavimo sistemų taikymas žemės ūkyje įgauna vis didesnę svarbą ir naudą (Stoll ir Kutzbach, 2000; Dunn et al., 2006; Han et al., 2004; Cordesses et al., 2000). Sparčiai tobulėjanti kompiuterinė technika, mechanizmai, žemės ūkio technikos valdymas palydovinėmis

sistemomis, įvairūs jutikliai, mikroprocesoriai ir mechatronika diegiama sudėtingus bei kompleksinius procesus atliekančiose mašinos. Automatinis vairavimas ir telemetrija yra neatsiejama tiksliosios žemdirbystės dalis. Tikslioji žemdirbystė – tai viena iš dedamųjų įgyvendinant tvarią žemdirbystę. Boral et al. (2012) tyrimų rezultatais įrodyta, kad ūkininkai naudojantys automatinio vairavimo sistemas 6.04% padidina darbų efektyvumą, bei 6.32% sumažinamos degalų sąnaudos. Dvidešimt septyni procentai JAV ūkininkų ūkių naudojančių mašinos vairavimo orientavimo arba automatinio vairavimo sistemas, atitinkamai vidutiniškai per metus sutaupo 1.647 l ir 1.866 l degalų. Automatinio vairavimo sistemų taikymas žemės ūkyje yra vienas iš būdų mažinti laiko ir degalų sąnaudas, taupyti sėklas, trąšas ir augalų apsaugos preparatus, be to, atpiginti augalininkystės produkciją (McBratney et al., 2005).

Tyrimo tikslas – panaudojant telemetrinės sistemos platformą, numatyti ir skaičiavimais pagrįsti efektyviausias apsisukimo galulaukėje judėjimo schemas mažinančias apsisukimo laiką bei pervažiavimų skaičių bei plotą.

Tyrimų metodika

Tyrimui pasirinktas Claas Xerion 5000 traktorius agregatuotas universaliu Vaderstad TopDown 600 skutiku (1 pav.), kurio darbinis plotis 4.75 m. Analizuojamo traktoriaus važiavimo greitis galulaukėje – 2.5 m s^{-1} .



1 pav. Traktoriaus Claas Xerion 5000 ir skutiko Vaderstadt TopDown 600 agregatas

Traktorius komplektuotas su Claas automatinė vairavimo sistema valdoma RTK (anglų k. – Real Time Kinematic) korekciniu signalu bei Claas telemetrine darbo procesų kontrolės sistema. Automatinio vairavimo sistemoje naudotas RTK korekcinis signalas užtikrina $\pm 2 \text{ cm}$ važiavimo tikslumą. Skutimas buvo atliekamas 45.78 ha ploto lauke (2 pav.).

Atsižvelgiant į traktoriaus posūkio galimybes, padargo darbinį plotį bei posūkio spindulį, palikta 17 m pločio galulaukė.



2 pav. Tyrimui parinkto lauko schema

Tyrimo metu analizuoti Telemetrijos informacinėje sistemoje sukaupti ir užrašyti traktoriaus telemetriniai darbo proceso duomenys. Vienas iš telemetrinių darbo proceso registravimo parametrų yra mašinos judėjimo konkrečiame lauke schemos užrašymas ir išsaugojimas. Atsižvelgiant į dažniausiai pasikartojančias apsisukimo judėjimo schemas, laiko ir nuvažiuoto kelio galulaukėse įvertinimui pasirinktos po 9-ios greta atliktų važiavimų schemas 5-iose skirtingose galulaukių vietose.

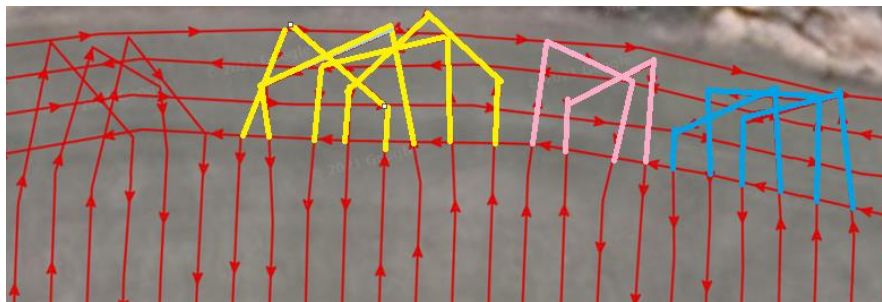
Pasinaudojant Telemetrinėje platformoje pateiktais duomenų valdymo įrankiais, atlikti apsisukimo metu nuvažiuoto kelio atstumo matavimai.

Atsižvelgiant į traktoriaus ir prikabinto padargo technines charakteristikas, naudojantis formulėmis apskaičiuoti lauko galulaukių parametrai: galulaukės plotis, įvažiavimo ir išvažiavimo atstumai, apsisukimo metu nuvažiuojamas atstumas.

Telemetrinėje platformoje gautų matavimų ir apskaičiuotų apsisukimų laiko ir nuvažiuoto kelio duomenimis, atliktas racionaliausio važiavimo galulaukėje palyginamasis vertinimas. Nustatytas, tirtu traktoriaus ir padargo, duoto lauko konfigūracijos ir dydžio, efektyviausias apsisukimo galulaukėje metodas.

Rezultatai

Tyrimo metu išanalizuoti lauke dirbančio traktoriaus Claas Xerion 5000 su universaliu Vaderstad TopDown 600 skutiku galulaukėje taikytų apsisukimų schemas bei nuvažiuoto kelio ilgio telemetriniai duomenys. Atlikus telemetrinių duomenų analizę matyti, kad traktoriaus operatorius tame pačiame lauke pasirenka skirtingas apsisukimo galulaukėje schemas (3 pav.).



3 pav. Traktoriaus operatoriaus pasirinkti apsisukimo galulaukėje važiavimo schemas

Kaip matyti iš 3 paveikslėlio, buvo pasirinkta skirtingo pločio užuoganos. Geltona spalva (3 pav.) pažymėtą užuoganą sudaro 4 pravažiavimai, užuoganą violetine spalva sudarė 2 pravažiavimai, mėlyna spalva pažymėta užuoganą sudarė 3 pravažiavimai. Racionaliai parinktas užuoganų plotis suteikia galimybę apsisukimus galulaukėje atlikti mažiau staigesniu bekilpio posūkio schema. Siaurų užuoganų pasirinkimo atveju, kaip pavaizduota (3 pav. violetinė spalva), dėl staigesnio apsisukimo spindulio, gali prireikti be kilpinį važiavimą keisti į atvirakilpį, uždarakilpį arba šoninio važiavimo schemą. Tai tik įrodo, kad kiekvienas individualus traktoriaus ar kitos savaeigės žemės ūkio mašinos operatorius, atsižvelgiant į jo darbo patirtį, viename ir tame pačiame lauke rinkęsi vis kitokias važiavimo galulaukėje schemas, kurių pasirinkimas negarantuoja racionaliausią važiavimo schemą darbo laiko, apsisukimo kelio bei dirvos suspaudimo ploto atžvilgiu.

Racionaliausių posūkių galulaukėje schemų analizė atlikta pasinaudojant skaičiavimo išraiškomis, pateiktomis 1 lentelėje. Naudojant jas, galima apskaičiuoti racionaliausią posūkio galulaukėje schemą pagal naudojamo traktoriaus ir padargo posūkio spindulį. Šiais skaičiavimais galima nustatyti galulaukėse nuvažiuoto kelio ilgį ir apsisukimo laiką bei suspaustos dirvos plotą.

Analizuojant 2 lentelėje pateiktus duomenis, galima matyti, kad pasirinkus racionaliausią važiavimo schemą galulaukėje, plotas skirtas galulaukei sudarytų 2.30 ha kas sudarytų 5.02% viso lauko ploto. Tuo tarpu galulaukei skirtas plotas, kurį pasirinko operatorius, sudarė 3.07 ha tai yra 33.4% didesnis, nei teoriniais skaičiavimais pagrįstas, plotas. Pagal operatoriaus pasirinktą apsisukimo galulaukėje schemą, traktoriaus važiuoklės ratais suslėgtas dirvos plotas sudarė 48% viso galulaukei skirto ploto. Tuo tarpu galulaukei skirtas plotas, kai apsisukimo schema parinkta teoriniais

skaičiavimais, sudarė 32% viso galulaukei skirto ploto, arba 33% dirvos suslėgimo plotas būtų mažesnis, lyginant su operatoriaus pasirinkta dirvos įdirbimo schema.

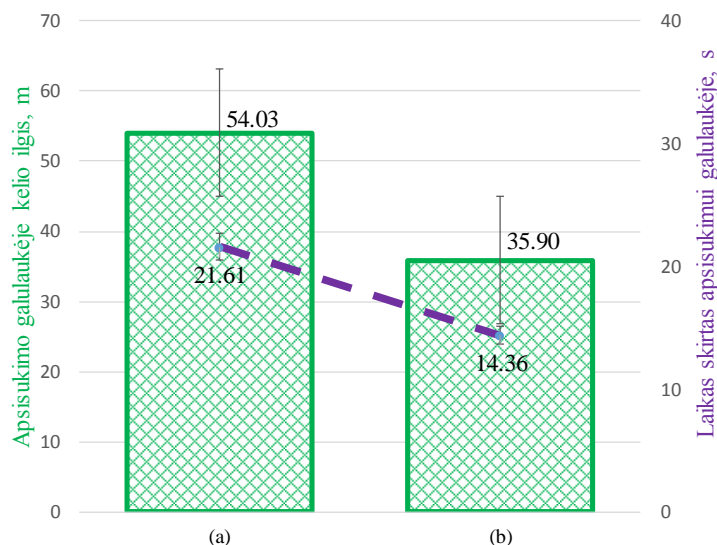
1 lentelė. Agregato posūkių schemas ir posūkių ilgių skaičiavimas

Posūkių forma		Pavadinimas	Posūkių ilgis, m
90 laipsnių kampu		Bekilpis	$(1,6-1,8)R_0 + 2r$
		Atvirakilpis	$(6-8,5)R_0 + 2r$
		Uždarakilpis	$(5-6,5)R_0 + 2r$
		Su atbuline eiga	$(2,5-3,5)R_0 + 2r$
180 laipsnių kampu		Bekilpis	$(3,2-4)R_0 + 2r$
		Bekilpis išstėtinis	$(1,4-2)R_0 + 2r + x_{vid}$
		Atvirakilpis	$(6,6-8)R_0 + 2r$
		Uždarakilpis	$(8-9)R_0 + 2r$
		Šoninis	$(11-13)R_0 + 2r$
		Dvikilpis	$(13-14,5)R_0 + 2r$
		Su atbuline eiga	$(4,1-5)R_0 + 2r$

Atliktų skaičiavimų duomenys (2 lentelė) parodė, kad tirtame lauke yra galimybė, taikant racionalesnes apsisukimo galulaukėje schemas, ne tik sumažinti dirvos suspaudimą galulaukėse, bet tuo pačiu metu ir atlikti darbus kur kas per trumpesnį laikotarpį.

2 lentelė. Suspausto dirvos ploto, apsisukimo laiko ir kelio ilgio galulaukėje duomenys

Važiavimo galulaukėje schema	Lauko dydis, ha	Galulaukei skirtas plotas, ha	Galulaukėje suspausto dirvos plotas, %	Vidutinis vieno apsisukimo kelio ilgis galulaukėje, m	Vidutinis vieno apsisukimo laikas galulaukėje, s
Operatoriaus pasirinkta	45.78	3.07	48	54.03	21.61
Teoriniais skaičiavimais pagrįsta	45.78	2.30	32	35.90	14.36



4 pav. Operatoriaus atliktu (a) bei teorinių skaičiavimo metodu (b) parinkto apsisukimo galulaukėje kelio ilgis ir laikas

Analizuojant apsisukimo galulaukėje nuvažiuoto kelio ilgio ir apsisukimui skirto laiko duomenis (4 pav.) matyti, kad operatoriaus pasirinktos važiavimo schemos galulaukėje kelio ilgis vidutiniškai sudarė 54.03 m. Tuo tarpu teoriniais skaičiavimais pagrįsto važiavimo schemos galulaukėje kelio ilgis sumažėtų 18.13 m kas sudaro 33.6% trumpesnę kelio atstumą, nei operatoriaus pasirinktu variantu. Sutrumpėjęs kelio ilgis, skirtas apsisukimui, sąlygoja ir trumpesnę laiką galulaukėje. Taigi, ir laikas apsisukimui galulaukėje sutrumpėja 7.25% lyginant su operatoriaus pasirinktu važiavimo schemos variantu.

Išvados

1. Operatoriaus paliktas plotas galulaukei sudarė 3.07 ha, arba 6.7% viso lauko ploto. Be to, galulaukės plotas yra 33.4% didesnis, nei teoriniais skaičiavimais pagrįstas racionalus plotas.
2. Operatoriaus pasirinktos važiavimo schemos galulaukėje kelio ilgis vidutiniškai sudarė 54.03 m. Tuo tarpu teoriniais skaičiavimais pagrįsto važiavimo schemos galulaukėje kelio ilgis sumažėtų 18.13 m. kas sudaro 33.6% trumpesnę kelio atstumą, nei operatoriaus pasirinktu variantu.
3. Tinkamai parinktas apsisukimo metodas galulaukėse leidžia padidinti darbų atlikimo efektyvumą ir sumažinantį dirvos sumynimą galulaukėje.

Literatūra

- [1] Boral, G.C., Nowatzki, J.F., Roberts, D.C. 2012. Energy savings by adopting precision agriculture in rural USA. *Energy, Sustainability and Society*.
- [2] Chan K. Y., Oates A., Swan A. D., Hayes R. C., Dear B. S., Peoples M. B. 2006. Agronomic consequences of tractor wheel compaction on a clay soil. *Soil & Tillage Research*, 89 13-21.
- [3] Cordesses L., Cariou C., Berducot M. 2000. Combine harvester control using real time kinematic GPS. *Precision Agriculture*, 2, 147-161.
- [4] Dunn P. K., Powierski A. P., Hill R. 2006. Statistical evaluation of data from tractor guidance systems. *Precision Agriculture*, 7, 179-192.
- [5] Han S., Zhang Q., Ni B., Reid J. F. 2004. A guidance directrix approach to vision-based vehicle guidance systems. *Computers and electronics in Agriculture*, 43, 179-195.
- [6] Horn R., Fliege H. 2003. A method for assessing the impact of load on mechanical stability and on physical properties of soils. *Soil & Tillage Research*, 73, 89-99.
- [7] McBratney A.B., Whelan B.M., Ancev T., Bouma J. 2005. Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture*. Vol. 6, p. 7-23.
- [8] Stoll A., Kutzbach H. D. 2000. Guidance of a forage harvester with GPS. *Precision Agriculture*, 2, 281-291.

Study of Driving Methods at Headland Using Telemetric Systems

Summary

Soil quality and fertility depend on the biological and physical processes that take place in it. Intensive tillage has a negative impact not only on the soil but also on the environment. Intensive tillage has a negative impact not only on the soil but also on the environment. It is very important for farmers to evaluate the benefits of the latest technologies, such as automatic steering systems, remote monitoring systems, automation of machine functional parameters, and the installation of mechatronic sensors. The use of automatic steering systems makes it possible to avoid overlaps or uncultivated soil areas during agricultural work. Innovative technologies reduce time and fuel costs and operational costs. Properly selected field travel scheme reduces soil compaction. Due to soil compaction, crop yields are generally 10% lower than in the rest of the field.

The aim of the research – by use of telemetry platform to predict and by theoretical calculations prove the most efficient turning at headland schemes that reduces time and number of pass.

For the study, the combination of Claas Xerion 5000 and 4.75 m width of Vaderstad TopDown 600 cultivator selected. The test carried out at 2.5 m s⁻¹ tractor driving speed on a headland. Tractor were equipped with automatic steering system with RTK correction signal accuracy of ±2 cm. The tillage performed on a 45.78 ha field area. After tractor and implement turning radius and working width evaluation, the headland of 17 m

width were chosen. During the study the turning time, number of passes and area covered at headland were analysed. The research data taken via remote monitoring system called telemetry.

Analysis of the telemetry data shown that the tractor operator at the same shape of the headland edge selects different headland schemes. The analysis of the most rational turning schemes in the headland performed using the aggregate unit calculation turning schemes and turning lengths methodology. For the theoretical calculation, the loopless 180⁰-turn angle scheme were chosen. The data analysis shown that in the case of the theoretically calculated turning scheme, the headland area would be 2.30 ha, which would make up 5.02% of the total field area. Meanwhile, the area for the headland chosen by the operator was 3.07 ha, which is 33.4% larger than the area based on theoretical calculations. According to the headland turning scheme chosen by the operator, the soil area compacted by the tractor's chassis wheels accounted for 48% of the total headland area. Meanwhile, the area for the headland according theoretical calculation of the turning scheme, was 32% of the total area for the headland, or 33% of the soil compaction area would be smaller than the headland turning scheme chosen by the operator. Also noted that the average headland path, according the driving scheme chosen by the operator, was 54.03 m. Meanwhile, the length of the headland path based on theoretical calculation decreased in 18.13 m or 33.6% less path distance than selected by operator. The reduced length of the trip for turning also resulted in a shorter driving time at the headland. Thus, the turning time in headland also reduced by 7.25% compared to the operator's chosen driving scheme.

The most rational headland rotation patterns, taking into account the field shape, implement working width and turning radius, can be modelled using Telemetry platforms.

Keywords: automatic steering system, cost reduction, headland.

Remark: Article was prepared for the student scientific conference “Young scientist 2021“ of Vytautas Magnus university.

Autoriai kontaktams

Simonas Pranys, magistrantas, VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, Adresas: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno raj.

Mob. tel. +37069012569, el. paštas: simaspranys@gmail.com.

Antanas Juostas, Doc. Docentas, VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno raj.

Tel. (8 37) 75 23 57, el. paštas: antanas.juostas@vdu.lt.

Eglė Jotautienė, Dr. Profesorė, VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto profesorė. Adresas: Studentų g. 15a, LT-53361 Akademija, Kauno raj.

Tel. 837752204, el. paštas. Egle.Jotautiene@vdu.lt