

IŠMANIOJO TELEFONO PANAUDOJIMO AUTOMATIZUOTOS PILOTO SKRYDŽIO
VERTINIMO SISTEMOS KŪRIMUI METODOLOGINIŲ ASPEKTŲ TYRIMASTadas Masiulionis¹, Jonas Stankūnas²

VGTU AGAI Aviacijos prietaisų katedra

El. p.: ¹Tadas.Masiulionis@vgtu.lt; ²Jonas.Stankunas@vgtu.lt;

Santrauka. Šio tyrimo tikslas yra ištirti ir įvertinti išmaniojo telefono ir jo jutiklio panaudojimo galimybes analizuojant ir vertinant mokomuosius skrydžius. Straipsnyje bus apžvelgtos šiuo metu sukurtos išmaniojo telefono jutiklių duomenis naudojančios ir juos apdorojančios programos bei jutiklių matavimo tikslumai ir jų ypatybės. Aprašytas visų jutiklių funkcinis panaudojimas piloto skrydžio automatizuoto vertinimo sistemoje.

Reikšminiai žodžiai: aviacija, mokomojo skrydžio vertinimas, skrydžių mokymas, automatizuotas skrydžio tikslumo vertinimas, skrydžio vertinimo metodika, išmanusis telefonas.

1. Įvadas

Sparčiai tobulėjant išmaniesiems telefonams, jie vis labiau skverbiasi į mūsų gyvenimą ir padeda tenkinti didėjančius žmonių poreikius. Išmanusis telefonas, turėdamas įvairių jutiklių, gali analizuoti aplinką, kurioje jis yra. Tokiu būdu surandama vis daugiau išmaniojo telefono pritaikymo sričių, kuriose jis gali pasitarnauti žmogui. Šiuo metu išmanieji telefonai, kurie paplito dėl jutiklių gausos ir mobilumo bei atveriančių kelią įvairioms pritaikymo sritims, yra populiarumo viršūnėje.

Išmanieji telefonai greičiausiai niekada netaps pagrindine sistema, kurie galutinai galėtų vertinti piloto skrydį, kadangi jie nėra sertifikuojami. Tačiau kaip pagalbinė ir patariamoji sistema galėtų pagelbėti skrydžių instruktoriams objektyviau įvertinti piloto-mokinio skrydį. Išmanusis telefonas su tokia vertinimo programine įranga turėtų sąlyginai nedidelę kainą, palyginti su profesionaliais ir sertifikuotais skrydžio duomenų surinkimo saviraisiais. Be to, tai būtų terpė, kurioje universiteto studentai, turėdami išmaniuosius telefonus, galėtų prisidėti prie tokios sistemos tyrimo ir tobulinimo. Tai suteiktų galimybę naudotis nuolatos atnaujinama išmaniųjų telefonų įranga, kuriuose yra pastoviai diegiamos naujos technologijos.

Dar visai neseniai buvo naudojami dideli ir brangūs jutikliai, tačiau atsiradus MEMS (mikroelektromechaninių sistemų) technologijai, buvo sukurti maži ir nebrangūs giroskopai ir kiti inercijos matavimo prietaisai, kurie dabar naudojami išmaniuosiuose telefonuose.

Išmanieji telefonai turi įvairių jutiklių, kurie puikiai tinka priimti duomenis, reikalingus skrydžio duomenų tikslumo analizei. Dėl to nėra būtina lįsti į orlaivio skrydžio saugumą užtikrinančias sistemas, kad būtų galima gauti reikalingus skrydžio duomenis.

Šiame tyrime apžvelgta dauguma šiuo metu sukurtų programų, kurios vienokiu ar kitokiu būdu rodo išmaniojo telefono jutiklių duomenis. Apjungę visas esamas programas į daugiaužduotinę programą, gautume visavertį piloto skrydžio automatizuotą vertinimo sistemos produktą, kurį galėtų naudoti pilotai-studentai ir instruktoriai visame pasaulyje. Naudojant tokią programą, būtų galima

praplėsti dabartines skrydžio vertinimo galimybes, kurių iki šiol instruktoriai negalėjo aprėpti. Todėl, išmanusis telefonas turėtų apdoroti daugybę skrydžio duomenų iš įvairių jutiklių, kurie gerokai apkrautų telefono procesorių. Tačiau šiuo metu išmaniųjų telefonų procesoriai sparčiai greitėja ir beveik prilygsta nešiojamų ir stacionarių kompiuterių spartai.

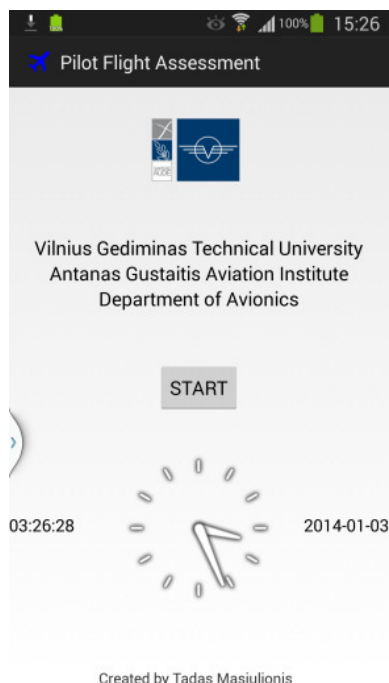
2. Piloto skrydžio automatinės vertinimo sistemos metodai naudojant išmanųjį telefoną

Šiuo atveju yra tiriamas *Samsung Galaxy S4* išmaniojo telefono su *Android* operacine sistema galimybės. *Android* sistema yra atviro kodo, kurioje yra galimybė kiekvienam programuoti *Java* arba *C++* kalba savo įvairias programas su *Android Studio* programavimo aplinka. Į paveikslą matyti pirminis programos langas. *Samsung Galaxy S4* yra suprojektuotas su 9 jutikliais, kurie pateikia informaciją apie temperatūrą, slėgį, santykinį drėgnumą, apšviestumą, vibracijas, perkrovas, skrydžio kursą, telefono orientaciją, koordinates, magnetinį lauką bei triukšmo lygį. Praktiškai to užtenka, kad būtų įmanoma fiksuoti svarbius skrydžio parametrus. Reikėtų atkreipti dėmesį, kad ne visi telefonai turi vienodą komplektaciją jutiklių, kurie taip pat skiriasi ir savo matavimo tikslumu. Todėl norint padaryti universalią sistemą, kuri tinkamai veiktų daugelyje išmaniųjų telefonų, reikia sudaryti keletą skirtingų programos veikimo modelių, iš kurių kiekvienas būtų pritaikytas tam tikrai išmaniųjų telefonų grupei, turintiems savitą jutiklių komplektaciją. Išmanusis telefonas nėra aviacijai skirta sistema, tačiau iš esmės skrydžio saugai jokios įtakos nepadarytų. Tai būtų tik pagalbinė skrydžio instruktoriaus priemonė.

Vertinant piloto skrydžio tikslumą, išmanusis telefonas galėtų atsižvelgti ir į aplinkos sąlygas, kurioje skrido pilotas ir kokią įtaką turėjo jo skrydžio tikslumui. Jei orlaivio kabinoje sąlygos yra prastos ir labai vargina pilotą, tai panašu, kad piloto skrydžio tikslumas gali su laiku mažėti. Todėl atitinkamai piloto skrydžio vertinimo reikalavimai turėtų būti mažinami.

Pagal *James W. Gregory, Christopher D. Jensen (2012)* atliktus palyginamuosius išmaniojo telefono ir

duomenų savirašio tyrimus nustatyta, kad išmaniojo telefono duomenų įrašymo tikslumas artimas duomenų savirašio *GAU1000* duomenims.



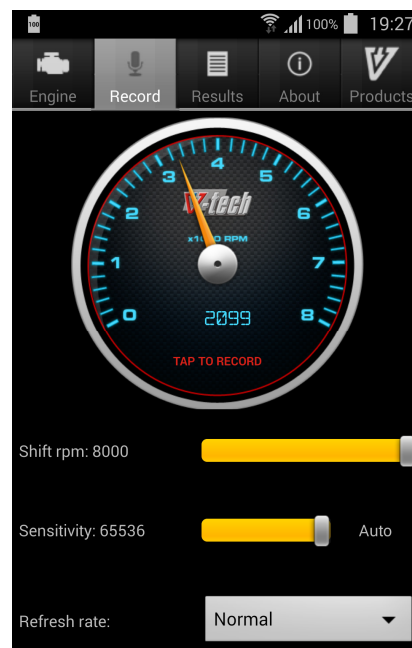
1 pav. Pirminis mobiliosios programos pavyzdys
Fig. 1. Primary design of a mobile application

Mikrofonas

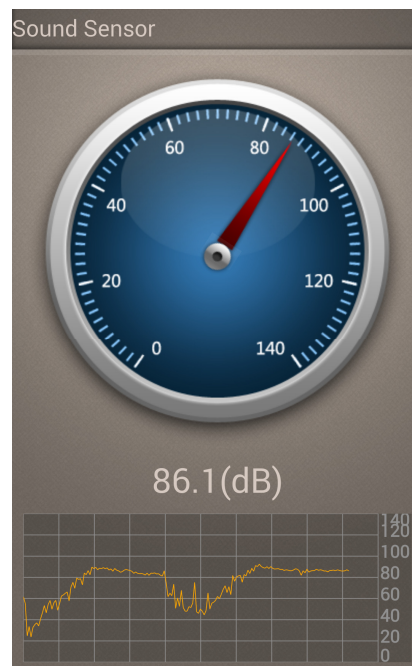
Išmaniojo telefono mikrofonas galėtų būti naudojamas matuoti variklio apsukų dažnį (esant tam tikram garso dažniui, būtų žinomas orlaivio variklių apsukų dažnis). Tokiu būdu nesijungiant prie orlaivio sistemų, būtų įmanoma nustatyti variklių apsukų dažnį panaudojus išmaniojo telefono mikrofoną kaip akustinį tachometuoklį. Tokių programų galima aptikti *Android Google Play* išmaniųjų programų talpykloje: *RPM Gauge*, *Cool Tach*, *CIRI RPM Tachometer & Shift Light* (2 pav.).

Pastarosios programos funkcijose būtina nurodyti automobilio markę, modelį, variklio galią ir cilindrų skaičių. Taip pat funkcijose yra galimybė pasirinkti sraigtasparnio režimą, nurodant rotorų skaičių ir jų sparnų skaičių. Tačiau šių programų veikimas kol kas nėra pagrįstas ir lieka nepatikrintas, todėl ši mikrofono funkcija paliekama ateities tyrimams. Jei tai pasitvirtintų, reikėtų sudarinėti įvairių orlaivių variklio apsukų atpažinimo algoritmus.

Taip pat mikrofону galima matuoti orlaivio kabinoje esantį triukšmo lygį ir vertinti, kokią įtaką tai turi piloto nuovargiui. Skrendant ilgalaikiame triukšme būtų atitinkamai atsižvelgiama į trajektorijos išlaikymo tikslumą. Programa taip pat galėtų perspėti instruktorių dėl viršyto skrydžio laiko, atsižvelgus į skrydžio komforto sąlygas, kurioje skrido pilotas-studentas. Tokią funkciją galima išbandyti *Android Sensor Box* programoje (3 pav.).



2 pav. *CIRI* akustinis tachometras
Fig. 2. *CIRI* acoustic tachometer



3 pav. Išmaniojo telefono jutiklių *Android Sensor Box* programos garso lygio matuoklis

Fig. 3. Sound level meter of Smartphone sensor application *Android Sensor Box*

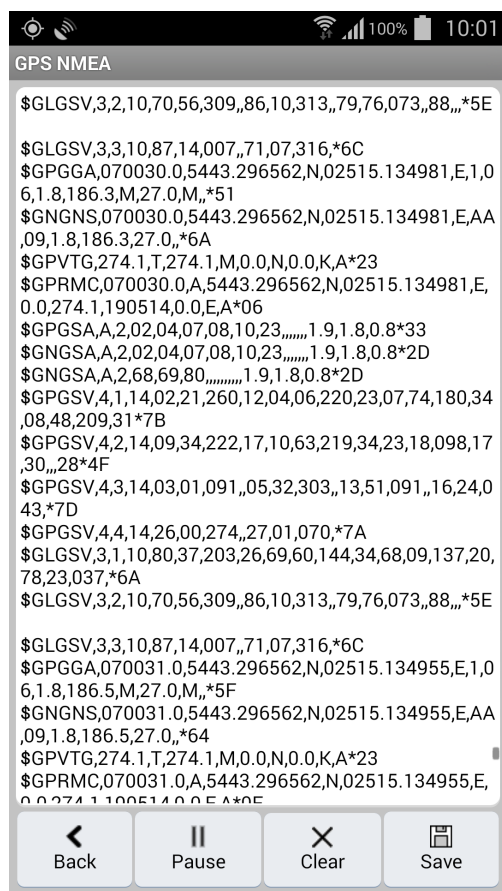
Išmaniojo telefono vidinis mikrofonas pilotų pokalbių įrašams daryti nelabai tinka, kadangi pilotų kabinoje didelis triukšmas sklinda nuo variklio. Nebent būtų naudojamas išorinis mikrofonas, kuris būtų pritvirtintas netoli piloto burnos.

Palydovinė navigacija

Dabartiniai išmanieji telefonai turi palydovinę navigaciją (*GNSS*). Pastaruoju metu pasirodė juose įmontuoti imtuvai, kurie gali priimti ne tik *GPS*, bet ir *GLONASS* signalus ir juos įrašinėti *NMEA* formatu (4 pav.). Tai užtikrina

galimybę patikimiau priimti ir tiksliau nustatyti vietos padėtį. Gero tiesioginio matomumo metu telefonas gali priimti iki 20 palydovų naudodamas tiek *GPS*, tiek ir *GLONASS* signalus kartu.

Bandymo metu *GNSS* signalai buvo priimami iš 9 aukštų namo, 5 aukšto balkono, kuris yra pietinėje pusėje. Dalį šiaurinės pusės palydovų užstojo aukštas namas (panaši situacija gali pasireikšti, kai orlaivis daro posvirį, kada dalį palydovų signalų gali uždengti orlaivio sparnas). Tačiau, kaip matyti 5 paveiksle, yra priimama gero kai daugiau palydovų, negu reikalinga nustatyti telefono padėčiai: 8 *GPS* ir 8 *GLONASS* palydovai (duomenys gali skirtis priklausomai nuo palydovų išsidėstymo tam tikru laiko momentu). Gali būti gaunami ir prastesni vienos ar kitos palydovinės sistemos signalai, todėl toks dviejų *GNSS* sistemų dubliavimas patikimiau nustatytų padėtį.

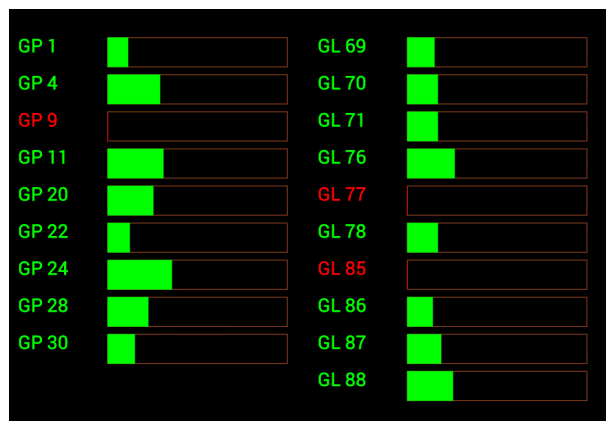


4 pav. Programa *GPS NMEA* gali įrašinėti *GNSS* informaciją *NMEA* formatu

Fig. 4. *GPS NMEA* application can acquire *GNSS* information in *NMEA* format

Siekiant dar didesnio duomenų patikimumo, programiniu būdu turi būti aprašyta, kad dingus *GNSS* signalui, išsižiebtų išpėjimas apie tai telefono ekrane bei duomenų įrašė būtų žymimą apie netikslų duomenų įrašymą, nors duomenys galėtų būti tikslinami pagal kitus išmaniojo telefono jutiklius (barometro, giroskopo, pagreičių matuoklio ir kitus jutiklius) arba *J. Kim et al, (2013)* siūlymu, galėtų būti papildomai naudojamas *Bluetooth GPS* imtuvas, kurį reiktų tvirtinti ant orlaivio liemens viršaus ir taip būtų užtikrinamas patikimas palydovinės navigacijos signalo priėmimas. Paprastai tokie imtuvai gali būti su *EGNOS/WAAS* geostacionarių palydovų palaikymu, todėl

gautų koordinatų tikslumas būtų dar didesnis, negu gaunamų iš išmaniojo telefono imtuvo.



5 pav. *NMEA info* programos palydovų signalo stiprumo lygiai *Android OS*. GP – *GPS* ir GL – *GLONASS* palydovų signalai

Fig. 5. Satellite signal strength levels in *NMEA info* application on *Android OS*. GP – *GPS* and GL – *GLONASS* satellite signals

Mokomojo skrydžio metu išmaniojo telefono ekrane turėtų būti suteikta galimybė matyti standartinių prietaisų parodymus (6 pav.), pagal kuriuos galima būtų įsitikinti, kad išmaniojo telefono duomenys sutampa su orlaivio prietaisų parodymais.

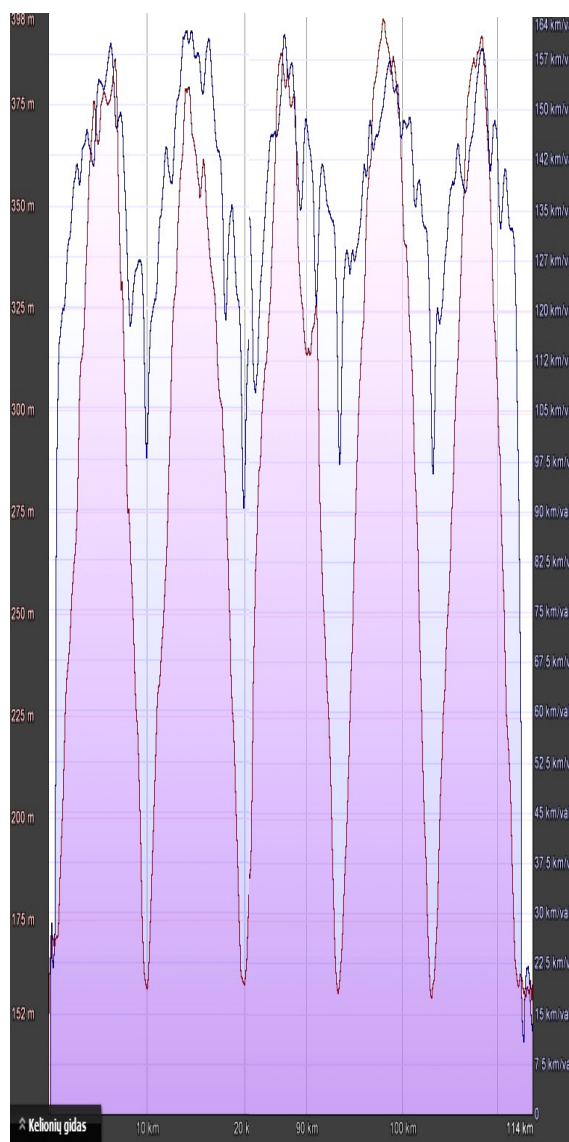


6 pav. *GPS* imtuvo *Garmin Aera 500* ekrano vaizdas

Mobilusis ryšys / bevielis tinklas/ Bluetooth

Telefonas išskirtinis tuo, kad jame, kaip pagrindinė savybė, yra įdiegtas mobilusis ryšys, galintis daugeliu atveju duomenis perduoti neribotu atstumu, pasinaudojus bazinėmis stotimis. Atsiradus išmaniesiems telefonams juose taip pat buvo integruotos ir naujos bevielės *Bluetooth* ir *Wifi* duomenų perdavimo technologijos.

Piloto skrydžio vertinimo sistemoje *GSM* ryšys būtų naudojamas skrydžio realių duomenų perdavimui į žemę. Priklausomai nuo vietovės, aukščio bei greičio, *GSM* turi tam tikrų apribojimų, todėl ne visada būtų užtikrintas realių duomenų perdavimas (gali pasitaikyti pertrūkių). Skrydžio aukštis taip pat turėtų būti ne didesnis kaip 500 metrų. Tokiame aukštyje bet kioje vietovėje ryšys praktiškai yra nestabilus arba neįmanomas, kadangi bazinių stočių antenų kryptinės diagramos yra pakreiptos link žemės ir todėl užtikrinti stabilų ryšį yra neįmanoma.



7 pav. Fragmentas iš skrydžio ratu Kyviškių aerodrome. Greitis, km/val. (melsvas grafikas, greičio skalė dešinėje) ir aukštis, m (rausvas grafikas, aukščio skalė kairėje)

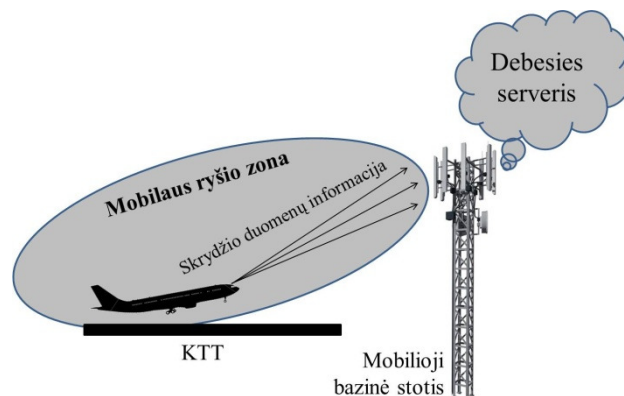
Fig. 7. Fragment of flight circuit in Kyviškės aerodrome. Ground speed, km/h (blue diagram, speed scale on the right side) and altitude, m (pink diagram, altitude scale on the left side)

Standartuose komercinio *GSM* mobiliojo prietaiso judėjimo greitis yra apribotas iki 250 km/val. (Göller 1995; Briso *et al.* 2002). Dalyvaujant mokomuosiuose skrydžiuose, kuriuose studentai atlikinėjo skrydžius ratu su *Cessna 172*, matyti, kad greitis juose dažniausiai nesiekė 170 km/val. (7 pav.). Todėl stūmokliniuose vienmotoriuose orlaiviuose duomenų perdavimui dėl greičio sunkumų neiškiltų.

Jei mobilusis ryšys veiktų su pertrūkiais, tai duomenys galėtų būti perduodami ne nuolatos, o tik tuo metu, kai prisijungiama prie mobiliojo tinklo arba tik orlaiviui tūpant, kai patenkama į patikimo ryšio zoną (8 pav.). Kol pilotas pastatys orlaivį į peroną, jo skrydžio informacija bus perduota ir bokštelyje sėdintys instruktoriai išanalizuos ir įvertins.

Gauti duomenys gali būti keliami į debesį, pvz., *Dropbox*, *Google Drive* ar kitus serverius.

Pasinaudojus *Bluetooth* technologija galėtų būti priimti duomenis iš papildomų įrenginių, kurie yra nutolę ne daugiau nei 10 m nuo išmaniojo telefono (Agu *et al.* 2013). Jei tokie papildomi įrenginiai būtų ir būtų numatyta galimybė programinėje įrangoje juos prijungti, pvz., rankų judesių pagreičių jutiklius, širdies ritmo, kraujo spaudimo ir kt. (Dominicis *et al.* 2012). Visus surinktus duomenis apdorotų išmaniojo telefono piloto skrydžio automatizuoto vertinimo sistemos programinė įranga, kuri analizuotų piloto sveikatos sutrikimus ir poveikį skrydžio kokybei.



8 pav. Skrydžio duomenų perdavimas, kai orlaivis įskrenda į mobilusio ryšio zoną

Fig. 8. Flight data transfer when an aircraft flies into the coverage of *GSM*

Taip pat duomenų perdavimui gali būti naudojama *Wifi* technologija. Ji turi pranašumų, palyginti su *Bluetooth*, tai – didesnis veikimo atstumas (iki 100 m); didesnis duomenų perdavimo greitis; gerokai didesnis prijungiamų prietaisų kiekis. *Wifi* taip pat gali būti naudojama ir bevieliam duomenų perkėlimui į debesį, kai orlaivis priartėja prie *Wifi* aprėpties zonos perone.

Naudojant išmaniojo telefono duomenų perdavimo ryšius, nereikia papildomai galvoti apie duomenų perdavimo saugumą.

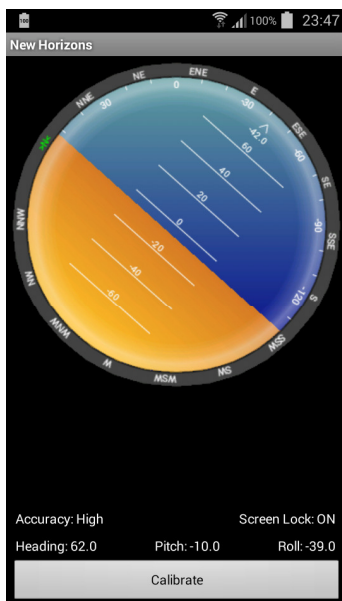
Trumposios žinutės (SMS)

Piloto skrydžio vertinimo sistemoje turėtų būti trumpųjų žinučių informacijos perdavimo funkcija. Nors technologija jau senoka, tačiau kai kuriais atvejais išliktų informatyvi ir patogi, kai instruktorius nebūtų linkęs savęs apsikrauti sudėtingomis ir sunkiomis realaus ryšio priemonėmis (kompiuteriu ir modemais). Trumposiomis žinutėmis galėtų būti perduodama informacija instruktoriui apie piloto mokinio skrydžio eigą: pranešimai apie praskristus praskridimo taškus, jų laikus. Taip pat būtų teikiama informacija apie piloto-studento padarytas skrydžio klaidas: apie netinkamu laiku praskristą praskridimo tašką, apie greičio neišlaikymą, apie nepakankamą stabilumo išlaikymą ir kitus parametrus.

Giroskopas

Išmaniojo telefono giroskopas būtų naudojamas gauti tokią informaciją, kurią tiekia aviahorizonto rodiklis orlaivyje: duomenis apie posvirį ir polinkį. Šie duomenys labai svarbūs, nes tokių duomenų *GNSS* negali suteikti.

Išmaniajame telefone pagal giroskopo ir kitų jutiklių duomenis rodomas aviahorizonto rodiklis programoje *New Horizons* (9 pav.) ir *Aircraft Horizon free* (10 pav.).



9 pav. *New Horizons* programa, naudojanti išmaniojo telefono giroskopo duomenis; veikia kaip orlaivio aviahorizonto prietaisas

Fig. 9. *New Horizons* application that uses the Smartphone's gyroscope data works as an aircraft attitude indicator



10 pav. *Aircraft Horizon free*, naudojanti išmaniojo telefono giroskopo duomenis, programa veikia kaip orlaivio aviahorizonto prietaisas

Fig. 10. *Aircraft Horizon free* application that uses the Smartphone's gyroscope data works as an aircraft attitude indicator

Išmaniajame telefone naudojamas *STMicroelectronics K330* giroskopinis jutiklis. Jo parametrai: galia: 6,1 mW; maksimali reikšmė: 8,726646 rad/s; raiška: 3,0543262E-4 rad/s. Jei telefonas yra ramybės būsenoje, visų trijų ašių reikšmės yra lygios nuliui. Jos didėja, kai telefonas kuo sparčiau sukinėjamas apie kurią nors ašį.

Sunkio jėgos jutiklis

Išmaniajame telefone integruotas 3 ašių sunkio jėgos jutiklis. Jis tiekia informaciją apie orlaivio veikiamas perkrovas.

Išmaniojo telefono *AOSP* sunkio jėgos jutiklis. Jo parametrai: galia: 12,35 mW; maksimali reikšmė: 19,613 m/s²; raiška: 0,001 m/s².

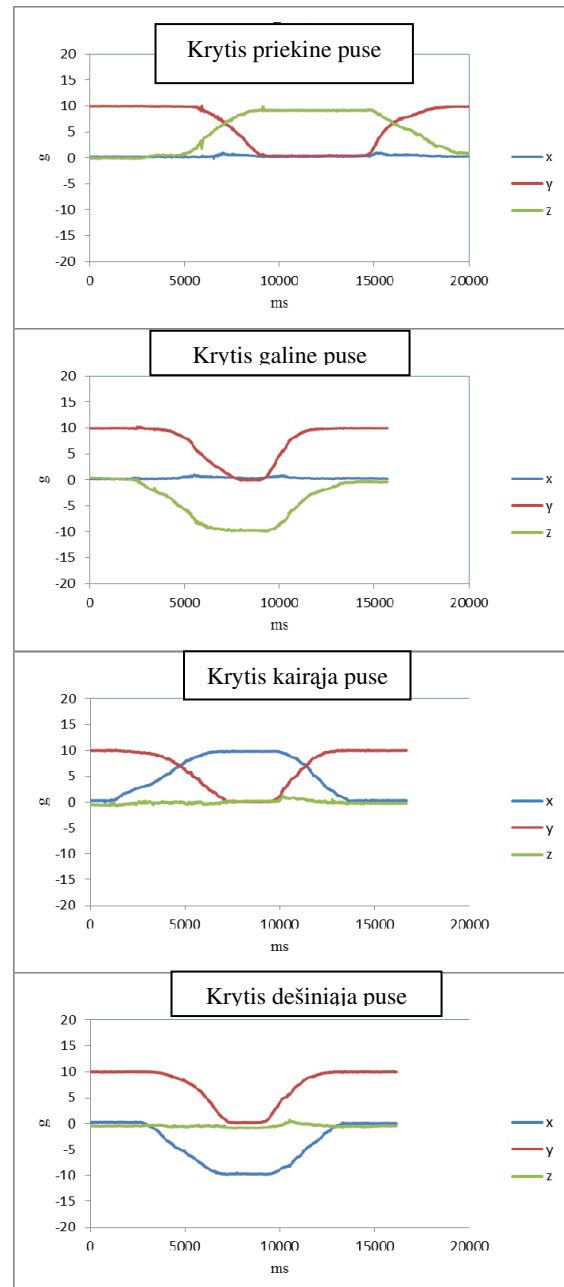
Pagreičio jutiklis

Pagreičių jutiklis matuotų orlaivio skrydžio pagreičius.

Thammasat, Chaicharn (2012) atliko tyrimą (11 pav.) pasinaudoję pagreičio jutikliu išmaniajame telefone nustatyti senyvų žmonių parklūpimus; nustatius kritimą, programa gali siųsti pagalbos pranešimą. Tokiu pat principu būtų imanoma nustatyti prasidėjusią orlaivio smuką, kai neišlaikomas reikiamas orlaivio greitis arba atsiradus vėjui, kurio kryptis sutampa su orlaivio skrydžio kryptimi.

Būtų naudojamas tikslinant palydovinės navigacijos informaciją ir tuo metu, jei atsirastų palydovinės navigacijos signalų trūkinėjimai.

Taip pat telefone yra ir tiesinių pagreičių jutiklis. Jo reikšmės ramybės būsenoje lygios nuliui.



11 pav. 3-ašių pagreičio jutiklio kryčio rezultatai priekine puse, galine puse, kaire puse ir dešine puse (Thammasat, Chaicharn 2012)

Fig. 11. The fall results of 3-axis acceleration sensor: on the front side, back side, left side and right side (Thammasat, Chaicharn 2012)

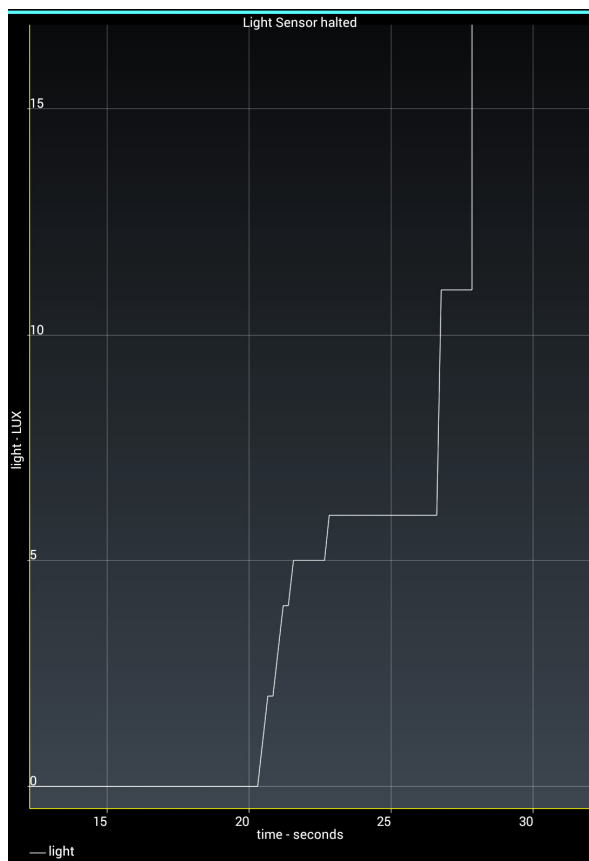
Išmaniojo telefono *STMicroelectronics K330* 3-ašių akcelerometras. Jo parametrai: galia: 0,25 mW; maksimali reikšmė: 19,6133 m/s²; raiška: 5,985504E-4 m/s².

RGB apšvietos jutiklis

Galbūt galėtų nustatyti, ar tai skrendama dieną, ar naktį. Tai leistų automatiškai keisti skrydžio vertinimo reikalavimus: dieninių arba naktinių skrydžių reikalavimai. Jutiklis leidžia ne tik matuoti baltos spalvos intensyvumą, bet galbūt matuoti ir kitų spalvų intensyvumą (raudonos, žalios ir mėlynos). Pagal *RGB* (jutiklis išduoda 4 parametrus: *R* (raudonos), *G* (žalios), *B* (mėlynos) bei *W* (baltos) šviesos intensyvumo) derinį mes galime sužinoti, kokios aplinkos spalvos vyrauja.

Pagal paros laiką, kurį išmanusis telefonas gali žinoti pagal savo vidinį laikrodį, galima įvertinti studento gebėjimą reguliuoti orlaivio kabinos apšvietimą nakties metu. Bandymo metu nustatyta (12 pav.), kad dar nesant visiškai prieblandai, šviesos jutiklis fiksavo 0 lx. Normalaus apšvietimo metu (kambaryje) jutiklio parodymai kito tarp 5-50 lx. Pavėsyje – apie 1500 lx, o tiesioginės saulės apšvietoje jutiklis pasiekė maksimalią savo matavimo reikšmę (60000 lx).

Išmaniojo telefono *Capella Microsystems CM3323* *RGB* apšvietos jutiklis. Jo parametrai: galia: 0,75 mW; maksimali reikšmė: 60 000 lx; raiška: 1,0 lx.

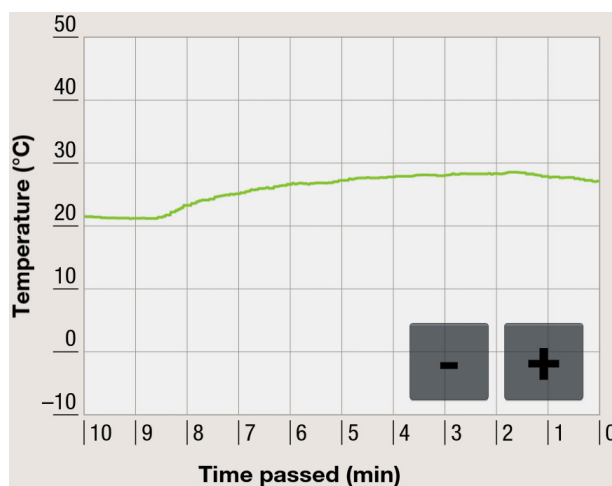


12 pav. Apšvietos matavimas programa *Sensor Kinetics*
Fig. 12. Illuminant measurement by the *Sensor Kinetics* application

Termometras

Išmaniojo telefono temperatūrinis jutiklis galėtų būti panaudojamas orlaivio kabinos temperatūrai nustatyti. Tai leistų sužinoti, kaip pilotas skrydžio metu geba reguliuoti kabinos temperatūrą. Ar jis sugeba koncentruotis ne vien tik į skrydžio parametrų sekimą ir valdymą, bet ir į keleivių komforto užtikrinimą. Taip pat programa vertintų piloto skrydžio nukrypimų įtaką esant žmogui netinkamai temperatūrai.

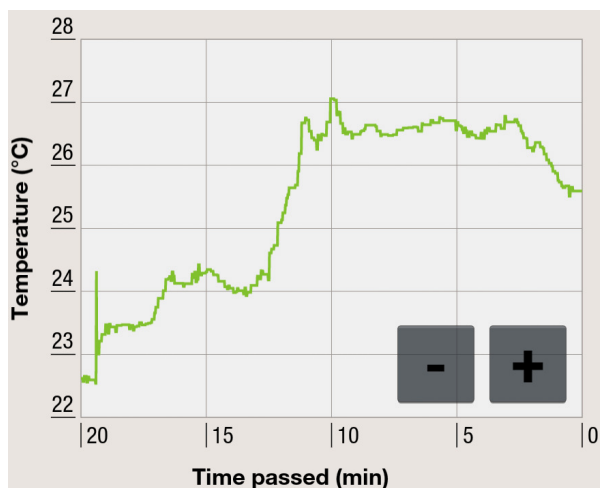
Reikėtų atkreipti dėmesį, kad išmaniojo telefono temperatūros parodymams įtakos turi išmaniojo telefono turėjimas rankoje ir procesoriaus šilumos sklaida didelės apkrovos metu. Ramybės būsenoje išmaniojo telefono temperatūros rodmenys atitinka aplinkos temperatūrą. Tačiau paėmus jį į ranką, jo temperatūra ima tolygiai kilti nuo 21,2 iki 28,3 °C (13 pav.). Tokiu pat būdu palikus telefoną ramybės būsenoje, jo temperatūra iš lėto grįžta į pradinę aplinkos temperatūros reikšmę. Todėl nustatant temperatūrą, vyksta pereinamasis temperatūros kitimas, kuriam reikalingas tam tikras laiko tarpas (5–10 min.), kad temperatūros parodymai stabilizuotųsi.



13 pav. Temperatūrinio jutiklio parodymo kitimas paėmus išmanųjį telefoną į ranką

Fig. 13. Increase of temperature sensor indications when a Smartphone is held in hand

Taip pat temperatūros parodymams įtakos turi procesoriaus šiluminiai procesai. Esant didei procesoriaus apkrovai, išsiskyrusi procesoriaus šiluma paveikia išmaniojo telefono temperatūros jutiklį ir tokiu būdu iškreipia realius aplinkos temperatūros parodymus. Bandymo metu buvo dirbtinai didinama procesoriaus apkrova paleidus *Xplane* skrydžio treniruoklio programą, kuri reikalauja nemažai procesoriaus resursų, tuo pačiu sukeldama procesoriaus šilumos išskyrimą. Bandymo metu fiksuotas pokytis kito nuo 22,6 iki 26,1 °C. Kaip matyti iš 14 pav., pasireiškė temperatūros svyravimai dėl netolygios procesoriaus apkrovos, kuri sukėlė ir netolygią šilumos sklaidą ir ją fiksavo temperatūros jutiklis. Temperatūros tikslinimo didinimui turėtų būti naudojamas algoritmas, kuris proporcingai vertintų procesoriaus apkrovą ir atitinkamai kompensuotų dėl to padidėjusią temperatūrą. Taip pat temperatūros parodymams turi įtakos tiesioginiai saulės spinduliai.



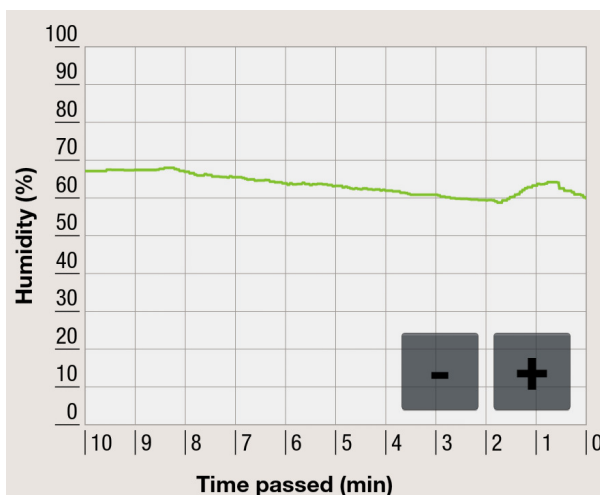
14 pav. Temperatūrinio jutiklio parodymo kitimas dėl procesoriaus padidėjusios šiluminės sklaidos

Fig. 14. Increase of temperature sensor indications due to CPU increased thermal diffusion

Temperatūros bandymas atliktas naudojantis įmonės *Sensirion*, kuri specializuojasi jutiklių gamyboje, programa *Ambient Temperature & Humidity 1.3.0*. Matavimams naudotas išmaniajame telefone integruotas *Sensirion SHTC1* aplinkos temperatūros jutiklis. Jutiklio parametrai: galia 0,3 mW; maksimali reikšmė 165 °C; raiška 0,01 °C.

Santykinės drėgmės jutiklis

Santykinės drėgmės jutiklis atliktų panašią funkciją, kaip ir termometras. Drėgnomatis stebėtų orlaivio kabinos oro drėgnumą. Tai būtų vienas iš žmogui tinkamų sąlygų tikrinimo parametrų. Lygiagrečiai atliekant temperatūros (13 pav.) ir santykinės drėgmės (15 pav.) matavimo bandymą pastebėta, kad kylant temperatūrai, santykinis drėgnumas mažėja. Santykinės drėgmės matavimams įtakos gali turėti tiesioginiai saulės spinduliai ir skersvėjai.



15 pav. Santykinės drėgmės mažėjimas kylant temperatūrai

Fig. 15. Decrease of relative humidity with rising temperature

Tai įrodo 15 paveiksle grafikas, kai paskutinėmis 2 matavimo minutėmis santykinė drėgmė padidėjusi dėl didesnio telefono judinimo, nes buvo siekiama padaryti

ekrano nuotrauką. Iki to momento santykinė drėgmė tolygiai krito (dėl tolygiai kylančios temperatūros).

Matavimuose naudotas išmaniajame telefone integruotas *Sensirion SHTC1* santykinės drėgmės jutiklis. Jutiklio parametrai: galia: 0,3 mW; maksimali reikšmė: 100 %; raiška: 0,04 %.

Magnetometras

Išmaniajame telefone yra integruotas 3 ašių magnetometras. Magnetometras skirtas Žemės magnetiniam laukui matuoti. Naudojant jutiklio duomenis, programa gali veikti kaip magnetinis kompasas. Kaip ir visi įprasti kompasai, išmaniojo telefono kompasas (16 pav.) reaguoja į elektrinių prietaisų sklaidžiamą elektromagnetinį lauką. Prietaisas veiktų tiksliau, jei būtų apjungti duomenys iš GNSS ir giroskopo.



16 pav. *Aircraft Compass free* programa, naudojanti išmaniojo telefono magnetinio lauko duomenis, veikia kaip orlaivio girokompaso prietaisas

Fig. 16. *Aircraft Compass free* application that uses the Smartphone's magnetic field data works as an aircraft gyrocompass

Programa *Compass* (17 pav.) duomenis gauna iš kelių jutiklių: GNSS, magnetinio ir duomenų atsisuntimui naudoja Wifi tinklą. Programos sukalibravimui reikalinga atlikti aštuoniukės formos judesį. Joje pateikiami tikrojo ir magnetinio kurso duomenys.



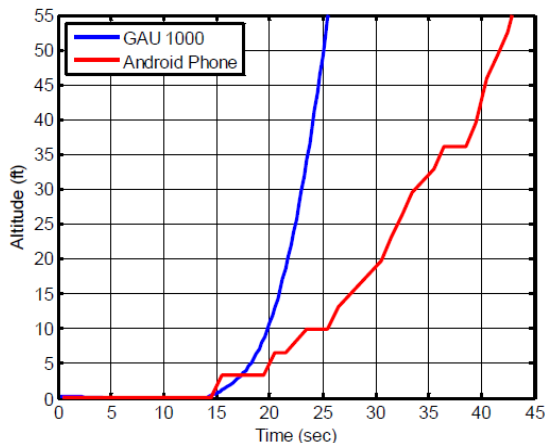
17 pav. Programa *Compass*

Fig. 17. The application *Compass*

Išmaniojo telefono *Yamaha YAS 532* magnetinis jutiklis. Jo parametrai: galia: 6,0 mW; maksimali reikšmė: 1200,0 μ T; raiška: 0,06 μ T.

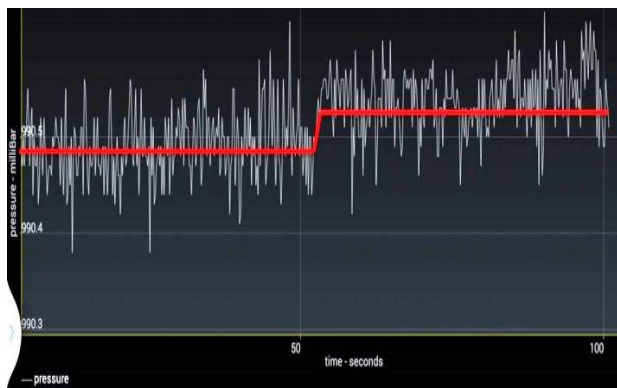
Slėgio jutiklis

Išmaniajame telefone slėgis gali būti matuojamas aukščio patikslinimui, kadangi *GNSS* aukščio paklaidos yra ganėtinai didelės (18 pav.). Slėgio jutiklis geba fiksuoti 0,5 m aukščio pokytį, kai neveikia jokios vibracijos (19 pav.). Todėl išmatuotas aukščio tikslumas būtų mažesnis, negu ramybės būsenoje.



18 pav. Skrydžio duomenų įrašymo prietaiso *GAU 1000* barometrinio aukščiačio ir išmaniojo telefono su *Android OS* *GPS* aukščio paklaidos (Gregory; Jensen 2012)

Fig. 18. Altitude errors of a flight data recorder *GAU 1000* barometric altimeter and a Smartphone with *Android OS* *GPS* (Gregory; Jensen 2012)



19 pav. Aukščio pokyčio fiksavimas nuleidus išmanųjį telefoną 0,5 metro į žemyn

Fig. 19. Determination of altitude variation when a smartphone is lowered by 0.5 meters

20 paveiksle matyti, kaip pakinta slėgis, kai išmanusis telefonas nuleidžiamas 1 m žemyn. Slėgio pokytis kur kas labiau išsiskiria iš triukšmo.

21 paveiksle matyti atliktas slėgio matavimo bandymas kylant liftu iš 1 į 5 aukštą. Matyti, kad kylant liftu, slėgio jutiklis fiksavo tolygų slėgio kritimą.

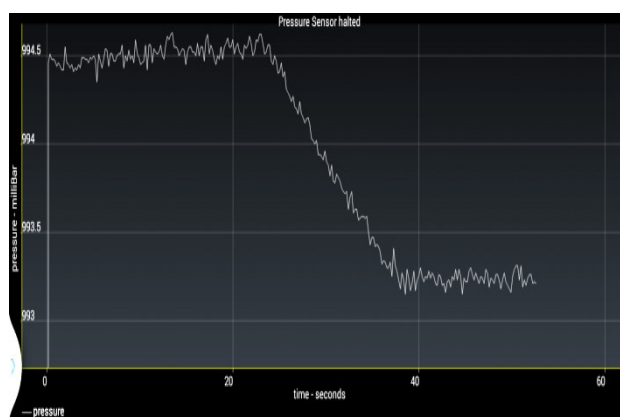
Slėgio bandymai atlikti panaudojus *Sensor Kinetics* programą.

Išmaniajame telefone barometrinio aukščiačio rodiklio funkciją atlieka programa *Altimeter* (22 pav.).



20 pav. Aukščio pokyčio fiksavimas nuleidus išmanųjį telefoną 1 metrą žemyn

Fig. 20. Determination of altitude variation when a Smartphone is lowered by 1 meter



21 pav. Slėgio pokytis kylant liftu iš 1 į 5 aukštą

Fig. 21. Pressure drop in a lift rising from the first to the fifth floor



22 pav. Programa *Altimeter*

Fig. 22. The application *Altimeter*

Programoje galima pasirinkti naudojamo aukščio duomenis: barometrinį aukštį; palydovinį (mažiausias tikslumas); *Mapquest* (didesnis tikslumas – reikalingas interneto ryšys); *USGS* (didžiausias tikslumas – reikalingas interneto ryšys).

Išmaniojo telefono *Bosch* barometrinis jutiklis. Jo parametrai: galia: 1 mW; maksimali reikšmė: 1013,25 mBarų; raiška: 1,0 mBarų.

Garsiakalbis

Naudojamas piloto išpėjamiems kritiniams garsams (gali būti, kad garsas nesigirdės dėl variklio triukšmo). Gali būti naudojamas pasirinktų režimų garsiniam užtvirtinimui (supypsėti), nes pilotas negali skirti daug dėmesio telefono stebėjimui, kadangi ekranas nėra ypatingai didelis, ir reikalauja tam tikro dėmesio sutelkimo (užtrunka šiek tiek laiko vaizdo fokusavimui).

Priartėjimo / judesio jutiklis

Šis jutiklis turi tik dvi padėtis: priartėjo arba ne. Veikimo atstumas – nuo 0 iki 8 cm. Jutiklis taip pat galėtų fiksuoti piloto rankos judesius nustatant vertinimo sistemos parametrus, tuo supaprastinant programinės įrangos valdymą.

Išmaniojo telefono *Maxim MAX88920* priartėjimo jutiklis. Jo parametrai: galia: 0,75 mW; maksimali reikšmė: 8,0 cm; raiška: 8,0 cm.

Priekinė ir galinė kamera

Šiuolaikiniai išmanieji telefonai turi didelios raiškos galines kameras (13 MP HD (1080 p), 30 kadrų/s). Priklausomai nuo telefono padėties orlaivyje, būtų galima filmuoti priekinį skrydžio vaizdą arba net orlaivio prietaisų parodymus (23 pav.). Kaip yra sukurta technologija veido atpažinimui, taip galėtų būti sukurta panaši technologija, kuri gebėtų atpažinti orlaivio prietaisų parodymus parinkus naudojamo orlaivio tipą, su kuriuo skrenda pilotas.

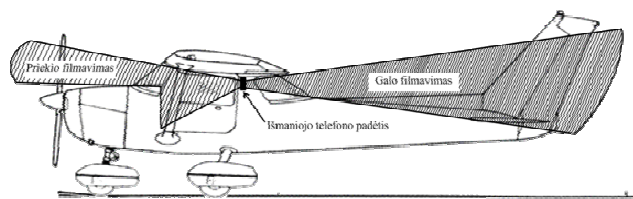


23 pav. Orlaivio priekio vaizdas į *Cessna 172*, jei išmanusis telefonas būtų pritvirtintas toje vietoje, kaip pavaizduota 24 pav.
Fig. 23. Front view of the aircraft *Cessna 172*, if the Smartphone is secured in the place indicated in Fig. 24

Priekinė kamera dažniausiai būna mažesnės raiškos (2 MP 1080 HD, 30 kadrų/s.), tad jos pakaktų galinio (25 pav.) bendro skrydžio vaizdo filmavimui. Priklausomai nuo padėties – ar orlaivio priekyje, ar jo gale yra telefonas – galėtų taip pat filmuoti ir piloto veido išraiškas bei jo emocijas. Taip pat išmanusis telefonas turi akių sekimo (angl. – *eyes tracking*) funkciją. Ji galėtų būti panaudota piloto akių dėmesio sekimui.

Jei mes išmanųjį telefoną perkelsime iš padėties, kuri pavaizduota 24 paveiksle į padėtį prie orlaivio priekinio stiklo (26 pav.), tai tokioje vietoje galinė išmaniojo telefono kamera geriau aprėps priekinį vaizdą, o priekinė kamera jau galės filmuoti pilotų veidus ir jų emocijas. *Samsung Galaxy S4* yra unikalus išmanusis telefonas, kuris gali vienu metu įrašinėti vaizdą per abi kameras ir

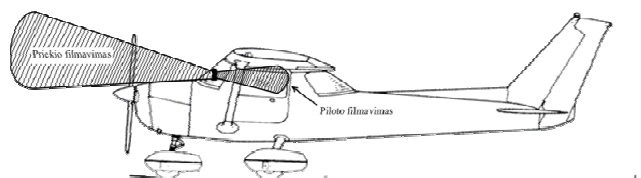
panaudojus telefone vaizdo vaizdo technologiją, galime matyti abiejų kamerų įrašą (27 pav.).



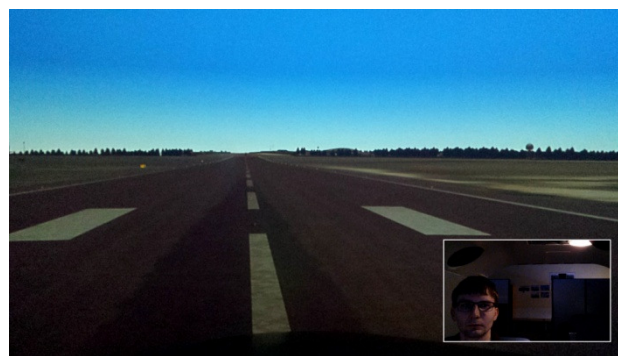
24 pav. Išmaniojo telefono priekinės ir galinės kameros aprėpiamo vaizdo sritys, kai jis pritvirtintas už pilotų sėdinių
Fig. 24. The Smartphone's front and rear camera display areas to be covered when it is mounted behind the pilots' seats



25 pav. Orlaivio *Cessna 172* galinis vaizdas
Fig. 25. The rear view of the aircraft *Cessna 172*



26 pav. Išmaniojo telefono priekinės ir galinės kameros aprėpiamo vaizdo sritys, kai jis pritvirtintas prie priekinio stiklo
Fig. 26. The Smartphone's front and rear camera display areas to be covered when it is attached to the windshield



27 pav. Orlaivio vaizdas už priekinio stiklo ir piloto vaizdas *FNPT II MCC* skrydžio treniruoklyje
Fig. 27. The aircraft view image from the windshield and the pilot image in *FNPT II MCC* flight simulator

Priklausomai nuo situacijos, tačiau piloto veidas ir galinis vaizdas nėra labai reikšmingi, vaizdo įrašas gali būti sumažintas pagrindinio įrašo kampe (27, 28 pav.).



28 pav. Skrydžio priekio ir galo vaizdo įrašas panaudojus technologiją vaizdas vaizde

Fig. 28. Front and rear view of the flight video recording using picture in picture (PIP) technology

Jei manoma, kad įrašų informacija yra vienodai svarbi, tuomet galima naudoti abiejų kamerų vieno dydžių vaizdo formatą (29 pav.).



29 pav. Priekinio ir galinio skrydžio įrašo vaizdo atkūrimas

Fig. 29. Playback of front and rear view of flight video recordings

Išmaniajame telefone gali būti naudojamas plačiaformatis (16:9) vaizdo įrašas arba standartinis 4:3 masteliu. Taip pat galima pasirinkti raišką iš toliau pateiktų formatų: 16:9 1920x1080; 4:3 1440x1080; 16:9 1280x720; 4:3 320x240.

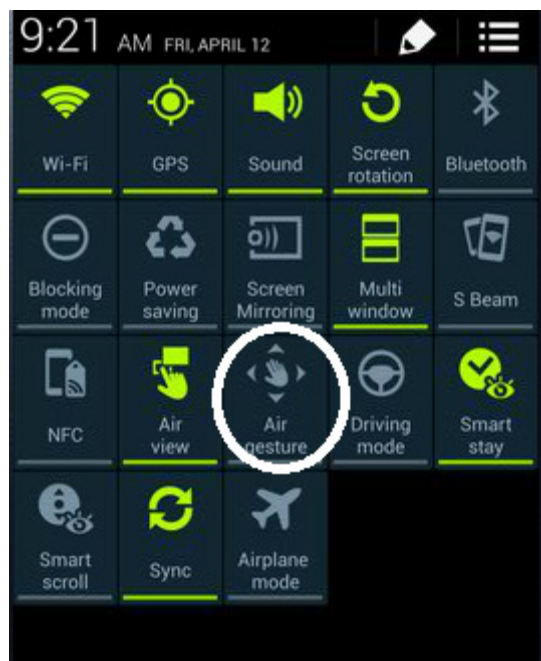
Liečiamas ekranas

Liečiamas ekranas galėtų būti skirtas parametrų parinkimui arba skrydžio duomenų realiam išvedimui. Po garsinio signalo galėtų taip pat pateikti tam tikrus tekstinius išpėjimus apie pavojingus manevrus. Taip pat gali būti naudojamas tam tikrų režimų nustatymui.

Išmaniajame telefone naudojamas ganėtinai didelis ir ryškus 130 mm įstrižainės (1920x1080 raiškos) AMOLED ekranas.

Holo jutiklis

Išmanųjį telefoną galima valdyti rankų judesiais (gestais) (30 pav.), dėl to palengvėtų jo valdymas esant ir taip įtemptam piloto darbui. Ši galimybė būtų naudojama pasirenkant įvairius skrydžio režimus bei rodomus parametrus.



30 pav. Rankų gestų aktyvavimas išmaniajame telefone

Fig. 30. Activation of hand gestures in Smartphone



31 pav. Išmaniojo telefono standartinių funkcijų valdymas rankų gestais

Fig. 31. The control of standard functions with hand gestures in a Smartphone

Panaudojus standartinius išmaniojo telefono funkcijų valdymo gestus, būtų galima taip pat patogiai valdyti piloto skrydžio vertinimo programą (31 pav.).

Duomenų bazė

Kuriant piloto skrydžio vertinimo sistemą, reikalinga, kad programa turėtų duomenų bazę, kurioje būtų surinkta įvairi pilotui reikalinga informacija, t. y. radijo švyturių, aerodromų koordinatės, užėjimui tūpti aerodromų kryptys bei tūptinės liniją formuojantis algoritmas, pagal kurią būtų vertinimas orlaivio piloto tūpdymo tikslumas bei daug kitos reikalingos informacijos.

Šiuo metu jau yra sukurtos programos, kurios turi *NDB* radijo švyturių duomenų bazę. Įvedus *NDB* švyturio šaukinį, programa pagal žinomas jo koordinatas, pasinaudojant *GNSS* duomenimis, rodo kursą į *NDB* švyturį imituodama orlaivio *ADF* rodiklį (32 pav.). *GPS ILS* (33 pav.) programa formuoja tūptinės liniją, rodydama pilotui informaciją *CDI* rodiklyje. Tačiau jos veikimas dar nevisavertis, kadangi turi vos keli aerodromai, kuriuose ji gali veikti.



32 pav. Aircraft ADF free programa turinti *NDB* švyturių duomenų bazę

Fig. 32. Aircraft ADF free application with *NDB* beacon database



33 pav. *GPS ILS* programa imituojanti kurso nuokrypos rodiklį (*CDI*)

Fig. 33. *GPS ILS* application that imitates the course deviation indicator (*CDI*)

Vertinant skrydį, taip pat svarbu, kad vertinimo sistema žinotų, kokių orlaivių pilotas atliks skrydį, mat skirtingi orlaiviai turi skirtingas skrydžio charakteristikas (kilimo-tūpimo greitis, aukštėjimo-žemėjimo greitis ir kt.). Šios charakteristikos išmaniajame telefone turėtų būti jo duomenų bazėje ir lėktuvo tipas būtų parenkamas prieš skrydį.

Remiantis T. Masiulionio ir J. Stankūno (2013) studija, turėtų būti sudaryti skrydžio koridorių ir praskridimo taškų vertinimo duomenų bazė, pagal kurią būtų vertinamas pilotas-mokinys.

3. Išvados

1. Tyrimo metu apžvelgtos įvairios išmaniojo telefono ir jo jutiklių pritaikymo sritys. Pastebėta, kad yra sukurta įvairių pavienių programų, atliekančių aviacijos prietaisų funkcijas. Tačiau neaptikta daugiafunkcinių priemonių, kurios atliktų sudėtingą duomenų apdorojimą ir jų įvertinimą.
2. Tyrinėjant išmaniojo telefono jutiklių galimybes prieita išvados, kad išmanusis telefonas yra sąlyginai nebrangus monolitinis prietaisas, kuriame sutelkti visi svarbiausi jutikliai, kurie būtų reikalingi analizuojant mokomuosius skrydžius bei kuriant piloto skrydžio automatizuoto vertinimo sistemą.
3. Jutiklių apžvalgoje ištirti kai kurių jutiklių matavimo tikslumai ir jų matavimo ypatybės.
4. Šis tyrimas yra pirmas žingsnis siekiant pritaikyti išmaniąsias technologijas piloto skrydžio automatizuotai vertinimo sistemai. Aprašytas teorinis sistemos prototipas, kuriuo remiantis toliau bus siekiama įgyvendinti realią veikiančią sistemą.
5. Projektuojant sistemą bus reikalinga atlikti daugiau empirinių tyrimų bei surinkti įvairių bandymų duomenų, kurie paremtų gautas išvadas bei užtikrintų patikimą programos veikimą.

Literatūra

- Agu, E. et al. (2013). The Smartphone as a medical device assessing enablers, benefits and challenges [cited 07 May 2014]. At: *Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON), 2013 10th Annual IEEE Communications Society Conference on*. Page(s): 76 – 80.
- Briso, C. et al. (2002). Requirements of GSM technology for the control of high speed trains. At: *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2002. The 13th IEEE International Symposium on*. Page(s): 792 - 793 vol.2
- Dominicis, C. M. et al. (2012). Evaluation of Bluetooth hands-free profile for sensors applications in Smartphone platforms. At: *Sensors Applications Symposium (SAS), 2012 IEEE*. Page(s): 1 – 6.
- Göller, M. (1995). Application of GSM in high speed trains: measurements and simulations [cited 18 May 2014]. At: *Radiocommunications in Transportation, IEEE Colloquium on*. Page(s): 5/1 - 5/7.
- Gregory, J. W.; Jensen, C. D. (2012). Smartphone-Based Data Acquisition for an Undergraduate Course on Aircraft Flight Testing [cited 17 April 2014]. At: *IEEE journal*.
- Kim, J. et al. (2013). Feasibility of employing a Smartphone as the payload in a photogrammetric UAV system [cited 23

April 2014]. At: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 79 (2013) 1–18.

Masiulionis, T.; Stankūnas, J. (2013). Methodological aspects of automatic pilot flight assessment system. At: *AVIATION-13*, 17:3, 113-118.

Thammasat, E., Chaicharn, J. (2012). A Simply Fall-Detection Algorithm Using Accelerometers on a Smartphone [cited 03 May 2014]. At: *The 2012 Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON-2012) (IEEE)*. Page(s): 1 – 4.

RESEARCH ON METHODOLOGICAL ASPECTS OF SMARTPHONE APPLICATION FOR THE DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC PILOT FLIGHT ASSESSMENT SYSTEM

T. Masiulionis, J. Stankūnas

Summary

The aim of this article is to evaluate the applicability of Smartphone and its sensors for the assessment of training flights. An overview of currently developed Smartphone sensor data and their use for applications, as well as the accuracy and features of sensors. The functional use of sensors in an automated pilot assessment system is described.

Keywords: aviation, training flight evaluation, flight assessment methodology, Smartphone.