

## ***Metodika na hospodárny a obsahovo efektívny primárny zber priestorových dát***

Predkladaná metodika je výsledkom výskumno-vývojového projektu Výskum a vývoj v oblasti optimalizácie zberu priestorových dát, ktorý bol realizovaný v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra na základe Zmluvy o nenávratnom finančnom príspevku reg. č. 67/2020-2060-2230-U709, kód projektu ITMS2014+: **313022U709** (ďalej len „Projekt“).

---

### **1. DEFINÍCIA ZÁKLADNÝCH POJMOV**

---

**Metodika** – je vo všeobecnosti súhrn odporúčaných praktík a postupov, ktoré pokrývajú celý pracovný postup sledujúci určitý cieľ, ktorých dodržanie by malo viesť k úspešnému vyriešeniu problému. Metodika popisuje v empirickej (teoretickej) časti práce postup autorov (autora), opisuje a charakterizuje spôsob výberu vhodných vstupov na dosiahnutie výstupov, popisuje výber výskumných resp. spracovateľských metód na dosiahnutie výstupov. V prípade tohto dokumentu – ak nie je výsledne vyložene uvedené inak – pod pojmom „metodika“ rozumieme „Metodiku na hospodárny a obsahovo efektívny primárny zber priestorových dát“, ktorá je výsledkom výskumno-vývojových aktivít troch predchádzajúcich samostatných míľnikov Projektu a ich čiastkových aktivít, a to konkrétne:

#### **M1 Analýza postupov primárneho zberu priestorových dát a ich distribúcie**

v rámci ktorého bola realizovaná nasledovná Podaktivita a jej čiastkové aktivity:

##### **1.1 Analýza postupov primárneho zberu priestorových dát a ich distribúcie**

- Analýza najnovších poznatkov postupov primárneho zberu priestorových dát
- Analýza technických zariadení pre postupy primárneho zberu priestorových dát
- Analýza verejne dostupných dátových zdrojov, ktoré je možné využívať pri primárnom zbere priestorových dát
- Analýza a dokumentácia obmedzení postupov primárneho zberu priestorových dát

- Analýza vlastností priestorových objektov a ich zmien, vplývajúcich na kvalitu primárneho zberu priestorových dát
- Analýza spôsobov distribúcie a možnosti distribúcie priestorových dát

## **M2 Definovanie metodiky na hospodárny a obsahovo efektívny primárny zber priestorových dát**

v rámci ktorého boli realizované nasledovné podaktivity a ich čiastkové aktivity:

### 2.1 Definovanie metodiky na hospodárny a obsahovo efektívny primárny zber priestorových dát - prvá etapa

- Definovanie úvodnej verzie metodiky
- Kontrolné merania - prvá etapa
- Komparačné kontrolné merania - prvá etapa
- Získavanie dát z verejne dostupných dátových zdrojov - prvá etapa
- Spracovanie dát z kontrolných meraní - prvá etapa

### 2.2 Definovanie metodiky na hospodárny a obsahovo efektívny primárny zber priestorových dát - druhá etapa

- Interné overenie správnosti definovania metodiky
- Externé posúdenie správnosti definovania metodiky
- Aktualizácia definovanej metodiky
- Kontrolné merania - druhá etapa
- Komparačné kontrolné merania - druhá etapa
- Získavanie dát z verejne dostupných dátových zdrojov - druhá etapa
- Spracovanie dát z kontrolných meraní - druhá etapa

### 2.3 Finálne definovanie metodiky na hospodárny a obsahovo efektívny primárny zber priestorových dát

- Finálne overenie správnosti definovania metodiky
- Spracovanie metodiky

### **M3 Vývoj aplikácie na stanovenie optimálneho spôsobu primárneho zberu priestorových dát**

v rámci ktorého boli realizované nasledovné Podaktivity a ich čiastkové aktivity:

#### 3.1 Vývoj prototypu aplikácie na stanovenie optimálneho spôsobu primárneho zberu priestorových dát

- Návrh prototypu
- Vývoj prototypu
- Testovanie prototypu

#### 3.2 Vývoj pilotu aplikácie na stanovenie optimálneho spôsobu primárneho zberu priestorových dát

- Návrh pilotu
- Vývoj pilotu
- Testovanie pilotu

#### 3.3 Návrh, vývoj a testovanie finálnej verzie aplikácie na stanovenie optimálneho spôsobu primárneho zberu priestorových dát

- Návrh finálnej verzie
- Vývoj finálnej verzie
- Testovanie finálnej verzie

---

## **2. VYUŽITIE METODIKY**

---

Primárny zber priestorových dát sa v súčasnosti stal neoddeliteľnou súčasťou takmer všetkých oblastí priemyslu, spoločenských vied či bežného života. Primárnym zberom priestorových dát rozumieme priamo nové merania, na základe ktorých sú získavané nové priestorové dáta – teda nejde o odvodzovanie dát alebo informácií od už existujúcich dát. Priestorovými dátami rozumieme také dáta, ktorými je priamo (napr. súradnicami), alebo nepriamo (napr. adresou)

určená poloha jedného alebo viacerých priestorových objektov. Pod pojmom priestorový objekt rozumieme reálny objekt, fenomén alebo dej, ktorý je svojou povahou definovaný v priestore a čase, a je charakteristický svojimi vlastnosťami, ktoré je možné kvantifikovať.

Na primárny zber priestorových dát v súčasnosti slúžia rozličné postupy primárneho zberu priestorových dát, rozličné technické zariadenia (napríklad GNSS meracie aparatúry, rôzne typy senzorov pre DPZ, skenovacie zariadenia pre LIDAR atď.) určené pre tieto postupy zberu priestorových dát a s nimi súvisiace spracovateľské softvéry.

Zvyšovaním kapacitných a kvalitatívnych parametrov technických zariadení určených na primárny zber priestorových dát paradoxne koncoví používatelia priestorových dát – štátne inštitúcie, súkromné spoločnosti i bežní ľudia – začínajú čeliť skutočnosti, že je priestorových dát získavaných pri primárnom zbere dát neprimerane veľa s ohľadom na ich reálnu potrebu využitia, resp. že nadobudnutý objem dát nie je využívaný v takom rozsahu, ako by bolo možné. V oboch prípadoch ide o neefektívny primárny zber priestorových dát, ktorý sa odráža priamo alebo nepriamo na efektivite vynaložených finančných prostriedkov. Priamo najmä v uhradení nákladov na primárny zber priestorových dát, ktorý je drahší, ako ten, ktorý je v skutočnosti potrebný. Nepriamo pri spracovaní priestorových dát, ktoré majú napr. väčší objem, ako je potrebné, vyžadujú si teda väčší ukladací priestor (ide o rozdiely desiatok až stovák TB), potrebný väčší výkon hardvéru na výpočtové operácie, nevyhnutný čas na spracovanie priestorových dát (časové straty) a náklady na ľudské zdroje. S neefektívnym primárnym zberom priestorových dát súvisí i problém s vhodným spôsobom distribúcie získaných priestorových dát koncovým používateľom.

Žiaľ je potrebné konštatovať, že nastávajú aj opačné prípady, kedy je použitý nesprávny postup zberu priestorových dát a kvalita finálnych priestorových dát je pre koncového používateľa nedostatočná.

Doterajšie skúsenosti z praxe ukazujú, že takmer pre všetky požiadavky na primárny zber priestorových dát, ktoré sú kladené zo strany koncových používateľov, je možné nájsť optimálnu kombináciu jedného alebo viacerých postupov primárneho zberu priestorových dát, využívajúcich rozličné zariadenia za účelom dosiahnutia optimálnej efektivity primárneho zberu priestorových dát, ktorými budú získané primárne priestorové dáta:

o priestorových objektoch, ktoré sú predmetom záujmu koncového používateľa,  
v požadovanom rozsahu a kvalite, ktoré sú vyžadované pre účel využitia týchto dát.

Problémom však je jednoducho identifikovať tieto vhodné kombinácie postupov primárneho zberu priestorových dát a k nim príslušných zariadení. V súčasnosti na trhu chýba reálne zhodnotenie možných kombinácií využívania postupov primárneho zberu dát, prípadne ich kombinácií a reálne ohodnotenie efektivity ich využívania. Postupy primárneho zberu dát a použitie nástrojov sú vedené podľa skúseností spoločnosti resp. jej projektového manažéra, a objektívne hodnotenie efektivity a následne optimálnosti spôsobu ich distribúcie sú diskutabilné.

**Primárne je táto metodika určená na to, aby objednávatel alebo spracovateľ priestorových údajov dokázal vykonávať primárny zber priestorových dát optimálne t.j. čo najrýchlejšie a najpresnejšie pre účely ich využitia. Inými slovami metodika odporúča jednotlivé hodnotiace kroky, ako identifikovať účel využitia údajov, ako definovať správny postup, ktorým sa primárne dáta budú získavať a vo finále zvoliť vhodné technické zariadenie na primárny zber dát tak, aby z hľadiska finančného aj nasadenia zdrojov (ľudských, materiálnych) boli minimalizované náklady na zber primárnych priestorových údajov, ale súčasne, aby tieto priestorové údaje boli adekvátne presné s ohľadom na účel ich využitia. Rovnako získané dáta budú mať formát a objem, ktorý nebude zbytočne zaťažovať infraštruktúru spracovateľa.**

**Pre koho je určená metodika?**

Metodika je okrem jej spracovateľa určená na vyhotovenie aplikácie, ktorá bude uvedená do verejného užívania. Súčasne môžu metodiku využívať všetci potenciálni používatelia metodiky, ktorým umožní:

- definovať požiadavky na primárny zber priestorových údajov s ohľadom na účel, pre ktorý majú byť použité (t.j. metodiku využívajú zadávatelia prác)
- rýchlo stanoviť postup primárneho zberu priestorových údajov, ktorí rýchlo stanovia, či pre daný účel vedia/nevedia ponúknuť služby primárneho zberu priestorových údajov alebo či

je pre nich ekonomicky výhodné na určitý čas prenajať zariadenia potrebné na realizáciu takýchto služieb resp. využiť služby subdodávateľov (t.j. metodiku využívajú osoby vykonávajúce primárny zber priestorových dát),

- vhodne stanoviť optimálny spôsob poskytovania priestorových dát.

---

### 3. POSTUP DEFINOVANIA HOSPODÁRNEHO A OBSAHOVO EFEKTÍVNEHO PRIMÁRNEHO ZBERU DÁT

---

**Aké je potrebné dodržiavať kroky pri definovaní hospodárneho a obsahovo efektívneho primárneho zberu dát?**

#### **1. Definovať účel primárneho zberu dát**

Primárny zber priestorových dát sa týka procesu ich zhromažďovania na začiatku ich životného cyklu. Definovanie účelu primárneho zberu priestorových dát je kľúčové pre správne riadenie tohto procesu a zabezpečenie, že sa zbierajú relevantné, adekvátne presné, spoľahlivé a náležite chránené dáta. Pri definovaní účelu primárneho zberu dát je vykonať nasledovné kroky:

1. Identifikovať potreby a ciele: Je potrebné začať definovaním dôvodu, prečo je potrebné zbierať tieto priestorové dáta. Aký cieľ potrebujeme dosiahnuť, že tieto dáta získame? Aké informácie potrebujeme získať? Aký majú mať vek (dni, mesiace, roky)?

Výsledkom tohto kroku je presná definícia zámeru, na ktorý budú dáta využité.

2. Určite očakávanú presnosť dát: Definujte, s akou presnosťou je potrebné primárne dáta zbierať. V tomto bode je nevyhnutné stanoviť adekvátnu presnosť. Je zásadne nesprávne za každú cenu získavať veľmi presné priestorové dáta, pričom efektivita ich využitia bude nižšia. Ako príklad uvádzame meranie pre účely zobrazenia v mape mierky 1:1000. Hrúbka zobrazenej čiary predstavuje 10 cm, t.j. vykonávať meranie presnejšie 7 cm je zbytočné. Meranie s milimetrovou presnosťou by znamenalo neefektívne vynaloženie prostriedkov a vyžadovalo by si použitie takých metód primárneho zberu dát, ktoré si vyžadujú veľmi veľa času – zbytočne.

Výsledkom tohto kroku je definovanie očakávanej presnosti na získané priestorové dáta.

3. Zabezpečenie súladu s právnymi predpismi: Je potrebné zabezpečiť, aby primárny zber dát bol realizovaný v súlade s relevantnými právnymi predpismi a reguláciami, ako napríklad ochrana osobných údajov (GDPR, CCPA atď.).

4. Definovanie zodpovednosti: Je nutné stanoviť, kto bude zodpovedný za zber dát a akým spôsobom sa budú zhromažďovať. Rovnako je potrebné zabezpečiť, aby bola nastavená vhodná štruktúra a procesy na zabezpečenie správneho zberu dát.

5. Stanovenie časového plánu zberu dát: Definujte, do kedy potrebujete, aby boli Vaše dáta získané.

6. Kvalita dát: Je potrebné definovať spôsoby overovania a kontrolu kvality dát. Je potrebné zaistiť, že dáta sú spoľahlivé a presné. Pri spracovaní údajov diaľkového prieskumu Zeme je potrebné vždy vedieť, aký objekt alebo jav bude sledovaný a či je možné pomocou údajov diaľkového prieskumu Zeme tento jav alebo objekt a jeho zmeny sledovať.

Na konci definovania účelu primárneho zberu dát musí byť jednoznačne stanovené, na aký účel sú primárne priestorové údaje určené. Nie je vhodné získavať primárne údaje s predpokladom, že sa „možno“ použijú v budúcnosti aj na iný účel. Z realizovaných praktických meraní sme zistili, že dynamika zmien priestorových objektov a javov je tak vysoká, že opakované použitie dát na iný účel zvyčajne nie je možné. Tento faktor je potrebné eliminovať v procese definovania účelu primárneho zberu priestorových dát.

## ***2. Definovať presnosť merania***

Definovanie požadovanej presnosti pri primárnom zbere priestorových dát je ďalším dôležitým krokom pre stanovenie hospodárneho a efektívneho zberu dát. Definovaním správne presnosti zabezpečíme, že tieto dáta budú spoľahlivé a použiteľné pre konkrétny zvolený účel. Presnosť

priestorových dát závisí od konkrétneho projektu, aplikácie alebo použitia týchto dát. Pri definovaní očakávanej presnosti priestorových dát je potrebné prejsť nasledovnými čiastkovými krokmi:

1. Opierať sa o definovaný účel projektu (viď predchádzajúca kapitola). V žiadnom prípade nie je vhodné definovať presnosť spôsobom: získame presnejšie dáta, možno ich využijeme na viac účelov. Je to zásadná chyba. Rovnako je chybný predpoklad – postačia aj menej presné dáta, doplníme ich dodatočne. Z praktických realizácií a spracovaných dát sa ukázalo, že to tak nie je. Pre zvolený účel presne definujte potrebnú presnosť primárneho zberu dát.

2. Určiť druh priestorových dát: Je potrebné zvážiť, či priestorové dáta budú získavané v 2D alebo 3D, resp. či budú využité v rámci časových radov.

3. Špecifikovať presnosť v metrikách: Je potrebné určiť konkrétne metriky presnosti, ktoré budú použité na hodnotenie dát. To môže zahŕňať metriky ako centimetre, metre, stupne alebo iné vhodné jednotky pre priestorové dáta.

4. Analýza úrovne detailu: Je potrebný dôsledne zhodnotiť, aký detail alebo rozlíšenie dát bude potrebné na využitie dát pre stanovený účel. Čím vyššie rozlíšenie, tým presnejšie budú dáta, ale môže to znamenať aj väčšiu náročnosť na zber a spracovanie.

5. Stanovenie akceptovateľnej chybovosti: Je potrebné definovať akceptovateľnú úroveň chybovosti, ktorú budete tolerovať v zozbieraných dátach. Táto úroveň by mala byť v súlade s požiadavkami projektu.



6. Konzultácie s odborníkmi: Ak je to potrebné, je potrebné osloviť odborníka na priestorové dáta – ako napríklad geodeta - ktorý Váš návrh stanovenej presnosti prehodnotí a nezávisle posúdi. Môže ísť o autorizovaného geodeta, pracovníka akademického sektora alebo súdneho znalca v oblasti geodézie a kartografie.

7. Vypracovanie špecifikácie zberu dát: je potrebné vytvoriť presné špecifikácie pre zber dát, ktoré budú obsahovať požadovanú presnosť a všetky ďalšie podrobnosti, ktoré budú potrebné pre zhromažďovanie a spracovanie dát.

Po definovaní požadovanej presnosti by ste mali monitorovať a overovať zozbierané dáta, aby ste sa uistili, že spĺňajú stanovené špecifikácie. Je dôležité udržiavať konzistenciu a integritu priestorových dát v celom projekte.

Výsledkom tohto kroku bude definovanie požadovanej presnosti na primárny zber priestorových dát, ktorý bude zohľadňovať ich účel.

### ***3. Definovať vhodného postupu primárneho zberu dát***

Ako už bolo spomenuté vyššie, primárny zber priestorových dát sa odohráva vo fáze, keď sa dáta zhromažďujú po prvýkrát. Tento proces zahŕňa rôzne metódy a postupy, ktoré závisia od konkrétneho typu priestorových dát a aplikácie. Tu sú niektoré z hlavných postupov primárneho zberu priestorových dát:

- GNSS merania: Globálne navigačné satelitné systémy umožňujú presné určovanie polohy pomocou signálov z družíc. Táto metóda je však závislá od dostupnosti signálov a môže byť ovplyvnená zlými poveternostnými podmienkami alebo prekážkami v okolí.

- Trigonometrické merania: Tradičné metódy, ktoré spočívajú vo vzájomnej trigonometrických meraniach medzi stanoviskami, sú stále využívané. Avšak tieto metódy vyžadujú viditeľnosť medzi meracími stanoviskami, čo môže byť veľkým obmedzením - napríklad v mestských oblastiach, v lesných porastoch a pod.
- Nivelácia: Nivelácia je metóda určovania výšok bodov na základe merania relatívnych výškových rozdielov. Táto metóda sa často používa pri tvorbe presných digitálnych modelov terénu a určovaní výšky bodov s veľmi vysokou presnosťou.
- Statické skenovanie LIDAR skenermi: Táto metóda spočíva v statickom umiestnení LIDAR skenera a postupnom snímaní okolitých objektov. Tým sa získava veľké množstvo bodov v reálnom čase, ale vyžaduje rozostavenie stanoviska mobilného skenera, čo môže byť nepraktické z hľadiska časového i z hľadiska usporiadania terénu.
- Fotogrametrický zber dát (pozemné mapovanie): Táto metóda využíva fotografické snímky na tvorbu presných mapových dát. Spočíva v analýze fotografií z rôznych uhlov na základe geometrických vzťahov.
- Diaľkový prieskum Zeme (LIDAR skenovanie, fotogrametria alebo snímkovanie zo satelitov): Diaľkový prieskum Zeme je založený na analýze snímok a/alebo skenov získaných zo satelitov alebo lietadiel. Vhodný pre veľké plochy, ale môže mať obmedzenú presnosť.
- Mobilný zber dát je v dnešnej dobe považovaný za štandardnú techniku v oblasti primárneho zberu údajov. Funguje ako terénne meranie, ktoré sa výrazne odlišuje od techník diaľkového prieskumu Zeme. V rámci mobilného zberu údajov dochádza k zaznamenávaniu údajov priamo v teréne, čo umožňuje zachytiť aktuálny stav a polohu objektov v reálnom čase.

Každý z týchto postupov môže byť prispôsobený konkrétnym potrebám a cieľom projektu. Je dôležité venovať pozornosť špecifickým požiadavkám pre priestorové dáta a zabezpečiť, aby bol postup zberu presný, spoľahlivý a efektívny.

Pri voľbe toho, aký postup primárneho zberu dát je potrebné zohľadniť nasledovné výberové kritériá:

1. Účel využitia údajov – účel využitia údajov totiž definuje potrebný obsah a rozsah údajov, potrebnú rýchlosť zberu údajov, spôsoby aktualizácie v čase a pod.
2. Požadovaná presnosť údajov – definuje, ako presne musí byť určená poloha (pri 2D meraniach), priestorová poloha (pri 3D meraniach) alebo časové rozlíšenie (pri časových meraniach)
3. Identifikovanie zdrojov dát – je potrebné pred začatím primárneho zberu dát zistiť, či nie sú rovnaké dáta dostupné v požadovanej kvalite verejne resp. za úhradu, ktorá by vo finále bola nižšia ako realizácia primárneho zberu dát. Je potrebné zvažovať aj využitie takéhoto postupu primárneho zberu dát, hoci nie je štandardný – je potrebné sa s touto otázkou vysporiadať.
4. Na základe účelu merania, požadovanej presnosti, očakávanej rýchlosti merania a známych technických a legislatívnych obmedzení príslušného postupu primárneho zberu dát je potrebné zvoliť vhodný postup primárneho zberu dát.
5. V prípade, že viacero postupov primárneho zberu dát poskytuje rovnaký výsledok je hlavným hodnotiacim kritériom časové hľadisko, t.j. ako rýchlo je možné údaje získať v požadovanom obsahu, rozsahu a rozlíšení. Sekundárne je možné zvažovať obmedzenia týkajúce sa počasia, limitov dosahu a pod. Nie je potrebné brať do úvahy možné využitie dát na viaceré účely – neexistuje univerzálna technológia.
6. Ak je to potrebné, je potrebné zvážiť **kombináciu** postupov primárneho zberu dát za účelom dosiahnutia očakávaných výsledkov (napríklad kombinácia mobilného laserového skenovania a pozemného skenovania resp. geodetických meraní).
7. Je potrebné stanoviť postupy kontrolných t.j. overovacích meraní, ktoré budú o rád presnejšie ako zvolený postup primárneho zberu dát.

Po ukončení tohto kroku hodnotenia bude jasné, na aký účel budú získavané primárne údaje, s akou presnosťou a akým postupom primárneho zberu dát.

#### **4. Definovať technológiu primárneho zberu dát**

Po definovaní účelu, požadovanej presnosti a metódy merania je potrebné zvoliť vhodnú technológiu, ktorou bude primárny zber dát realizovaný.

Táto voľba sa týka primárne tej osoby alebo inštitúcie, ktorá bude samotný primárny zber dát realizovať, avšak môže byť primerane definovaná aj zadávateľom.

Každá metóda primárneho zberu dát má zvyčajne viacero technológií od rôznych výrobcov, ktorí si navzájom konkurujú a ich prístroje dosahujú približne rovnaké parametre.

Aká je teda voľba vo vzťahu k reálnemu zberu dát?

V tomto prípade je dôležité postupovať rekurzívne, t.j. vychádzame z metódy primárneho zberu dát a následne posudzujeme presnosť. Účel merania potom ovplyvní až samotné využitie technológie.

V praxi teda máme napríklad požiadavku na tvorbu pasportu ciest v tretej triede presnosti ( $m_{xy} = 14 \text{ cm}$ ). Postup zberu dát môže byť mobilný zber dát pomocou LIDAR, pomocou sférickej kamery, GPS meraním alebo tachymetrickým meraním. Prichádza do úvahy pozemná stereofotogrametria, tá je však časovo veľmi náročná, metódy DPZ nie je možné využiť, nakoľko sa na pasportizáciu nehodia (nie je z nich vidieť profily budov, bolo by potrebné využiť šikmé snímkovanie, čo si vyžaduje čas a náročné technológie), rovnako neprichádzajú do úvahy satelitné snímky.

Pri hodnotení presnosti dosahovanej rôznymi technológiami zistíme, že najpresnejšie údaje poskytuje LIDAR skenovanie resp. GNSS merania (statickou metódou). Tu prichádza na rad hodnotenie časového hľadiska a dodatočných nákladov. Ak sa rozhodneme pre LIDAR skenovanie ako metódu (objektívne je pre meranie uličných pásov najrýchlejšia a najvhodnejšia), prichádza na rad voľba technológie. Tu treba zohľadniť práve požadovanú presnosť a rozlíšenie a následne náklady na uloženie dát. Vysoké rozlíšenie znamená extrémne veľký objem dát a použitie drahšej technológie. Naopak, menšia frekvencia skenovania môže postačovať na bežnú pasportizáciu a nebude mať vysoké nároky na diskový priestor a spracovanie v postprocessingu.

Pri technológiách by si tak – v závislosti od stanovených požiadaviek na presnosť – vyberal či už zadávateľ alebo realizátor mobilného merania z viacerých úrovní technológie LIDAR mobilného mapovania.

Pri voľbe meracej technológie je potrebné vychádzať z nasledovných vlastností:

- Vlastnosti deklarované výrobcom – zvyčajne ide o parametre zariadenia testované v laboratórnych podmienkach, resp. o tzv. vnútornú presnosť zariadenia. Nejde o skutočnú presnosť, ktorú dosahuje v teréne
- Vlastnosti zistené kalibráciou – každé zariadenie, ktoré má slúžiť na skutočne hospodárny a efektívny zber priestorových údajov MUSÍ byť kalibrované a mať vystavený tzv. kalibračný protokol. V súčasnosti mnohé technológie umožňujú tzv. samokalibráciu, čo je veľmi jednoduchý spôsob, ako zistiť skutočné parametre meracieho zariadenia a brať ich do úvahy pri výbere technológie.
- Kontrolné mechanizmy – ide o možnosti overovania dosiahnutých výsledkov merania nezávislou technológiou. Pre každé zariadenie existuje tzv. etalón, alebo kontrolné meranie. V prípade napr. LIDAR meraní je to meranie pomocou GNSS statickej metódy. Požiadavky na kvalitu kontrolného merania sa určujú pri definovaní parametrov presnosti a na kontrolné merania musia byť definované postupy a technológie s o rád vyššou presnosťou, ako je zvolené meracie zariadenie.

Po definovaní všetkých týchto krokov je zvolená technológia na efektívny primárny zber priestorových údajov.

---

#### 4. PRÍKLAD DEFINOVANIA HOSPODÁRNEHO A OBSAHOVO EFEKTÍVNEHO PRIMÁRNEHO ZBERU DÁT

---

Pre lepšiu predstavu využívania uvedenej metodiku uvádzame príklad, ako bol definovaný hospodárny a obsahovo efektívny zber primárneho zberu dát

Ako účel merania bolo zvolené mapovanie uličných pásov a mestskej zástavby pre účely tvorby 3D digitálneho modelu terénu v mestských aglomeráciách. Cieľom je využívanie týchto údajov pre potreby BIM v urbanistike a stavebných konaniach.

S vývojom informačných technológií sa do celého životného cyklu stavebných projektov stále intenzívnejšie zapájajú nové prístupy, ktoré menia spôsob projektovania, výstavby a správy stavieb. Jedným z týchto nástrojov je informačné modelovanie stavieb (Building Information Modelling - BIM), ktoré zavádza virtuálny model stavby, známy ako BIM model, a zohľadňuje všetky aspekty stavebného projektu. Spolu s inovatívnymi metódami zberu priestorových informácií ponúka BIM model komplexnú kontrolu nad reálnym stavom stavebných diel.

BIM modely sa stávajú súčasťou moderného stavebného cyklu a menia aj prístup k geodetickým a kartografickým činnostiam v oblasti investičnej výstavby. Tieto modely poskytujú detailné informácie o stavebných objektoch a sú ideálnym nástrojom pre on-line kontrolu kvality diel v reálnom čase. Vo všeobecnosti sa má za to, že jednou z najefektívnejších metód zberu týchto informácií je laserové skenovanie.

#### **Požiadavky na presnosť:**

Z účelu merania vyplýva, že požiadavky na presnosť budú pomerne vysoké. BIM očakáva totiž veľmi presné spracovanie údajov. Očakávaná dosahovaná presnosť meraní je teda na úrovni 5 centimetrov v polohe a výške určenia každej súradnice.

#### **Metóda merania:**

Do úvahy prichádzajú nasledovné metódy merania

- Mobilné mapovanie pomocou LIDAR
- Mobilné mapovanie pomocou sférickej kamery

- Pozemné skenovanie
- GNSS merania (najmä metóda RTK)
- Trigonometrické merania

Ako doplnková metóda prichádza do úvahy meranie pomocou LIDAR umiestnenom na drone.

V praxi, pri meraní v mestskej aglomerácii nebude možné použiť jedinou metódu merania. Za najefektívnejšiu je potrebné hodnotiť mobilný zber dát pomocou LIDAR – pri posudzovaní sa vychádza z nasledovných parametrov:

#### 1. Rýchlosť zberu dát:

Mobilný zber dát umožňuje rýchly záznam informácií. V závislosti na podmienkach merania a kvalite meracieho zariadenia je schopný získavať údaje s rýchlosťou až desiatok kilometrov denne.

#### 2. Rozsah zberu dát:

Mobilný zber dát poskytuje možnosť získavať údaje pomocou technológie LIDAR. Týmto spôsobom je možné realizovať merania, ktorých výsledkom je mračno bodov s hustotou bodov dosahujúcou niekoľko desiatok až stoviek bodov, v extrémnych prípadoch tisícok (prakticky sa nepoužíva) na 1 m<sup>2</sup>.

#### 3. Presnosť zberu dát:

Výsledné mračno bodov dosahuje vysokú presnosť v určení polohy i výšky. Presnosť sa pohybuje v rozmedzí od 2 do 5 centimetrov v polohe aj vo výške. Táto presnosť môže byť ovplyvnená spôsobom merania, vzdialenosťou meraných objektov od trasy merania a ďalšími faktormi.

Jedným z nesporných prínosov mobilného zberu dát je jeho schopnosť rýchlo získavať priestorové dáta. Meracie zariadenia sú navrhnuté tak, aby umožňovali pohyb s rýchlosťou až 80 km/h bez

toho, aby to ovplyvnilo presnosť mapovania. Toto je obzvlášť cenné v prípade mapovania rozsiahlych oblastí, ako sú diaľnice či veľké mestské plochy. V mestských a obecných oblastiach je samozrejme dôležité brať do úvahy reálne podmienky a priemernú rýchlosť mapovania, ktorá môže dosahovať približne 25 km/h. Ak by sme predpokladali mapovanie po dobu 5 hodín, to by znamenalo potenciálne pokrytie vzdialenosti až 125 kilometrov líniových stavieb za deň, pričom zachováva presnosť na úrovni triedy presnosti 3 podrobného merania v určení polohy i výšky, v skutočnosti však pôjde o presnosť na úrovni triedy 2, dokonca vyššej – reálna presnosť merania podrobných bodov totiž dosiahne určenie presnosti v polohe a výške úroveň 5 cm.

#### 4. Obsah zberu dát pomocou LIDAR mobilného mapovania

Dôležité je aj samotné spracovanie nadobudnutých dát. Z výsledného mračna bodov môže byť vybraná iba tá relevantná časť, ktorá zodpovedá konkrétnym potrebám. Napríklad iba stavby, cestné komunikácie, zástavky, budovy a podobne môžu byť vybrané a spracované v závislosti od konkrétneho cieľa. Táto schopnosť prispieva k efektívnemu využitiu dát a minimalizácii nadbytočných informácií, t.j. k úsporám pri spracovaní a ukladaní priestorových údajov.

#### Technológia merania

Pri voľbe technológie merania je potrebné brať do úvahy nasledovné skutočnosti:

V praxi sa mobilný zber dát najčastejšie uskutočňuje s využitím automobilov ako nosičov. Automobil je vybavený špeciálnymi meracími prístrojmi, ktoré systematicky zbierajú priestorové informácie z okolia. Táto technika je obzvlášť užitočná pri mapovaní rozsiahlych mestských a obecných oblastí, kde je rýchlosť a efektívnosť kľúčovým faktorom. Pri meraniach na železničných tratiach sa môže automobil umiestniť na vagón alebo špeciálny vozeň či rušeň, čo umožňuje presný zber údajov aj v tomto špecifickom a náročnom prostredí.

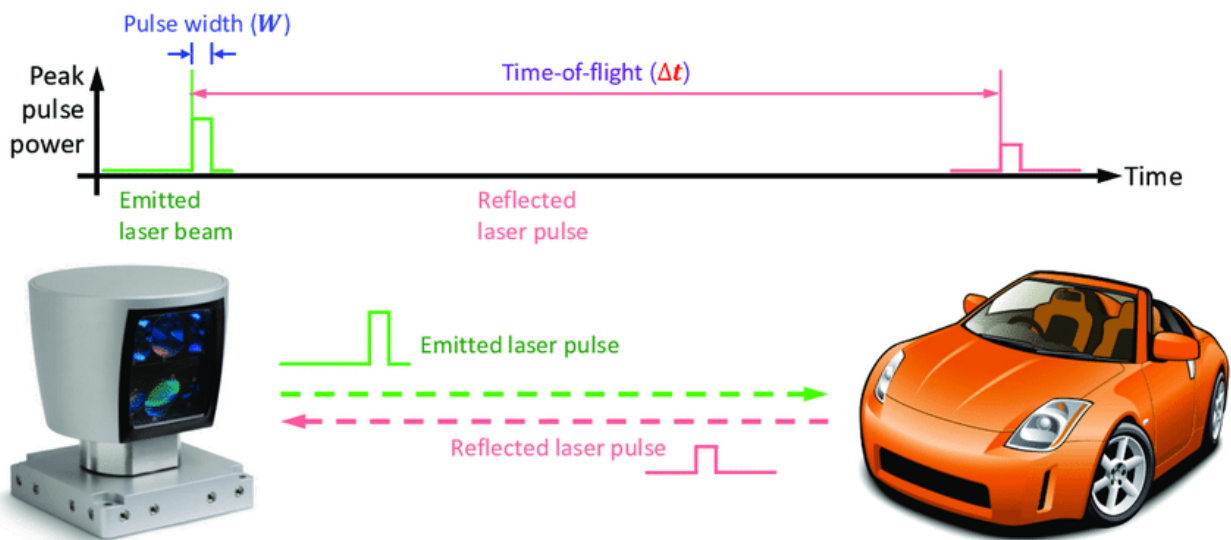
Niekedy však ciele mobilného zberu dát zahŕňajú aj ťažko dostupné terény, ktoré automobily nemôžu pokryť. Pre tieto situácie je možné použiť špeciálne meracie zariadenia, ktoré sú



umiestnené v špeciálnych batohoch. Tieto batohy sú navrhnuté tak, aby zabezpečili pohodlnú prenosnosť a zároveň umožnili presné meranie aj v terénoch, kde je prístup automobilu obmedzený resp. je pre automobil nedosiahnuteľný. Takýmto spôsobom je možné získať aj údaje z miest, kde je kritické mať presné informácie, napríklad v prípade terénnych nerovností alebo hustej zástavby.

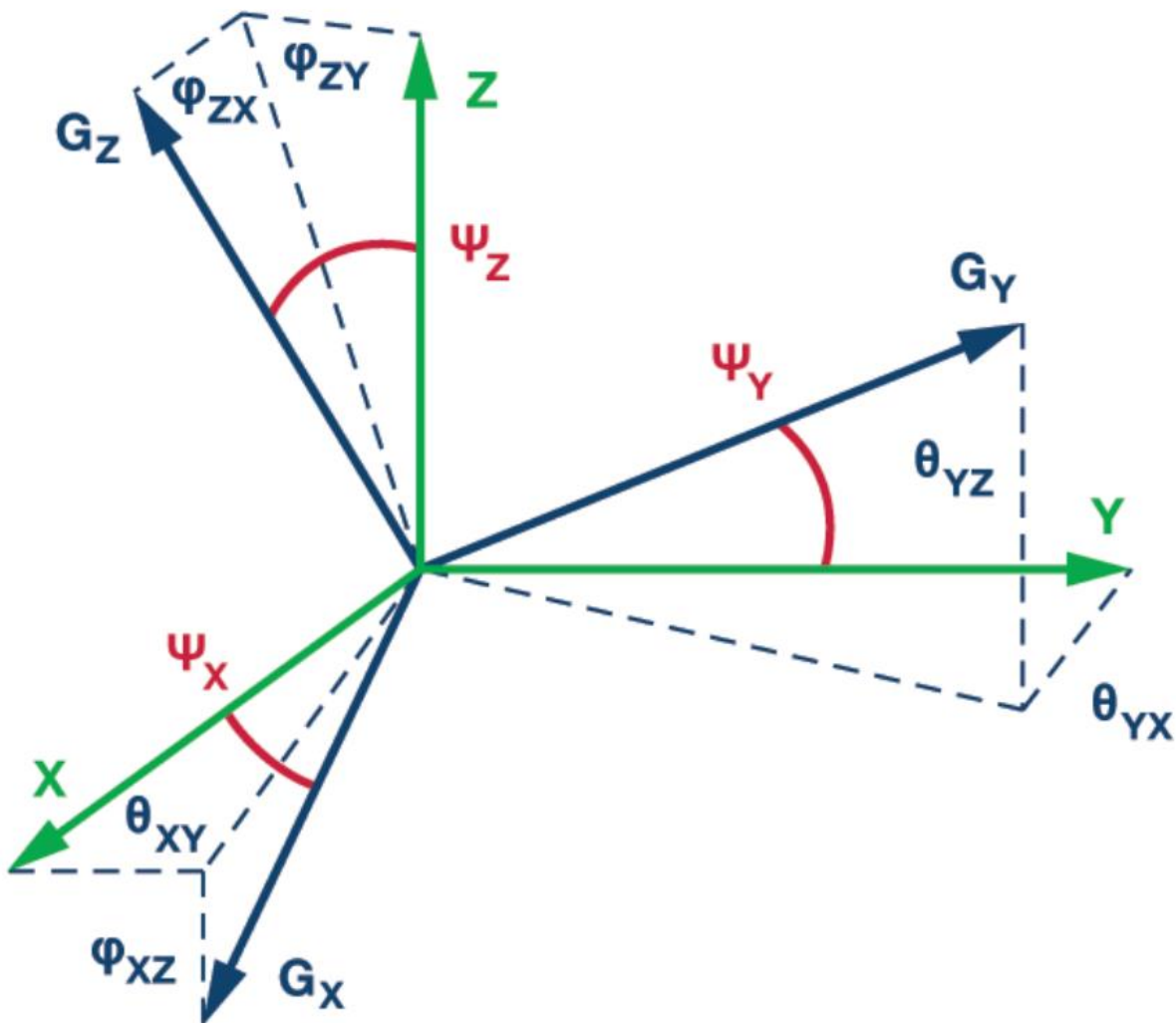
Zvolené zariadenie pre daný účel mapovania musí spĺňať parametre, ktoré budú vyhovovať požadovanej presnosti. V tomto prípade musí byť mapovanie mobilným zariadením, ktoré má nasledovnú konfiguráciu:

1. **LIDAR Skener:** Hlavným zariadením v tejto konfigurácii je LIDAR skener (Light Detection and Ranging), ktorý je schopný emitovať laserové lúče a meria čas, ktorý trvá, kým sa tieto lúče odrazia od okolitých objektov. Týmto spôsobom sa získavajú údaje o vzdialenosti a polohy rôznych bodov vo vzťahu k vozidlu. Princíp merania je znázornený na nasledovnom obrázku:



2. **Inerciálna Meracia Jednotka (IMU):** IMU je zariadenie, ktoré meria zmeny polohy, rýchlosti a orientácie vozidla v priebehu jazdy. Tieto údaje sú dôležité pre následnú korekciu a správne zaradenie nameraných dát do priestoru.

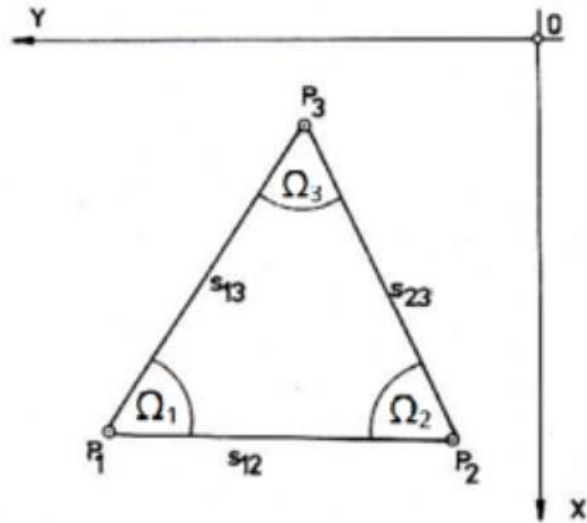
Veličiny merané IMU znázorňuje tento obrázok:



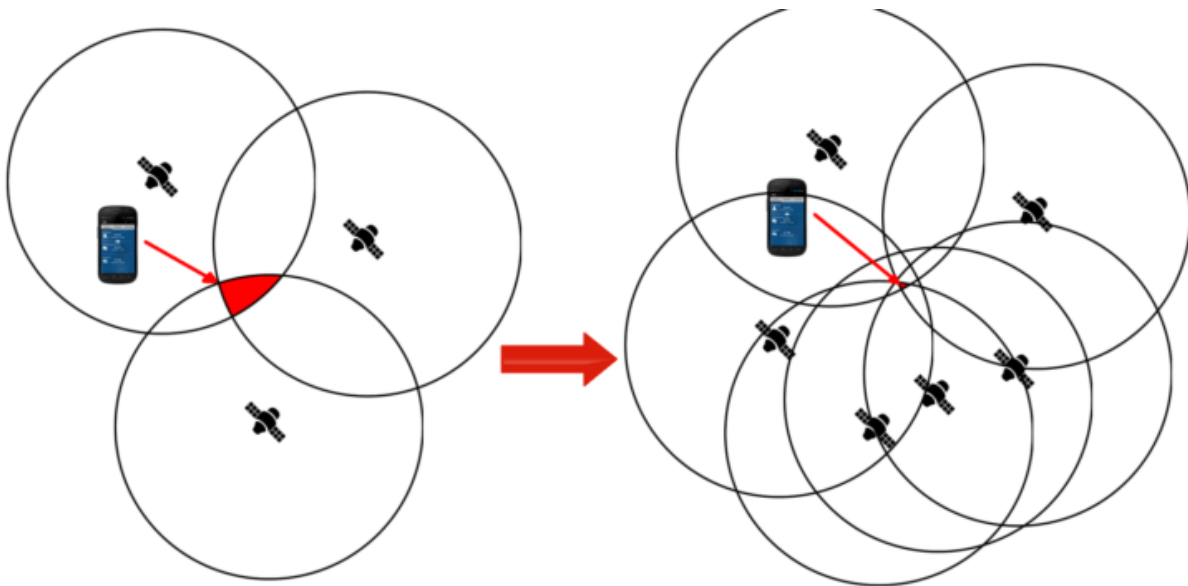
3. **GNSS Prijímač:** Globálny navigačný systém (GNSS) je nevyhnutnou súčasťou mobilného laserového systému, pretože umožňuje určiť presnú polohu vozidla v globálnom meradle. Toto je kritické pre geodetické a topografické aplikácie.

Princíp určovania polohy pomocou GNSS prijímačov je založený na pretínaní z dĺžok:

Je to úloha, pri ktorej určujeme z dvoch daných bodov súradnice tretieho bodu. V tejto úlohe máme zadané súradnice dvoch bodov  $P_1[x_1, y_1]$  a  $P_2[x_2, y_2]$  vzdialenosti  $s_{13}$  a  $s_{23}$  medzi týmito bodmi a tretím bodom  $P_3$ , ktorého súradnice chceme určiť.



Čím viac satelitov, tým vyššia presnosť merania vyššia rýchlosť merania:



4. **Ovládacie zariadenie:** Ovládacie zariadenie slúži na riadenie a správu celého mobilného laserového systému. Pomocou neho môžu operátori nastavovať parametre skenovania a sledovať priebeh merania.

5. **Zdroj Energie:** Mobilný laserový systém musí byť poháňaný energiou, a preto je nutné mať vhodný zdroj energie, či už vo forme batérií alebo iného napájania, ktorý umožní systému fungovať nepretržite počas meracích dní.

Aby bolo možné dosiahnuť požadovanú presnosť merania na úrovni minimálne 3. triedy (stredná chyba 14 cm), je potrebné, aby meracia technológia obsahovala aj ďalšie komponenty a zariadenia:

6. **Odometer: Odometer** je zariadenie, ktoré meria prejdenú vzdialenosť vozidla na základe otáčok jeho kolies. Táto informácia sa používa na korekciu údajov zo LIDAR skenera a zabezpečuje spoľahlivé meranie vzdialeností.



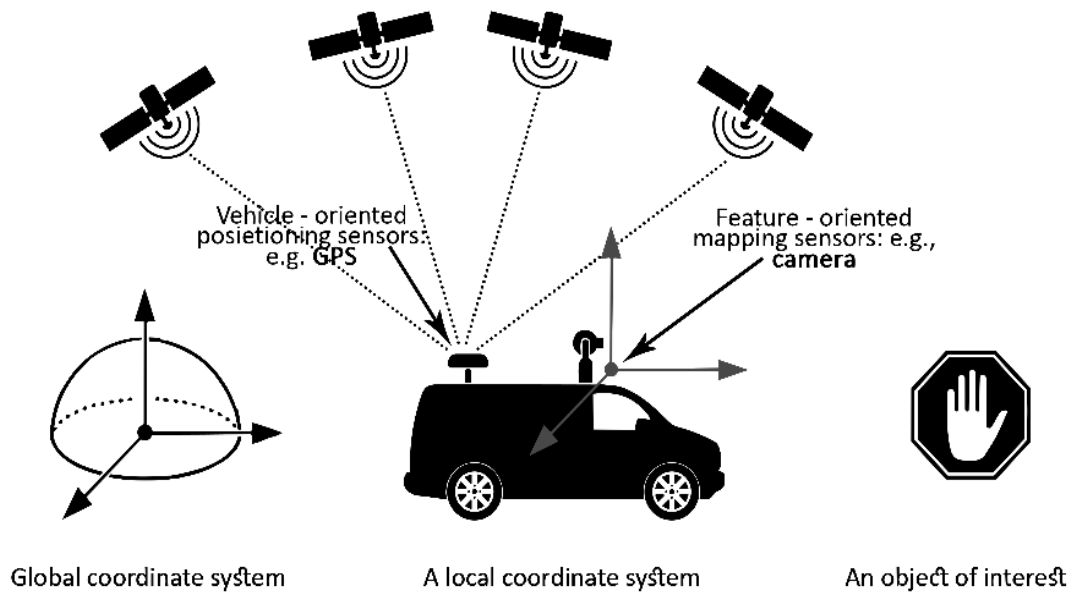
Ukážka umiestnenia odometra na vozidle

7. **Pevná základnica:** Pevná základnica je realizovaná dvoma GNSS prijímačmi na vozidle, ktoré sú vo vzťahu k nemu v nemennej polohe. Slúži na kalibráciu a korekciu údajov z GNSS prijímača a iných senzorov.

8. **Sférická Kamera:** Sférická kamera je kamera, ktorá dokáže zachytiť 360-stupňový obraz okolia vozidla. Táto kamera je využívaná na fotogrametrické účely a na získanie farebných informácií pre body v mračne bodov.

9. **Sekundárny GNSS prijímač:** Okrem hlavného GNSS prijímača je v niektorých prípadoch využívaný aj sekundárny GNSS prijímač na zlepšenie presnosti polohových údajov.

Tieto komponenty spolu vytvárajú komplexný mobilný laserový systém, ktorý je schopný presne a spoľahlivo zaznamenávať údaje o okolitom teréne a objektoch vo vysokej presnosti, čo je kľúčové pre geodetické a topografické aplikácie v stavebnom odvetví.



Pre účely veľmi presných meraní je potrebné, aby LIDAR skener spĺňal minimálne nasledovné technické parametre:

Efektívna rýchlosť merania:	1 000 kHz a viac
Dosah merania pri reflektivite > 80%:	235 m a viac
Dosah merania pri reflektivite cieľa > 10%:	85 m a viac
Presnosť merania:	5 mm a vyššia
Záber (rozsah merania):	360 stupňov (sféra)

A súčasne je potrebné, aby pre účely merania IMU uvedeného mobilného zariadenia mala nasledovné parametre:

Presnosť určenia merania bez výpadkov GNSS signálu (pri použití postprocessingu):

Presnosť určenia polohy (X,Y): 0,02 m a vyššia

Presnosť určenia výšky (Z): 0,05 m a vyššia

Presnosť merania rýchlosti: 0,005 m/s a vyššia

Presnosť určenia roll/pitch: 0,005 stupňa a vyššia

Presnosť určenia heading: 0,015 stupňa a vyššia

Presnosť určenia merania s maximálne 60 s výpadkov GNSS signálu (pri použití postprocessingu):

Presnosť určenia polohy (X,Y): 0,10 m a vyššia

Presnosť určenia výšky (Z): 0,07 m a vyššia

Presnosť merania rýchlosti: 0,005 m/s a vyššia

Presnosť určenia roll/pitch: 0,005 stupňa a vyššia

Presnosť určenia heading: 0,015 stupňa a vyššia

### **Validačné merania**

Pre účely validácie meraní bude potrebné zvoliť správnu validačnú cestu – t.j. napríklad vybudovať geodetickú validačnú sieť, ktorá bude kontrolnou nezáväznou kostrou pre LIDAR merania. Jej spôsob budovania a využitia môže byť nasledovný:

Validačná geodetická sieť vznikne štandardnými geodetickými metódami a bude pripojená na štátnu priestorovú sieť, ktorá je určená s vysokou presnosťou. Predpokladáme, že presnosť polohy

a výšok bodov validačnej siete bude určovaná o rád vyššou, v krajnom prípade rovnakou triedou presnosti, v akých sú určované polohy a výšky bodov v mračne bodov, ktoré vznikne pomocou mobilného mapovania.

Budovanie validačnej siete bude prebiehať:

- Primárne tachymetrickými meraniami (totálne stanice s veľmi vysokou presnosťou určovania uhlov a dĺžok) vo väzbe na štátnu priestorovú sieť
- Sekundárne GNSS statickými meraniami s prepojením na body Štátnej priestorovej siete a s dlhými observáciami (GNSS statické merania).
- Výškové merania - metóda Presnej Nivelácie (PN), s dôrazom na overenie stability vzťažných bodov.

### **Parametre presnosti mobilného mapovania**

Pred realizáciou mapovania je potrebné definovať, ako bude určená presnosť mobilného mapovania:

Kontrola presnosti mračen bodov spočíva v určení odchýlok medzi bodmi mobilného zberu dát a skutočnou terénnou alebo antropogénnou plochou, ktorá je určená inou kontrolnou meracou technológiou ako mobilným zberom dát, pričom je dodržaná nasledovná podmienka:

- presnosť určenia výšky a polohy kontrolným meraním je min. 3-násobne vyššia:

$$m_{\text{kontrol}} \leq m_{\text{LS}} / 3$$

Na jednotlivých kontrolných lokalitách validačnej geodetickej siete bude posúdená presnosť mračen bodov. Pre každú kontrolnú lokalitu bude spracovaný validačný výpočet podľa nasledovných výpočtov:



Polohová presnosť mračna bodov v kontrolnej lokalite sa vypočíta zo vzťahu pre polohovú strednú chybu:

$$m_{XY} = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^n \Delta XY_p^2}{n}}$$

kde  $\Delta XY_p$  je horizontálna odľahlosť bodu mračna bodov jednoznačne identifikovaného na rovinnom zvislom objekte od roviny tohto objektu určenej kontrolným meraním a n je počet testovaných bodov.

Výšková presnosť mračna bodov v kontrolnej lokalite sa vypočíta zo vzťahu pre výškovú strednú chybu:

$$m_h = \sqrt{\frac{\sum_{v=1}^n \overline{\Delta h}_v^2}{n}}$$

kde:

$$\begin{aligned} \overline{\Delta h}_v &= \frac{\sum_{i=1}^4 \Delta h_i}{4}, \\ \Delta h_i &= \left| \overline{h_{LS}} - h_{kontrol i} \right|, \\ \overline{h_{LS}} &= \frac{\sum_{j=1}^m h_{LS j}}{m}, \end{aligned}$$

$h_{LSj}$  je výška j-teho bodu mračna z okolia 0,40 m od projektovaného kontrolného bodu, m je počet bodov spadajúcich do tohto okolia,  $h_{kontrol i}$  je výška meraná kontrolným meraním na i-tom kontrolnom bode a n je počet kontrolných mriežok.

Legislatíva (obmedzenia) súvisiace s mobilným zberom dát

Mobilný zber dát je spojený s viacerými legislatívnymi rámcami a právnymi predpismi, ktoré zohľadňujú rôzne aspekty tejto činnosti. Tieto zákony a predpisy môžu závisieť od konkrétneho regiónu, krajiny a odvetvia, v ktorom sa mobilný zber dát vykonáva. Nižšie uvádzame niektoré legislatívne oblasti, ktoré súvisia s mobilným zberom dát:

1. Ochrana údajov a súkromia: Zákony o ochrane údajov a súkromia upravujú zber, spracovanie a uchovávanie osobných údajov. V Európskej únii je kľúčovým právnym predpisom v tejto oblasti Všeobecné nariadenie o ochrane údajov (GDPR), ktoré stanovuje pravidlá pre spracovanie osobných údajov a vyžaduje súhlas subjektov údajov a zabezpečenie bezpečnosti týchto údajov.

2. Práva intelektuálneho vlastníctva: Zákony týkajúce sa práv intelektuálneho vlastníctva, ako sú autorské práva, patentové práva a ochranné známky, môžu byť relevantné pre mobilný zber dát, ak sa dáta týkajú chránených obsahov alebo výtvorov.

3. Regulačné normy v oblasti telekomunikácií: V mnohých krajinách existujú špecifické zákony a predpisy v oblasti telekomunikácií, ktoré môžu ovplyvňovať mobilný zber dát, najmä pokiaľ ide o zber dát na základe mobilných sietí.

4. Geodetické a kartografické zákony: Pre mobilný zber geografických údajov môžu byť relevantné geodetické a kartografické zákony, ktoré upravujú presnosť a spracovanie týchto údajov.

5. Právne predpisy týkajúce sa dopravy a bezpečnosti: Ak mobilný zber dát súvisí s dopravnými údajmi alebo bezpečnosťou na cestách, môžu byť uplatňované právne normy v oblasti dopravy a bezpečnosti, ktoré riešia zber, spracovanie a využitie týchto údajov.

6. Evidencia a licencie: Niektoré krajiny môžu vyžadovať špeciálne licencie alebo povolenia pre mobilný zber dát, najmä ak ide o citlivé údaje alebo údaje, ktoré môžu ovplyvniť verejnú bezpečnosť.

7. Právne normy v oblasti ochrany životného prostredia: Ak mobilný zber dát súvisí s environmentálnymi dátami, môžu byť relevantné právne normy týkajúce sa ochrany životného prostredia a verejného zdravia.

## Zhrnutie

Na uvedenom prípade sme demonštrovali spôsob využívania metodiky hospodárneho a obsahovo efektívneho zberu dát.

Aplikáciou metodiky bol jednoznačne určený účel merania – jeden – bez podružných účelov, ktoré by hypoteticky mohli nastať. Tomu zodpovedajú definované požiadavky na presnosť, je zvolená metóda primárneho zberu dát a stanovené parametre technológie, ktorá má byť použitá. Okrem toho je definovaný postup validačných meraní, je určené, akým spôsobom sa bude hodnotiť presnosť merania a sú definované obmedzenia.

Samozrejme ide o príklad. V praxi by bolo potrebné celý proces detailne popísať tak, ako to uvádza nami definovaná metodika.