Ласерско алтиметријско снимање

Доц. др **Иван Несторов**, дипл. геод. инж.
Југослав Бељин, дипл. геод. инж
Небојша Мартиновић, дипл. геод. инж.

РЕЗИМЕ

Систем за снимање из ваздуха познат као LiDAR систем (LIght Detection and Ranging), представаља релативно нов начин за прикупљање података који обезбеђује велики број информација о објектима на површини земље као и о земљишним облицима са великом густином тродимензионалних координата тачака, омогућавајући високи квалитет представљања снимљене површине.
LiDAR је резултат интеграције три технологије у један систем, који служи за прикупљање података и представља идеалан алат који омогућава добијање дигиталних површинских модела (Digital Surface Model – DSM). Ове технологије су ласерски скенер (Laser Scanning and Ranging System), глобални позициони системи (Global Positioning System – GPS) и инерцијални навигациони систем (Inertial Navigation System – INS) такође познат као инерцијална мерна јединица (Inertial Measurement Unit – IMU). Њиховом комбинацијом се може одредити положај додирне тачке ласера на површи земље са високом прецизношћу.
Кључне речи: *LiDAR, DSM, GPS, INS*

Laser altimetry surveying

Ivan Nestorov, Ph.d. M. Sc. Geod. eng.
Jugoslav Beljin, Geod. eng.
Nebojša Martinović, Geod. eng.

ABSTRACT

The airborne laser mapping, called LIDAR (LIght Detection And Ranging), provides fast acquisition of a great volume of information on the variation of the surface region through a high density of threedimensional points, allowing a great quality representation of the land surface.
LIDAR is the result of the integration of three technologies in a system capable of data acquisition for the production of Digital Surface Models (DSM). These technologies are: a Laser Scanning and Ranging System, a Global Positioning System (GPS) and an Inertial Navigation System – (INS) also known as Inertial Measurement Unit (IMU). Combined, they provide the positions where the laser beams touch the surface with high precision.
Key words: *LiDAR, DSM, GPS, INS*

1. УВОД

Премер коридора је дуг, скуп и комплексан процес. С једне стране тежак терен, природне и вештачке препреке могу да успоре уобичајено терестичко снимање, док с друге стране аерофотограметријско снимање често не може да обезбеди захтевану тачност. Под *коридором* подразумевамо дугачке и уске појасеве земљишта од интереса за снимање и картирање. Упоредо са развојем технологије у областима: рачунара, GPS, LiDAR, видео и фото камере,... развијен је и систем за снимање и картирање коридора, познат као FLI-MAP. Прототип FLI-MAP система је направљен 1994. године који је временом развијан и унапређиван преко FLI-MAP I (из 1995.), FLI-MAP II (из 1999.), побољшане верзије FLI-MAP II система (из 2000) и FLI-MAP IIb (из 2003.) до верзије система која је данас актуелна FLI-MAP 400.

Разлика између оперативног система FLI-MAP II (из 2000.) и унапређене верзије FLI-MAP 400 (из 2005.) приказане су у табели 1:

Табела 1: *Поређење система FLI-MAP II и FLI-MAP 400*

Сензор		FLI-MAP II	FLI-MAP 400
Ласер	Тип скенера	Ротационо огледало	Ротационо огледало
	Угао скенирања	60^0	60^0
	Фреквенција ласера	(2x) 10,000 Hz	150,000 Hz
	Фреквенција скенирања	50 Hz	150 Hz
	Рефлектовани сигнали	1 (један повратни сигнал)	макс. 4
	Оперативна висина лета	15 – 150 m	5 – 400 m
	Тачност мерења (1сигма)	5 cm	1 cm
	Правац скенирања	Напред – Назад	Напред – Надир – Назад
Видео	Формат	MPEG-1	MPEG-4
	Резолуција	352 x 288	720 x 576
Снимци	Резолуција	1280 x 960	4000 x 3672
GPS	Учесталост позиционирања	2 Hz	10 Hz

FLI-MAP ***(Fast Laser Imaging and Mapping Airborne Platform)***, је акроним за брзо ласерско алтиметријско снимање коридора са видео и фото снимањем високе резолуције, за прикупљање и обраду података и за израду картографских подлога (*и других додатних производа*) из хеликоптера.

FLI-MAP је систем који обједињује даљиномерски ласерски детектор (**LiDAR**), Глобални позициони систем (**GPS**), Инерцијани навигациони систем (**INS**), дигиталне видео и фото камере, као и наменски FLIP7 програмски пакет , који се користи за прецизно прикупљање података и свеобухватну анализу и накнадну обраду података.

Мулти-сензорска платформа FLI-MAP система је адаптабилна и може се монтирати на различите врсте хеликоптера, који лети дуж коридора по претходно утврђеном плану лета. Мулти-сензорска платформа је тако конструисана да истовремено сакупља прецизне GPS податке, информације о положају платформе, ласерски мери дужине, снима и сликовно приказује податке.

Принцип FLI-MAP система се заснива на чињеници да се енергија ласерских зрака делимично рефлектује, а делимично апсорбује тлом или објектима у простору. Рефлектујући део ласерског зрака се снима уз помоћ сензора (пријемника) који се налази поред ласера, а временска разлика између емитовања сигнала и пријема рефлексије даје дужину између хеликоптера и тачке на тлу. Како се позиција, односно положај у простору и трајекторија кретања хеликоптера тачно одређују за сваки моменат импулсне трансмисије, могу бити израчунате прецизне тродимензионалне координате сваке тачке која је погођена емитованим ласерским сигналом.

Сл. 1. *Принцип рада FLI-MAP система*

Са просечно снимљених 150.000 тачака у секунди, на висини лета до 400 m и брзином летилице од 40-80 km/h, овим системом се може прикупити око 15.000.000 3Д просторно одређених тачака по километру. Ова велика густина од 20-70 тачака по m² омогућава тачно и поуздано одређивање позиција и висина свих објеката у коридору, као и распознавање тачака и линија објеката и њихових међусобних односа, што омогућава препознавање детаља објеката као што су линије грађевина, водова, далеководних стубова, километарских стубова, сигнала или скретница. На пример, могуће је открити опуштање (ланчаница) водова на далеководима, стање постојећих путева или снимити терен за пројектовање нових инфраструктурних објеката. Ласер мери дужине четири рефлектована ласерска зрака у распону од 5-400 м. Сваки сноп садржи 1000 ласерских импулса, има захват од 60º, тако да снима 1000 тачака профила и управан је на путању лета. Сваки снимљени сноп садржи време, ласерски положај и проверу података.

Оперативно ласер снима брзином од 150 снопова у секунди и има захват који је приближно једнак висини лета изнад тла. За постизање више тачности користе се два ласера, која стварају скоро дуплу густну тачака, чиме се минимализује и ефекат сенке јер је један ласер усмерен 7° унапред, а други 7° уназад. Густина тачака је у функцији брзине лета (снопови у правцу лета) као и висине лета (размак иземђу тачака у снопу). Ради илустрације, при средњој брзини лета од 65 km/h и висини лета од 100 m, густина тачака на квадратном метру је 74, док је на висини од 200 m при истој брзини лета густина тачака 37 тачака по квадратном метру.

Анализа и обрада FLI-MAP 400 података се ради по завршетку целокупног снимања специјализованим програмом FLIP7. Овај наменски програмски пакет пружа могућност анализе и обраде процесираних података снимања која је базирана на примени филтера који по различитим критеријумима издвајају скупове тродимензионалних тачака олакшавајући на тај начин оператеру картирање – обраду података. FLIP7 програмски пакет, заједно са другим подпрограмима, VCR Controller-ом і DV Controller-ом, контролише VCR і DV који имају могућност временског кодирања, и омогућава кориснику да координира снимке са подацима ласерски одређених тачака и да добије потпуну мултимедијалну презентацију снимљеног подручја.

Општи приказ параметара који су добијени коришћењем различитих висина лета и брзина приликом снимања, су приказане у следећим табелама:

Табела 2: *Приказ параметара при висини лета од 100 м*

Брзина лета хеликоптера	Покривеност коридора ласером	Покривеност коридора снимцима	Густина тачака	Величина пиксела
65 km/h	100 – 110 m	85 – 90 m	70 – 75 тачака/m²	3 cm
75 km/h	100 – 110 m	85 – 90 m	62 – 65 тачака/m²	3 cm
85 km/h	100 – 110 m	85 – 90 m	55 – 58 тачака/m²	3 cm

Табела 3: *Приказ параметара при висини лета од 175 м*

Брзина лета хеликоптера	Покривеност коридора ласером	Покривеност коридора снимцима	Густина тачака	Величина пиксела
65 km/h	190 – 200 m	145 – 155 m	40 – 43 тачака/m²	5 cm
75 km/h	190 – 200 m	145 – 155 m	35 – 38 тачака/m²	5 cm
85 km/h	190 – 200 m	145 – 155 m	30 – 33 тачака/m²	5 cm

Табела 4: *Приказ параметара при висини лета од 250 м*

Брзина лета хеликоптера	Покривеност коридора ласером	Покривеност коридора снимцима	Густина тачака	Величина пиксела
65 km/h	265 – 275 m	215 – 225 m	25 – 30 тачака/m²	6,5 – 7 cm
75 km/h	265 – 275 m	215 – 225 m	22 – 25 тачака/m²	6,5 – 7 cm
85 km/h	265 – 275 m	215 – 225 m	20 – 22 тачака/m²	6,5 – 7 cm

2. КОМПОНЕНТЕ FLI-MAP СИСТЕМА

Интеграцијом система као што су ласерски детектор (LiDAR), Инерцијални Навигациони Систем (INS), OTF Кинематички GPS, дигиталне видео и фото камере, и специјализовани програмски пакет FLIP7, створен је изузетан систем за 3Д премер коридора – FLI-MAP систем.

До 1993. године било је учињено неколико покушаја употребе ласерског даљиномера за премер терена. У претходним системима аеро-снимања, одређивање позиције летилице је био највећи изазов. Напредак у раним 90-им у прецизном 3Д позиционирању и одређивању положаја заснованом на GPS-у (или стабилној инерцијалној навигацији) учинио је аеро даљиномерске сензорске системе заиста могућим. “On The Fly” (OTF) Кинематички GPS (KGPS) се користи за позиционирање специјално опремљене летилице која снима терен. Прикупљају се мерења тачног позиционирања, положаја летилице и ласерски одређених растојања. Ова технологија је позната и као решење Кинематичке целобројне неодређености (*Kinematic Ambigyity Resolytion*-KAR) или као Кинематика у реалном времену (*Real Time Kinematic*-RTK).

OTF решење целобројне неодређености је учинило технику Кинематичког снимања примењливом за континуално и динамички интегрисано прикупљање података. Техника кинематичког GPS снимања прецизно мери 3Д вектор између две GPS антене поређењем мерења L-групе фазе носача између сателита и пријемника. Да би се утврдиле ове разлике, мора бити утврђен цео број циклуса између сателита и пријемника. Са оригиналним кинематичким техникама, ово је изведено коришћењем варијанте иницијализације статичне базне линије. KGPS није идеално решење за прикупљање података 3Д вектора док је у покрету, због ризика неодржавања континуалне везе између два пријемника, јер у случају прекида везе, бројање целог броја циклуса мора бити поново успостављено иницијализацијом статичне базне линије.

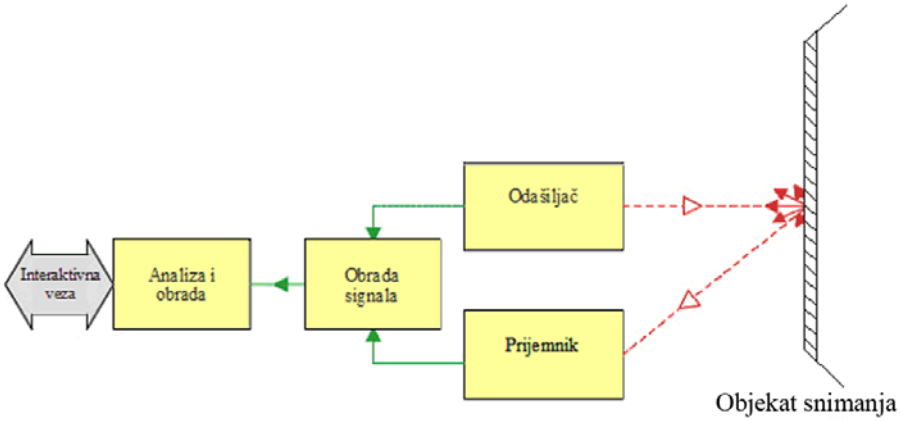
OTF техника KGPS-а омогућава утврђивање целобројних неодређености фазних мерења док се један или оба пријемника крећу. Са овом могућношћу, релативна позиција покретног пријемника може бити израчуната са “базе” на познатој тачки. Оријентација, такође укључујући правац и нагиб (попречни и подужни) може бити израчуната између две антене које се континуално крећу једна у односу на другу, без потребе за враћањем на утврђену базну линију, ако је контакт са сателитима изгубљен. Квалитетни GPS пријемници могу да обављају бројна мерења фазе носача у секунди. Ово чини могућим израчунавање бројних тачних 3Д позициционих вектора између антена сваке секунде. Ова мерења су прецизно временски одређена у међусобном односу. Истовремено, референтно време може бити коришћено за уметања мерења обављених различитим сензорима. Мерења WGS-84 елипсоидног вектора могу бити трансформисана у било који локални снимљени датум, односно, како GPS мери релативну промену у позицији било које две антене, локална координата покретног пријемника може бити израчуната из локалне координате базне станице. Практично,

вектори се мере од бројних контролних тачака (база) до покретних пријемника да произведу “најбољу дуж” позиције антена.

У пракси се надморска висина мери од геоидне (еквипотенцијалне) површине. Како је ова површина неправилна у односу на математички дефинисану елипсоидну површину, промена у елипсоидној висини која је мерена KGPS-ом између две тачке не може тачно да процени промену у надморској висини између истих тих тачака. За тачније дефинисање вертикалне представе терена, неопходно је што тачније одредити сепарацију геоида, што се ради поређењем GPS мерења између високо-квалитетних вертиканих контролних тачака у пројектном подручју и аналитичким одређивањем корекција. Ово може бити учињено такође и упућивањем на геоидне моделе доступне из секундарних извора.

FLI-MAP систем

FLI-MAP користи инфрацрвено светло за мерење растојања. Принцип мерења је да се енергија ласерког зрака делом рефлектује, а делом апсорбује од површине земље или објеката на терену. Рефлектовани део импулса се снима помоћу сензора поред ласера и временска разлика између емитовања импулса и пријема прве рефлексије даје растојање између позиција ласера на хеликоптеру и тачке на површини. Скенирајући ласер је наменски дизајниран и безбедан за очи. Способан је да мери растојања од 5–400 метара. Ласерски сноп садржи 1000 мерења растојања и има ширину захвата од 60 степени. Сваки снимљени сноп садржи референце, распоред времена, положај ласера, оверу података (информацију детекције грешака) и информацију интензитета која омогућава способност активног инфрацрвеног оцртавања.



Сл. 2. *Принцип рада LiDAR-а*

Склоп FLI-MAP система обезбеђује самосталност летилице и стабилну платформу која интегрише два ласерска даљиномера, две дигиталне видео и фото камере и више GPS i DGPS антена. Унутар хеликоптера је инсталирана електронска опрема за временско видео и фото кодирање, дигитални видео и фото регистрирајући уређаји, GPS i DGPS пријемници, инерцијални навигациони систем (INS) и неколико рачунара.

Сл. 3. *Хеликоптер опремљен за алтиметријско снимање*

FLI-MAP систем примењује OTF KGPS технику да одреди позицију хеликоптера. Систем користи два покретна GPS пријемника и бројне GPS пријемнике на референтним базним станицама. OmniSTAR DGPS сателитски пријемници прикупљају RTCM-104 диференцијалне корекције чиме обезбеђују субметарску тачност позиције хеликоптера током лета за навигацију пилота у реалном времену по унапред утврђеној линији лета, као и за накнадну обраду података. Виши ниво тачности позиције (< 10 цм) може се накнадно

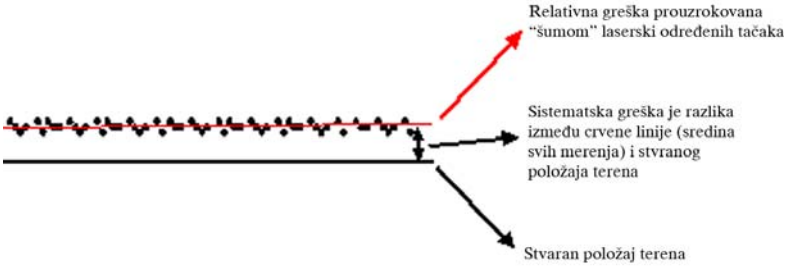
израчунати. Положаја хеликоптера на свакој локацији, одређује се инерцијални навигациони систем - INS, који је интегрисан у FLI - MAP систем. INS обезбеђује тачну информацију о позицији и положају платформе.

Модуларно дизајниран, FLI-MAP систем, може бити постављен на различите типове хеликоптера. За ову сврху систем је подељен на два главна дела, сензорску платформу и електронску компјутерску јединицу (ECU). Сензорска платформа је монтирана на носаче испод хеликоптера. Платформа садржи ласере, IMU, видео и фото камере, и два специјално дизајнирана носача на које су монтиране GPS антене. ECU има сву неопходну опрему за прикупљање и обраду података добијену од система, као што су GPS и OmniSTAR пријемници, INS и видео регистрирајући уређаји.

Опремљен са две дигиталне S-VHS колор видео камере високе резолуције 720x576, емисионог квалитета. Тачно UTC време је убележено у сваки видео кадар, обезбеђујући тачну корелацију података са ласерским подацима. Такође, су две дигиталне фото камере монтиране поред видео камера са резолуцијом од 4000x2672 пиксела

3. ТАЧНОСТ КООРДИНАТА ДОБИЈЕНИХ FLI-MAP СИСТЕМОМ

Тачност ласерског уређаја је одређена релативном тачношћу просторно одређених тачака од 1,5 – 2 cm (1σ). Док је апсолутна тачност ове методе прикупљања података, повезана са изворима грешака GPS и INS уређаја. Искуство је показало да је ова тачност у рангу 3 cm (1σ) за најтеже терене.



Сл. 4. *Илустрација карактера случајних и систематских грешака*

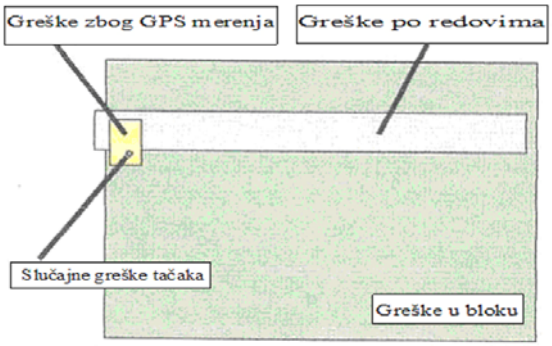
ИЗВОРИ ГРЕШАКА ПОЛОЖАЈА (X,Y,Z)

Главни извори грешака положаја код прикупљања податка применом FLI-MAP система је повезано са опремом глобалних система за позиционирање GPS-ом који су постављени на летелицу, затим инерцијалне навигационе јединице INU за одређивање положаја између GPS мерења и инерцијалне мерне јединице IMU за праћење подешавања правца ласера.

Хоризонталне грешке (X i Y) су уобичајено веће него вертикалне грешке. Утицај хоризонталних грешака се смањује на меру од 1cm до 2 cm коришћењем видео снимака и дигиталних слика високе резолуције које служе као помоћно средство и подлога за векторизацију FLI-MAP података. Грешке висине код теренског прикупљања података је повезано са нагибом терена. Чак и ако је *висина* посматране површине измерена ,,без грешке‘‘, хоризонтална грешка у опажању се може представити као ,,јасна‘‘ грешка у висинском смислу из перспективе корисника. Додатна грешка висине представљена за тачку која има положајну грешку од 100 cm и нагиб од 10^0 може износити и до ±18 cm. Максимална грешка ће се јавити ако је распоређеност тачака управна на контурну линију. Грешка ће бити нула ако је распоређеност паралелна са контурном линијом. Пракса је показала, да је правац распоређености за сваку појединy тачку непознат и да се претпоставља да се понавља за цео скуп тачака.

ОПИС МОДЕЛА ВИСИНСКИХ ГРЕШАКА

Скуп укупних грешака који прате алтиметријска мерења *могу се поделити у четири компоненете* са различитим амплитудама и различитим просторним резолуцијама. Ове грешке су илустроване на слици:



Сл. 5. *Различите размере компоненти грешака*

1) ***Случајне грешке тачака.***

Током мерења непоузданошћу ласерског скенера свака снимљена тачка је ***оптерећена грешком случајног карактера.*** Ова грешка се такође зове и ,,шум тачке‘‘.

2) ***Грешке због ГПС мерења.***

Свако GPS мерење је оптерећено понављајућом грешком. Ове грешке су константне (систематског карактера) за све ласерске тачке мерене током одређене секунде. Уобичајено, ове тачке леже у подручјима широких редова дужине апроксимативно око 100 m. *Ове грешке зависе од брзине лета и од интервала GPS мерења.*

3) ***Грешке по редовима***

GPS и INS сензори треба да мере положај и оријентацију летилице дуж путање лета. GPS и INS системи узрокују ***систематске грешке по редовима***, које се одражавају на вертикална одступања, одступања дуж и управно на правац лета и ***периодичне ефекте*** *са периодом од неколико километара.*

4) ***Грешке у блоку***

Терестрички одређене референтне тачке (оријентационе тачке) се користе за трансформацију блока ласерски измерених тачака у национални систем висина. Грешке у овим оријентационим тачкама резултирају висинским одступањима која се односе на цео блок. Овај утицај зависи од конфигурације блока (положаја и броја редова, попречних редова и броја оријентационих тачака) и од поступка изравнања (изравнање редова).

Техинком изравнања редова минимизирају се грешке треће и четврте компоненте, док изравнање не утиче на грешке прве и друге компоненте. Амплитуде ових четири компонената грешака се разликују у зависности од пројекта, а такође су у зависности од плана опажања (блок конфигурације) и процедуре мерења (калибрација инструмената).

МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ ИЗРАВНАЊА

Грешке које су моделоване у координатном систему (x, y, z) чији је координатни почетак у тежишту реда и где се x-оса апроксимативно поклапа са правцем лета у следећој су вези са координатама, што је приказано наредним формулама:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \mathbf{R}_{red_u_ref} \cdot \left(\mathbf{R}_e + x\mathbf{R}_{et}\right)\left[\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_x \\ e_y \\ e_z \end{pmatrix}\right] + \begin{bmatrix} X_{težište_reda} \\ Y_{težište_reda} \\ Z_{težište_reda} \end{bmatrix} \tag{1}$$

$$\mathbf{R}_e = \begin{bmatrix} 1 & -\kappa & \varphi \\ \kappa & 1 & -\omega \\ -\varphi & \omega & 1 \end{bmatrix} \tag{2}$$

$$\mathbf{R}_{et} = \begin{bmatrix} 0 & -\dot{\kappa} & \dot{\varphi} \\ \dot{\kappa} & 0 & -\dot{\omega} \\ -\dot{\varphi} & \dot{\omega} & 0 \end{bmatrix} \tag{3}$$

$\mathbf{R}_{red_u_ref}$, $X_{težište_reda}$, $Y_{težište_reda}$, i $Z_{težište_reda}$ одређују трансформацију између референтног координатног система (X, Y, Z) и ,,идеалног‘‘ (ослобођеног грешака) координатног система реда (x, y, z). Одступања од ,,иделаног‘‘ кооординатног система реда су одређена са три транслације (e_x, e_y, e_z), три ротације (ω, φ, κ) и три временски зависне ротације ($\dot{\omega}$, $\dot{\varphi}$, $\dot{\kappa}$). Треба напоменути да овај модел једино утиче на поправку систематских грешака, које узрокују линеарне деформације реда. Локални ефекти, посебно они који су проузроковани ограниченом прецизношћу GPS уређаја, нису описани овим моделом.

ПРИКАЗ ГРЕШАКА

Максималне величине грешака у највећој мери зависе од висине лета. Максималне вредности грешака су срачунате за следеће висине 100 m, 150 m и 300 m, које су приказане у табелама. При овим висинама и брзином лета од 55 km/h, пратеће максималне вредности грешака (1σ) за сваку ласерски одређену тачку се може израчунати, и оне су приказане у следећим табелама:

Табела 5. *Висина лета 100 m, 75 тачака / m²*

Правац скенирња	Апсолутна хоризонтална грешка	Апсолутна вертикална грешка	Релативна тачност	Напомена
Ортогоналан	0,04 m	0,031 m	0,015 m	Скенирање директно испод хеликоптера
Под углом	0,05 m	0,032 m	0,015 m	Скенирање изван коридора од 100m и унапред и уназад под углом од 7 ^{0}

Табела 6. *Висина лета 150 m, 57 тачака / m²*

Правац скенирња	Апсолутна хоризонтална грешка	Апсолутна вертикална грешка	Релативна тачност	Напомена
Ортогоналан	0,05 m	0,032 m	0,015 m	Скенирање директно испод хеликоптера
Под углом	0,06 m	0,033 m	0,015 m	Скенирање изван коридора од 100m и унапред и уназад под углом од 7 ^{0}

Табела 7. *Висина лета 300 m, 29 тачака / m²*

Правац скенирња	Апсолутна хоризонтална грешка	Апсолутна вертикална грешка	Релативна тачност	Напомена
Ортогоналан	0,09 m	0,034 m	0,015 m	Скенирање директно испод хеликоптера
Под углом	0,10 m	0,036 m	0,015 m	Скенирање изван коридора од 100m и унапред и уназад под углом од 7 ^{0}

ПОВЕЋАЊЕ ТАЧНОСТИ

Примаран утицај на прорачун тачности има GPS компонента. Због тога је неопходно побољшати GPS тачност користећи додатне контролне тачке са сваке стране коридора. Свако побољшање у GPS мерењима има ће за последицу повећање тачности Z координате ласерски одређене тачке.

Аналогно томе, и код нас је било радова који су обрађивали ову тему. Наиме, реч је о пројекту који је изведен са претходном технологијом FLI-MAP II, чија апсолутна тачност одређивања просторних координата износи од 5-8 cm, и где се након примене ПЕРГ методе поправљања тачности добија вертикална апсолутна тачност боља од 3 cm. *(Перовић, и др. 2004)*

4. ПРИМЕНА FLI-MAP СИСТЕМА

Брзина, тачност и специфичан начин добијања података FLI–MAP системом, чине премер коридора овом методом веома ефикасним. Једним снимањем добијају се:

Ортофото планови (резолуција пиксела 4 cm),

3Д Топографски планови,

Дигитални модел терена (са минималном густином тачака од 5 cm),

Дигитални модел површи (са минималном густином тачака од 5 cm),

Подужни и попречни профили,

Видео запис (могућност интеграције у ArcView, MicroStation, AutoCAD окружењу).

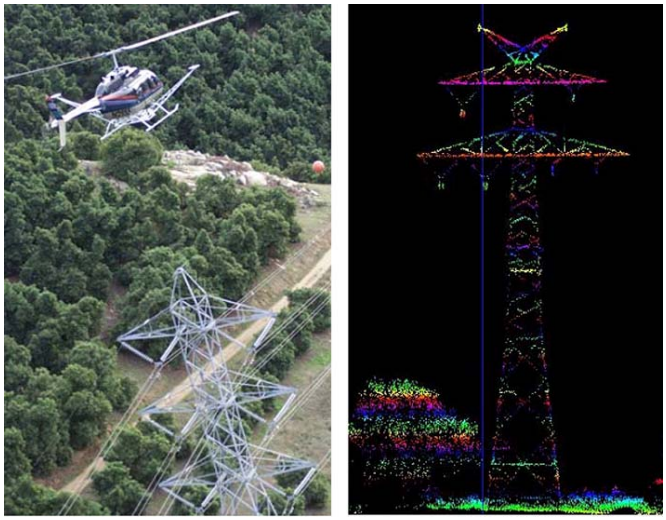
Примена система је очигледна: Систем је примењлив на свим врстама објеката, а најчешће су то: путеви, железница, канали, далеководи итд.

ПУТЕВИ**:**

Пуно 3Д топографско картирање; Прорачуни ДМТ-а и снимање потенцијално опасних деоница;

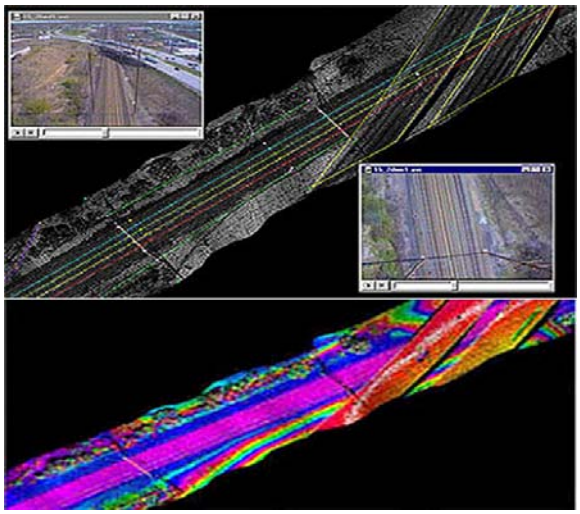
Сл. 6. *Приказ снимљне раскрснице (фузионисани ласерски подаци, ортомозаик и видео запис)*

ВИСОКОНАПОНСКИ ВОДОВИ**:**
Картирање и класификација топографије коридора трансмисионих линија; Прецизно одређивање тачака спојева на далеководима, картирање опуштености (ланчанице) водова;



Сл. 7. *Снимање високонапонских водова и резултат снимања*

ЖЕЛЕЗНИЦЕ:
Картирање железничких траса; Топографија свих праваца путева; Попис и класификација објеката; Експортовање података у системе одржавања и управљања;



Сл. 8. *Подаци снимања коридора железничких пруга*

ОСТАЛО:
FLI – MAP подаци се такође користе за картирање коридора цевовода, насипа, брана, канала и других области које захтевају тачне 3Д скупове података.

5. ПРИМЕНА СИСТЕМА У СРБИЈИ

У октобру 2003. године је у Србији обављено геодетско снимање FLI-MAP методом око 300 km магистралних путева за потребе Републичке дирекције за путеве и око 60 km далековода за потребе ЈП „Електроисток“. Циљ овог снимања био је израда топографских подлога за потребе реализације идејних пројекта нових путева као и пројеката реконструкције и ревитализације постојећих путева, израда дигиталних модела терена снимљених коридора и израда геометријске основе за ГИС путева и далековода.

6. ЗАКЉУЧАК

FLI-MAP ласерско алтиметријски систем као прецизан метод за прикупљање и обраду података је изузетно исплатив систем помоћу кога се у кратком року добијају тачни и исцрпни резултати. Због својих особина ласерске технике снимање LiDAR системом може бити коришћено у околностима где је приступачност терена ограничена, забрањена или опасна. Због предности у применама и у решавању проблема инжењерске геодезије, картографије коридора, ГИС-а итд. FLI-MAP метод снимања коридора из ваздуха све више се користи у свету и с правом се сматра будућношћу картирања коридора јер се доказао као права комбинација ефикасности, једноставности и економске оправданости у својој примени.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Божић, Б. : Глобални системи позиционирања, Грађевински факултет, Београд, 2001.

[2] Мартиновић, Н. : Примена LiDAR система код снимања путева, Дипломски рад, Београд, 2005.

[3] Нешковић, Д. : Алтиметријско снимање коридора из хеликоптера, Дипломски рад, Београд, 2003.

[4] Перовић Г, Несторов И, Бељин Ј, Глигорић М, (2004): PERG method of increasing the absolute vertical accuracy of the laser scanned points obtained by FLI-MAP system applied on asphalt roads. INTERGEOEAST, Belgrade, March 03-05.

[5] Перовић Г. : ПЕРГ метода повећања апсолутне вертикалне тачности тачака асфалтних путева одређених помоћу ласерског снимања FLI-MAP технологијом, Пројекат, Еврогеоматика, Београд, 2003.

[6] Списак коришћених интернет страница:

http://www.fugro-inpark.nl
http://www.flimap.com
http://www.lidar.com
http://www.ngs.noaa
http://www.geoplace.co