GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ ÚSTAV BRATISLAVA
Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava II

TECHNICKÁ SPRÁVA

1. CYKLUS TVORBY ORTOFOTOMOZAIKY SLOVENSKEJ REPUBLIKY 2017-2019

2021

Zodpovedný spracovateľ: Ing. Tomáš Dekan
Odbor ZBGIS
Geodetický a kartografický ústav Bratislava
Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava
Telefón: +421 2 2081 6245
E-mail: tomas.dekan@skgeodesy.sk

Vypracovali: Ing. Tomáš Dekan (GKÚ Bratislava)
Mgr. Vladimír Honec (GKÚ Bratislava)
Mgr. Miroslav Ševčík (GKÚ Bratislava)
Mgr. Peter Potisk (GKÚ Bratislava)
Mgr. Ľuboslav Michalík (GKÚ Bratislava)

Doložka o autorizačnom overení	
Názov zákazky/práce/projektu	Technická správa: 1. cyklus tvorby Ortofotomozaiky Slovenskej republiky 2017-2019
Počet strán	21
Prílohy (počet príloh/ počet strán)	0
Náležitosťami a presnosťou zodpovedá predpisom	
Miesto a dátum	Bratislava, 15.1.2021
Meno, priezvisko a podpis	Ing. Tomáš Dekan 
Odtlačok pečiatky a číslo osvedčenia	 Číslo osvedčenia: 005/2020

Obsah

Úvod 4
1 Technologický proces tvorby produktu Ortofotomozaika SR 6
1.1 Výber, signalizácia a zameranie vlícovacích a kontrolných bodov 7
1.2 Letecké meračské snímkovanie 8
1.3 Fotogrametrické spracovanie 11
1.3.1 Výpočet prvkov vonkajšej orientácie LMS pomocou digitálnej automatickej aerotriangulácie 11
1.3.2 Ortorektifikácia 12
1.3.3 Rádiometrické úpravy a mozaikovanie 12
1.4 Transformácia do súradnicového systému S-JTSK(JTSK) a rozdelenie do kladu mapových listov ŠMO5 15
2 Kontrola kvality 16
2.1 Kontrola rádiometrickej a sémantickej kvality 16
2.2 Kontrola polohovej presnosti 16
3 Parametre, poskytovanie a dostupnosť Ortofotomozaiky SR 19
Záver 20
Zoznam použitej literatúry 21

Úvod

Táto technická správa je určená pre používateľov produktu Ortofotomozaika Slovenskej republiky (ďalej len „Ortofotomozaika SR“). Prvý cyklus tvorby ortofotomozaiky pokrývajúcej celé územie SR prebiehal v období rokov 2017 – 2019 na základe spolupráce Úradu geodézie, kartografie a katastra SR a Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR. Ortofotomozaika SR predstavuje súbor farebných ortosnímok spojených do jedného obrazového celku bez prekrytov, medzier a viditeľných jasových a farebných rozdielov pozdĺž spájacích čiar a je vyhotovená v klade mapových listov ŠMO5 mierky 1:5000 o rozmeroch 2,5 km x 2 km. Letecké meračské snímkovanie bolo vykonané vo vegetačnom období. Ortofotomozaika SR bola vytvorená diferenciálnym prekreslením leteckých meračských snímok zemského povrchu, pri ktorom boli odstránené posuny obrazu vznikajúce perspektívnym zobrazením územia vplyvom prevýšenia. Osobitná pozornosť pri tvorbe bola venovaná vizuálnej kvalite a geometrickej presnosti tohto produktu.

Realizáciou tvorby Ortofotomozaiky SR boli poverené podriadené organizácie - Geodetický a kartografický ústav Bratislava (GKÚ) a Národné lesnícke centrum (NLC). Tvorba ortofotomozaiky bola rozdelená na tri roky (2017 – 2019), pričom letecké snímkovanie bolo realizované v smere od západu na východ územia SR. Počas každého roku bol zabezpečený zber a spracovanie údajov z jednej tretiny územia SR. Spoločnými kapacitami organizácií GKÚ a NLC bolo zabezpečené spracovanie ortofotomozaiky postupne zo západného, stredného a východného Slovenska. Ortofotomozaika SR je k dispozícii na prezeranie prostredníctvom webovej aplikácie Mapový klient ZBGIS® ako jedna z podkladových máp, ako webová mapová služba WMS a WMTS a je bezodplatne k dispozícii aj na stiahnutie vo forme georeferencovaných rastrových obrazov vo formáte TIFF.

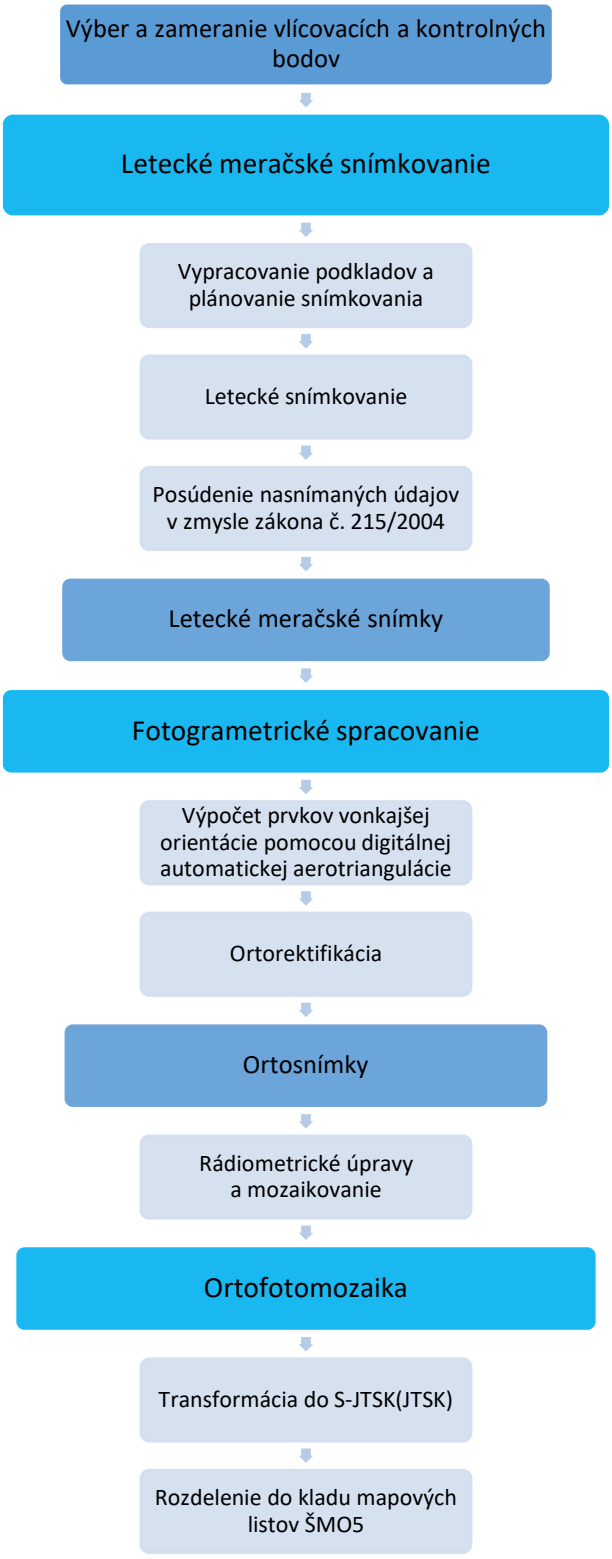
Hlavné oblasti využívania produktu Ortofotomozaika SR sú:

- ako základná mapová vrstva v geografických informačných systémoch verejnej správy a samosprávy,
- aktualizácia priestorovej databázy ZBGIS®,
- zabezpečovanie cyklickej obnovy dielov pôdnych blokov a systému identifikácie poľnohospodárskych pozemkov vrátane aktualizácie ich registrov (MPRV SR) - § 5 ods. (3) písm. g zákona č. 280/2017 a hlava V kapitola II článok 70 ods. 1. Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 1306/2013,
- príprava kontrol na mieste a pomocný podklad pre výkon kontrol na mieste pri kontrolách priamych platieb (PPA) – hlava III kapitola III oddiel 1 článok 36 ods. 3. Vykonávacieho nariadenia Komisie (EÚ) č. 809/2014,
- poskytovanie podpory v poľnohospodárstve v súvislosti so schémami oddelených priamych platieb podľa nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 342/2014 Z. z., ktorým sa ustanovujú pravidlá v znení neskorších predpisov,
- poskytovanie podpory a dotácie v pôdohospodárstve a rozvoji vidieka podľa zákona č. 280/2017 Z. z. z 12.októbra 2017 o a o zmene zákona č. 292/2014 Z. z. o príspevku poskytovanom z európskych štrukturálnych a investičných fondov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov,

- národná inventarizácia a monitoring lesov Slovenska (NIML) v zmysle zákona o lesoch č. 326/2005 Z. z. § 46,
- spracovanie rýchlych kartografických produktov, kartografické plánovanie vojenských operácií a cvičení na území SR,
- aktualizácia a dopĺňanie údajov o vybudovaných hydromelioračných zariadeniach,
- spracovanie podkladov o vybudovaných hydromelioračných zariadeniach za účelom vydávania odborných stanovísk k žiadostiam právnických a fyzických osôb ku konaniam podľa zákona č. 50/1976 Zb. z. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (Stavebný zákon) v znení neskorších predpisov a zákona č.220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov,
- poskytovanie základných aj odvodených informácii o pôde a krajine, ktoré sú poskytované prostredníctvom služby Pôdny portál a sú reprezentované najmä údajmi o Bonitovaných pôdno-ekologických jednotkách (BPEJ),
- poskytovanie a vyhodnocovanie poskytnutia štátnej podpory podnikateľským subjektom pôsobiacim v poľnohospodárskej prvovýrobe, potravinárstve, lesnom a rybnom hospodárstve,
- spracovanie informácií pre potreby zabezpečenia trvalo udržateľného rozvoja štátnych lesov,
- spracovanie informácii o výskyte nákaz prostredníctvom Veterinárneho informačného systému,
- poskytovanie podkladov pre Informačný systém geodézie, kartografie a katastra,
- poskytovanie autorizovaných a overených informácii o životnom prostredí,
- poskytnutie podkladov pre evidenciu technických údajov reprezentujúcich cestnú komunikáciu – jej súčasti a príslušenstvo na celoštátnej úrovni,
- Geografický informačný systém ŽSR,
- územné plány miest a obcí,
- manažment bezpečnostných rizík.

1 Technologický proces tvorby produktu Ortofotomozaika SR

Technologický proces tvorby produktu Ortofotomozaika SR je znázornený na nasledujúcom diagrame:



Obr. 1 Technologický proces tvorby produktu Ortofotomozaika SR

1.1 Výber, signalizácia a zameranie vlícovacích a kontrolných bodov

Medzi prípravné práce pred začatím leteckého meračského snímkovania patril výber a zameranie vlícovacích a kontrolných bodov. Vlícovacie body sú body určenej presnosti, v teréne vhodne umiestené, prípadne fotogrametricky signalizované, a na meračskej snímke dobre identifikovateľné. Predstavujú spojovací článok medzi obrazovými údajmi a mapovaným územím. Skupina vlícovacích bodov slúži na určenie prvkov vonkajšej orientácie snímky pomocou digitálnej automatickej aerotriangulácie a referencovanie bloku snímok do požadovaného referenčného súradnicového systému.

Kontrolné body sú jednoznačne identifikovateľné body alebo objekty na ortofotomozaike a v teréne, ktoré slúžia na kontrolu automatickej aerotriangulácie a overenie absolútnej polohovej presnosti výslednej ortofotomozaiky.

Vlícovacie a kontrolné body spĺňali nasledujúce kritériá:

- vybrané body na teréne merané technológiou GNSS (metódou RTK alebo statickou metódou s pripojením na Slovenskú priestorovú observačnú službu (SKPOS®)) alebo vybrané body Štátnej priestorovej siete,
- súradnicový referenčný systém S-JTSK(JTSK03) (kód EPSG:8353),
- výškový referenčný systém: Bpv (kód EPSG:8357),
- maximálna stredná polohová chyba m_{xy}=0,04 m,
- maximálna stredná výšková chyba m_h=0,06 m,
- vlícovacie body musia byť umiestnené minimálne v rohoch bloku snímok a na okrajoch letových línií, pokiaľ nie sú po kontrole splnené kritériá presnosti, sú dopĺňané rovnomerne vo vnútri bloku,
- počet a priestorová distribúcia kontrolných bodov boli zvolené podľa podmienok uvedených v § 7 Metodického návodu na kontrolu kvality ortofotomozaiky (ďalej len „Metodický návod“) [1].

Výber, signalizáciu a zameranie bodov v teréne vykonali zamestnanci GKÚ v spolupráci s NLC.



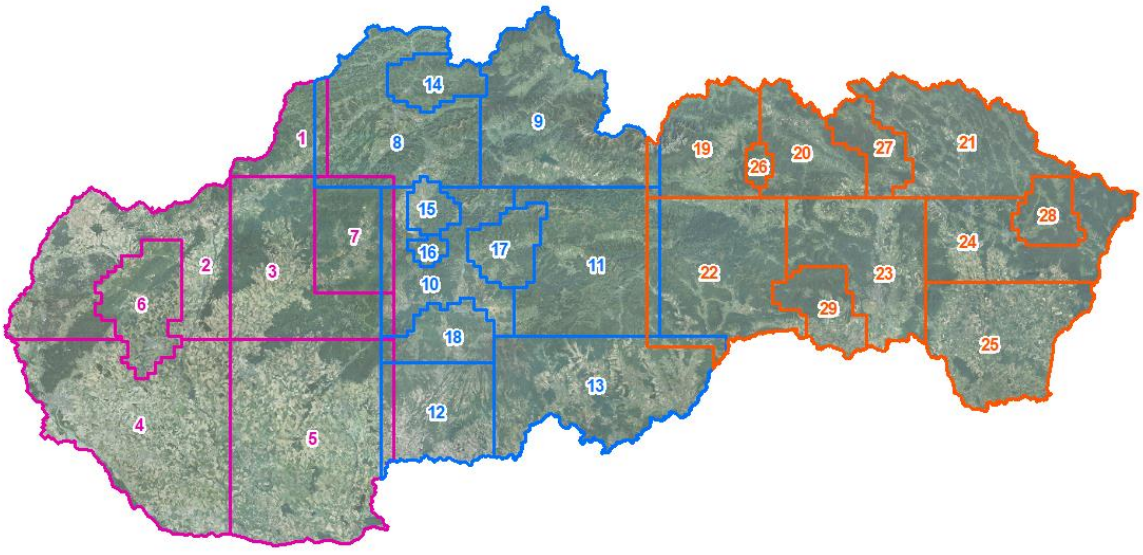
Obr. 2 Príklady signalizácie a zamerania vlícovacích a kontrolných bodov

1.2 Letecké meračské snímkovanie

Výsledkom leteckého meračského snímkovania uskutočneného v rokoch 2017 až 2019 bolo úplne plošné pokrytie mapového územia SR leteckými meračskými snímkami (LMS). V roku 2017 bola nasnímkovaná západná časť územia Slovenska (17 198 km^2), v roku 2018 bola nasnímkovaná stredná časť Slovenska (17 014 km^2) a v roku 2019 bola nasnímkovaná východná časť Slovenska (16 158 km^2). Územie SR bolo rozdelené na 29 lokalít zobrazených na obr. 3, v ktorých postupne prebiehalo letecké snímkovanie. Názov lokalít, ich výmera, rok snímkovania, použitá letecká kamera a spracovateľ sú uvedené v tabuľke č. 1.

Parametre leteckého meračského snímkovania boli stanovené tak, aby boli dodržané všetky kvalitatívne požiadavky na Ortofotomozaiku SR:

- snímkovanie bolo vykonané vo vegetačnom období od začiatku mája do konca septembra,
- celková plocha oblačnosti spolu s tieňom vrhnutým oblačnosťou na snímkach neprekročila 0,01 % plochy lokality,
- výška letu pre kameru Vexcel UltraCam Xp bola približne 3400 m nad zemským povrchom, výška letu pre kameru Leica RCD30 bola približne 1200 m nad zemským povrchom,
- GSD (Ground Sampling Distance) - priestorové rozlíšenie LMS:
    - Vexcel UltraCam Xp: 19 – 22 cm,
    - Leica RCD30: 12 – 19 cm,
- pozdĺžny prekryt snímok: 60%,
- priečny prekryt snímok: 30%.



Obr. 3 Prehľad lokalít leteckého meračského snímkovania

Tab. 1 Lokality leteckého meračského snímkovania

Označenie	Názov	Výmera [km^2]	Rok snímkovania	Kamera	Spracovateľ
1	Púchov	758	2017	Vexcel UltraCam Xp, Leica RCD30	**NLC**
2	Senica	2979	2017	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
3	Trenčín	2475	2017	Vexcel UltraCam Xp	**NLC**
4	Bratislava	4072	2017	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
5	Levice	4459	2017	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
6	Majdan	1135	2017	Leica RCD30	**NLC**
7	Magura	1320	2017	Leica RCD30	**NLC**
8	Žilina	2710	2018	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
9	Ružomberok	2898	2018	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
10	Banská Bystrica	1685	2018	Vexcel UltraCam Xp	**NLC**
11	Brezno	2800	2018	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
12	Šahy	1566	2018	Vexcel UltraCam Xp	**NLC**
13	Lučenec	2925	2018	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
14	Krásno	585	2018	Leica RCD30	**NLC**
15	Blatnica	315	2018	Leica RCD30	**NLC**
16	Turček	125	2018	Leica RCD30	**NLC**
17	Slovenská Ľupča	650	2018	Leica RCD30	**NLC**
18	Dobrá Niva	755	2018	Leica RCD30	**NLC**
19	Poprad	1508	2019	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
20	Stará Ľubovňa	1197	2019	Vexcel UltraCam Xp	**NLC**
21	Svidník	2220	2019	Vexcel UltraCam Xp	**NLC**
22	Spišská Nová Ves	2894	2019	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
23	Košice	2139	2019	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
24	Humenné	1983	2019	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
25	Michalovce	2184	2019	Vexcel UltraCam Xp	**GKÚ**
26	VLM	130	2019	Leica RCD30	**NLC**
27	Hertík	641	2019	Leica RCD30	**NLC**
28	Snina	530	2019	Leica RCD30	**NLC**
29	Jasov	732	2019	Leica RCD30	**NLC**

Pri snímkovaní boli použité nasledovné digitálne letecké kamery:

1. **Vexcel UltraCam Xp**

Tab. 2 Parametre kamery Vexcel UltraCam Xp

Formát senzora	103.860 mm * 67.860 mm 17310 px * 11310 px
Veľkosť pixela	6.000 µm * 6.000 µm
Ohnisková vzdialenosť	100.500 mm ±0.002 mm



Obr. 4 Vexcel UltraCam Xp

2. **Leica RCD30**

Tab. 3 Parametre kamery Leica RCD30

Formát senzora	54.000 mm * 40.392 mm 9000 px * 6700 px
Veľkosť pixela	6.000 µm * 6.000 µm
Ohnisková vzdialenosť	53.00 mm



Obr. 5 Leica RCD30

Prehľad LMS, z ktorých bola Ortofotomozaika SR vytvorená, spolu s presným dátumom ich snímkovania je dostupný na stiahnutie na stránke Geoportálu vo formáte ESRI Shapefile.

1.3 Fotogrametrické spracovanie

1.3.1 Výpočet prvkov vonkajšej orientácie LMS pomocou digitálnej automatickej aerotriangulácie

Digitálna automatická aerotriangulácia (AAT) sa v rámci fotogrametrického procesu spracovania LMS považuje za najdôležitejší krok. Predstavuje aplikáciu analytickej aerotriangulácie na digitálnych LMS v počítačovom prostredí. Jej cieľom je určenie prvkov vonkajšej orientácie LMS. Vonkajšia orientácia prestavuje určenie polohy a rotácie snímky v referenčnom súradnicovom systéme. Prvky vonkajšej orientácie definujú polohu a orientáciu kamery v referenčnom súradnicovom systéme v momente expozície snímky. Prvkami vonkajšej orientácie sú súradnice projekčného centra (stredu premietania) a uhly, ktoré zvierajú osi kamerového súradnicového systému s osami referenčného súradnicového systému.

Vstupnými dátami boli:

- digitálne LMS pokrývajúce príslušnú lokalitu,
- kalibračné protokoly použitých digitálnych kamier,
- prvky vonkajšej orientácie snímok, získané počas letu pomocou aparatúry GNSS a inerciálnej meracej jednotky (IMU) a transformované do referenčného súradnicového a výškového systému,
- priestorové súradnice vlícovacích a kontrolných bodov vyskytujúcich sa v príslušnej lokalite,
- údaje o priemernej výške terénu v danej lokalite.

Výpočty boli vykonané na fotogrametrických pracovných staniciach s využitím programu Trimble Inpho MATCH-AT. Výsledkom výpočtu AAT boli:

- prehľad dosiahnutých stredných chýb a maximálnych odchýlok v súbore spojovacích bodov, vlícovacích bodov, kontrolných bodov a stredných chýb vypočítaných prvkov vonkajšej orientácie,
- zoznam bodov, v ktorých boli významne prekročené apriórne hodnoty smerodajných odchýlok a preto boli z výpočtu vylúčené,
- výsledný zoznam stredov premietania všetkých snímok s uvedením ich polohových súradníc v systéme S-JTSK(JTSK03) (kód EPSG:8353), výšok v systéme Bpv (kód EPSG:8357) a uhlových prvkov vonkajšej orientácie každého snímky (ω, ϕ, κ).

1.3.2 Ortorektifikácia

Účelom ortorektifikácie je diferenciálne prekreslenie leteckej meračskej snímky zo stredového priemetu na ortogonálny (pravouhlý) a odstránenie radiálnych posunov obrazu spôsobených výškovými rozdielmi terénu. Vykonáva na základe znalosti o prvkoch vnútornej a vonkajšej orientácie snímky a výškového modelu zobrazeného územia. Procesom ortorektifikácie vzniknú ortosnímky, ktorých obsah v realite je ortogonálne zobrazený do referenčnej roviny a má jednotnú mierku.

Digitálna LMS je zložená z obrazových prvkov (pixelov). Ku každému z nich je zistená výška zobrazeného územia nad porovnávacou rovinou, ktorá sa odvodzuje z digitálneho výškového modelu územia a následne je vypočítaná jeho nová poloha v rastri s ohľadom na výšku zobrazeného územia.
Pre prvý cyklus tvorby produktu Ortofotomozaika SR (2017 – 2019) bol použitý digitálny výškový model s priestorovým rozlíšením 5 m/pixel, ktorý bol vytvorený z nasledujúcich zdrojov:

a) údaje leteckého laserového skenovania (63% z celkovej plochy ortofotomozaiky),
b) automatický fotogrametrický zber doplnený vybranými priestorovými údajmi ZBGIS vyhodnotenými na teréne (32 % z celkovej plochy ortofotomozaiky),
c) DMR 3.5 (5 % z celkovej plochy ortofotomozaiky)

Digitálny výškový model bol ešte doplnený o 3D polygóny mostov.
Ortorektifikácia bola vykonaná pomocou softvéru Trimble Inpho OrthoMaster.
Vstupnými dátami boli:

- prvky vonkajšej orientácie všetkých použitých snímok (výsledok výpočtu AAT),
- zvolený digitálny výškový model,
- parametre pre ortorektifikáciu susedných snímok,
- rozmer pixela v úrovni porovnávacej roviny (0,25 m).

Výsledné digitálne farebné ortosnímky sú následne georeferencované, čiže poloha každého pixelu je definovaná súradnicami (X, Y) v použitom súradnicovom referenčnom systéme S-JTSK(JTSK03) (kód EPSG:8353).

1.3.3 Rádiometrické úpravy a mozaikovanie

Cieľom tejto etapy spracovania bolo vytvorenie ortofotomozaiky, ktorá predstavuje súbor ortosnímok spojených do jedného obrazového celku bez prekrytov, medzier a viditeľných jasových a farebných rozdielov pozdĺž spojovacích čiar.
Pri procese vytvárania ortofotomozaiky bolo dôležité zaistiť rádiometrické a farebné vyrovnanie digitálneho obrazu všetkých ortosnímok. Rádiometrické úpravy sa realizovali v dvoch častiach:

- manuálne rádiometrické úpravy, kde sa podľa potreby sa upravovali jednotlivé snímky, aby sa farebne a jasovo k sebe čo najviac približovali.
- automatické rádiometrické úpravy, ktoré sa aplikovali na všetkých snímkach, ako celku, po manuálnych úpravách.



Obr. 6 Ortosnímky pred rádiometrickými úpravami

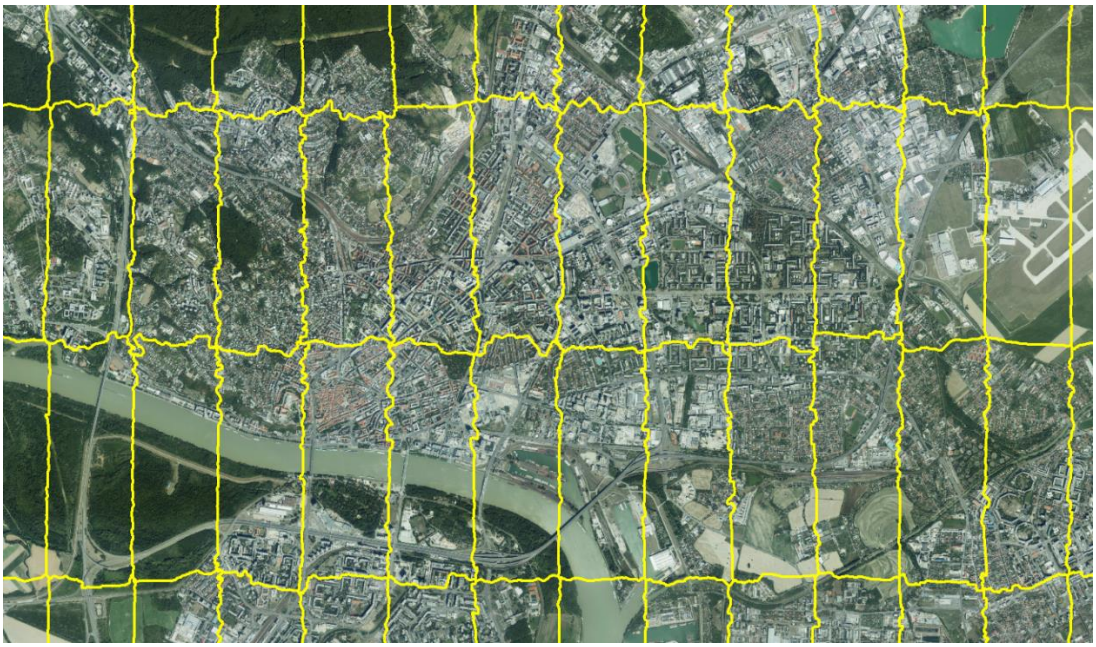


Obr. 7 Ortosnímky po rádiometrických úpravách

Mozaikovanie sa realizovalo automaticky medzi susednými ortosnímkami v priestore ich pozdĺžneho či priečneho prekrytu. Na tieto účely sa použil softvér OrthoVista a SeamEditor. Vstupnými parametrami boli:

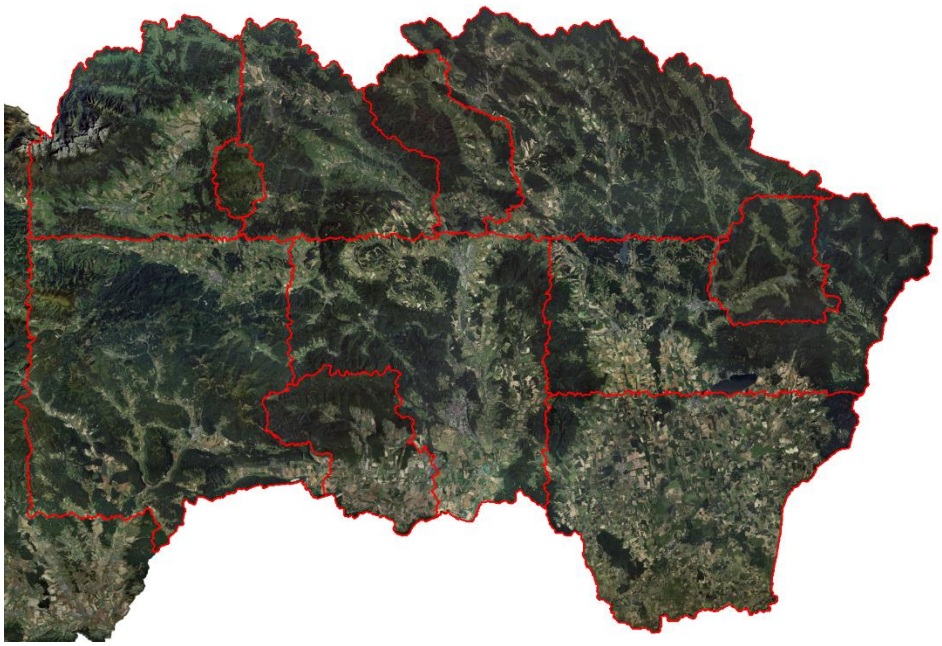
- vektorová vrstva objektov (budovy), cez ktoré vyhľadávací algoritmus nebude viesť spojovacie čiary,
- druh zobrazeného územia (intravilán, extravilán, zmiešaný druh územia),
- miera a spôsob rozostrenia obrazu pozdĺž spojovacej čiary susedných snímok.

V prípade potreby boli spojovacie čiary upravené manuálne.



Obr. 8 Priebeh spojovacích čiar pri mozaikovaní ortosnímok v rámci lokality

Jednotlivé lokality boli medzi sebou mozaikované manuálne.



Obr. 9 Ukážka priebehu spojovacích čiar medzi jednotlivými lokalitami

1.4 Transformácia do súradnicového systému S-JTSK(JTSK) a rozdelenie do kladu mapových listov ŠMO5

Ďalším krokom bola transformácia ortofotomozaiky z referenčného súradnicového systému S-JTSK(JTSK03) (kód EPSG:8353) do S-JTSK(JTSK) (kód EPSG:5514) s využitím transformačnej metódy NADCON a príslušných transformačných súborov (*Slovakia_JTSK03_to_JTSK.LAS, Slovakia_JTSK03_to_JTSK.LOS*), obsahujúcich súradnicové rozdiely medzi realizáciami JTSK03 a JTSK geodetického referenčného systému S-JTSK v tvare elipsoidických súradníc na úrovni Besselovho elipsoidu. Tieto súbory sú dostupné na stránke Geoportálu.
Nasledujúcou etapou bolo automatické rozdelenie pretransformovanej ortofotomozaiky podľa kladu listov Štátnej mapy odvodenej 1:5 000 (ŠMO5) (obr. 10). Takto vzniknutý jeden mapový list ortofotomozaiky pokrýva územie 2,5 x 2 km. Formát rastrového súboru je TIFF, umiestňovací súbor *.tfw je vztiahnutý k severozápadnému rohu rastrového súboru, a to k stredu prvého pixela. Rozmery rastrového súboru sú 10 000 x 8 000 pixelov. Priestorové rozlíšenie rastra je 25 cm/pixel. Transformácia a rozdelenie ortofotomozaiky do kladu mapových listov sa vykonala v prostredí aplikácie ArcGIS Pro.



Obr. 10 Rozdelenie Ortofotomozaiky SR podľa kladu mapových listov ŠMO5

2 Kontrola kvality

Kontrola kvality produktu Ortofotomozaika SR sa vykonávala podľa postupu uvedeného v Metodickom návode [1] a pozostávala z:

1) kontroly rádiometrickej a sémantickej kvality,
2) kontroly polohovej presnosti.

2.1 Kontrola rádiometrickej a sémantickej kvality

Splnenie požadovaných kritérií vykonal operátor vizuálnou kontrolou nad množinou kontrolovaných dlaždíc ortofotomozaiky, ktorá vznikla výberom podľa nasledujúcich kritérií:

a) 5 % náhodne vybraných kontrolovaných dlaždíc ortofotomozaiky,
b) 5 % kontrolovaných dlaždíc ortofotomozaiky zo všetkých tých, na ktorých sa nachádzajú objekty ZBGIS z triedy objektov budova (AL015) s výškou viac ako 15 metrov (HGT >= 15),
c) 1 % kontrolovaných dlaždíc ortofotomozaiky spadajúcich do extravilánu,

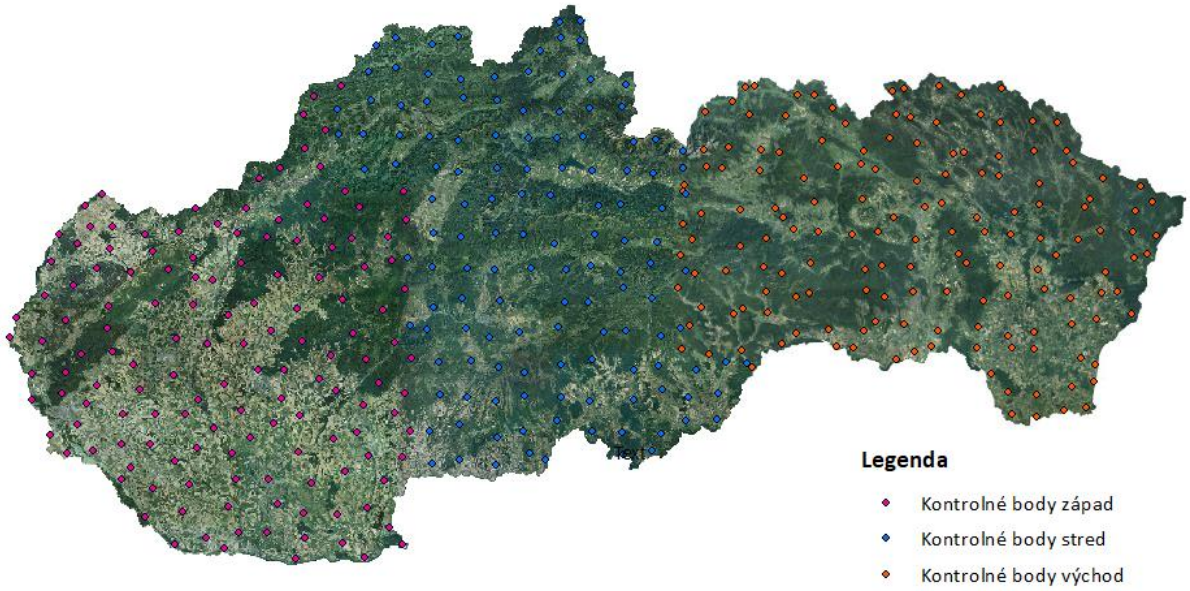
kde kontrolovaná dlaždica predstavuje výrez z ortofotomozaiky s územným rozsahom, ktorý zodpovedá územnému rozsahu jedného mapového listu ŠMO5.

Na základe výsledkov kontroly vyplýva, že Ortofotomozaika SR spĺňa stanovené kvalitatívne požiadavky:

(1) Ortofotomozaika je vyhotovená v spektrálnom variante RGB – obraz je zložený zo spektrálnych pásiem červená, modrá a zelená.
(2) Rádiometrické rozlíšenie (farebná hĺbka) je 8 bitov.
(3) Ortofotomozaika vytvára harmonický, vizuálne jednotný dojem, bez prekrytov a medzier.
(4) Spájacie čiary ortofotomozaiky nie sú viditeľné.
(5) Na protiľahlých stranách, vzhľadom na spájacie čiary, je farebné, jasové a kontrastné podanie obrazu ortofotomozaiky bez viditeľných rozdielov na homogénnych plochách.
(6) Rozloha oblačnosti spolu s tieňom vrhnutým oblačnosťou na kontrolovanom území je menšia ako 0,01% jeho rozlohy.

2.2 Kontrola polohovej presnosti

Kontrola absolútnej polohovej presnosti Ortofotomozaiky SR sa vykonala pomocou množiny kontrolných bodov (KB), ktorých rozmiestnenie, počet a parametre spĺňajú všetky podmienky uvedené v kapitole 1.1.



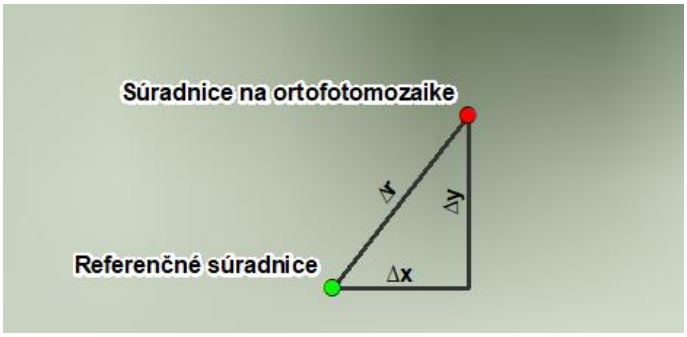
Obr. 11 Rozmiestnenie kontrolných bodov

Meranie súradníc KB na ortofotomozaike sa vykonalo v 3 alebo 4 nezávislých meraniach. Súradnice KB na ortofotomozaike sa určili ako priemer z jednotlivých meraní. Počet použitých KB pri kontrole polohovej presnosti je uvedený v tabuľke č. 4.

Polohová presnosť ortofotomozaiky sa posudzovala podľa nasledujúcich vzťahov [3], [4], [5]:
Chyba kontrolného bodu Δr – predstavuje vzdialenosť medzi polohou bodu na ortofotomozaike a jeho referenčnou polohou (obr. 12). Vypočíta sa z rozdielu súradníc meraných na ortofotomozaike a referenčných súradníc:

$$\Delta x_i = x_{orto_i} - x_i,$$
$$\Delta y_i = y_{orto_i} - y_i,$$
$$\Delta r_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2},$$

kde x je referenčná súradnica x kontrolného bodu určená meraním v teréne,
y je referenčná súradnica y kontrolného bodu určená meraním v teréne,
x_{orto} je súradnica x kontrolného bodu meraná na ortofotomozaike,
y_{orto} je súradnica y kontrolného bodu na meraná ortofotomozaike,



Obr. 12 Chyba kontrolného bodu Δr

Stredná chyba $RMSE_x$ (Root mean square error) v súradnici x:

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta x_i^2}{n}}$$

Stredná chyba $RMSE_y$ v súradnici y:

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta y_i^2}{n}},$$

kde n je počet kontrolných bodov.

Stredná polohová chyba $RMSE_{xy}$:

$$RMSE_{xy} = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$$

CE95 (Circular error 95%):

$$CE95 = 1{,}7308 * RMSE_{xy}$$

Hodnota CE95 definuje polomer kružnice so stredom v určenom bode na ortofotomozaike, vnútri ktorej sa s 95% pravdepodobnosťou nachádza jeho skutočná horizontálna poloha. Predstavuje veľkosť polohovej chyby, ktorá nebude v 95% prípadov prekročená.

Tab. 4 Výsledky kontroly polohovej presnosti jednotlivých častí Ortofotomozaiky SR

Územie	Celkový počet KB	Počet KB s $\Delta r < 3 * GSD$	Počet KB s $\Delta r > 5 * GSD$	$RMSE_x$ [m]	$RMSE_y$ [m]	$RMSE_{xy}$ [m]	CE_{95} [m]
Západ SR	144	97%	0	0,190	0,298	0,354	0,612
Stred SR	142	99%	0	0,174	0,203	0,267	0,463
Východ SR	159	99%	0	0,182	0,198	0,269	0,465

Tab. 5 Výsledky finálnej kontroly polohovej presnosti ortofotomozaiky z celého územia SR

Územie	Celkový počet KB	Počet KB s $\Delta r < 3 * GSD$	Počet KB s $\Delta r > 5 * GSD$	$RMSE_x$ [m]	$RMSE_y$ [m]	$RMSE_{xy}$ [m]	CE_{95} [m]
Celá SR	445	98%	0	0,188	0,232	0,299	0,517

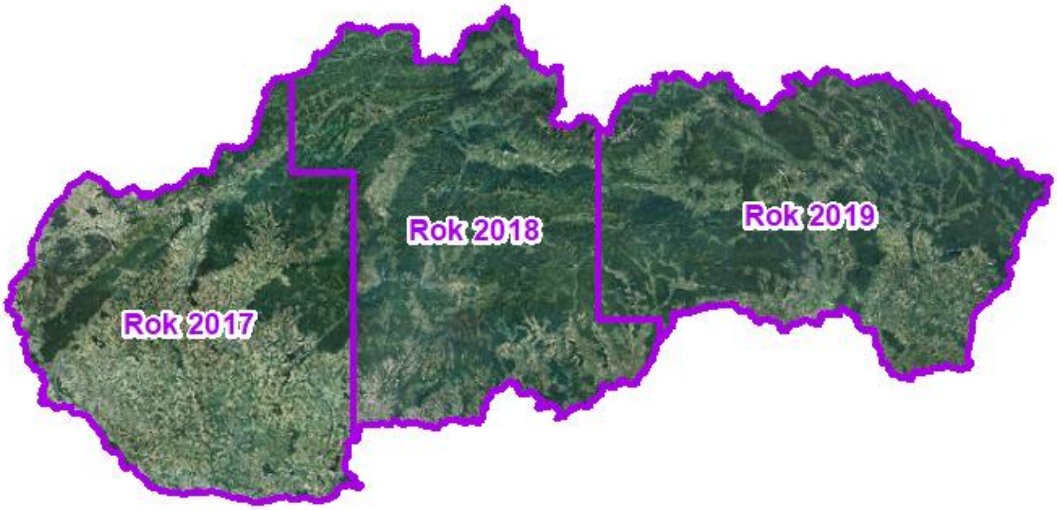
Z dosiahnutých výsledkov kontroly polohovej presnosti (tabuľka č. 5) vyplýva, že ortofotomozaika vyhovuje požadovaným kritériám presnosti:

a) stredná polohová chyba $RMSE_{xy}$ dosahuje hodnoty menšie ako 2-násobok GSD,
b) 95 % zo všetkých meraných kontrolných bodov dosahuje hodnotu Δr menšiu ako 3-násobok GSD,
c) všetky kontrolné body dosahujú hodnotu Δr menšiu ako 5-násobok GSD,

kde GSD vyjadruje vzdialenosť medzi stredmi susedných pixelov ortosnímky meranú na zemskom povrchu. Pre produkt Ortofotomozaika SR (2017-2019) má GSD hodnotu 0,25 m.

3 Parametre, poskytovanie a dostupnosť Ortofotomozaiky SR

Parametre poskytovanej Ortofotomozaiky SR:
Formát: TIFF + TFW,
Rozmery: 10 000 x 8000 pixelov,
Priestorové rozlíšenie: 25 cm/pixel,
Počet kanálov: 3 (RGB, 8-bit),
Súradnicový systém: S-JTSK(JTSK) - kód EPSG:5514
Počet mapových listov v klade ŠMO5 (1:5000): 3418 ML = územie západného Slovenska, 3435 ML = územie stredného Slovenska, 3422 ML = územie východného Slovenska.



Obr. 13 Prehľad rozdelenia Ortofotomozaiky SR

Produkt Ortofotomozaika SR je poskytovaný bezodplatne online formou, odkazy na stiahnutie sú uvedené na stránke Geoportálu. Údaje v menšom rozsahu (do 20 mapových listov) je možné voľne stiahnuť cez aplikáciu Mapový klient ZBGIS. Viac informácií sa nachádza v pomocníkovi k aplikácii. Na údaje Ortofotomozaiky SR sa vzťahujú podmienky poskytovania a používania údajov.

Ortofotomozaika SR je voľne k dispozícii aj prostredníctvom zobrazovacích webových mapových služieb: - WMS: https://zbgisws.skgeodesy.sk/zbgis_ortofoto_wms/service.svc/get
- WMTS: https://zbgisws.skgeodesy.sk/zbgis_ortofoto_wmts/service.svc/get

Klad mapových listov Ortofotomozaiky SR vo formátoch ESRI GDB, ESRI SHP a GeoPackage je voľne dostupný na stiahnutie na stránke Geoportálu.

Záver

Ortofotomozaika SR vytvorená v priestorovom rozlíšení GSD 0,25 m v rámci tvorby prvého cyklu ortofotomozaiky v období rokov 2017 – 2019 spĺňa požadované kritériá na polohovú a rádiometrickú presnosť, ktoré boli stanovené v Metodickom návode na kontrolu kvality ortofotomozaiky. Ortofotomozaika vytvára harmonický, vizuálne jednotný dojem, spojovacie čiary ortofotomozaiky nie sú viditeľné a oblačnosť sa v obraze prakticky nevyskytuje. Kontrolou absolútnej polohovej presnosti bola zistená stredná polohová chyba $RMSE_{xy}$ = 0,299 m, čo je výrazne pod prípustnou hodnotou 2-násobku GSD v zmysle stanovených kritérií. Pri používaní Ortofotomozaiky SR je dôležité brať ohľad na to, že polohovo správne sú zobrazené len tie objekty, ktoré sa nachádzajú na úrovni terénu, ako napr. päty budov, stĺpov, komínov, stromov a pod. Taktiež je dôležité zobrať do úvahy, že krajina sa v čase mení a od doby snímkovania po dobu použitia Ortofotomozaiky SR mohlo dôjsť k zmenám v krajine z dôvodu pôsobenia prírodných javov alebo ľudskej činnosti, preto do budúcna bude nevyhnutné cyklicky vykonávať letecké meračské snímkovanie a vytvárať aktuálnu Ortofotomozaiku SR minimálne v takej kvalite, ako tomu bolo v prvom cykle.

V Bratislave 15.1.2021

Ing. Tomáš Dekan



Zoznam použitej literatúry

[1] *Metodický návod na kontrolu kvality ortofotomozaiky* [online]. 2020. O 84.11.13.32.92-16. Dostupné na internete: <http://www.skgeodesy.sk/files/slovensky/ugkk/kataster-nehnutelnosti/technicke-predpisy-ine-akty-riadenia/mn_kontrola_kvality_ortofotomozaiky_2018_aktualizacia_2_dodatok.pdf>.

[2] *Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra* [online]. Dostupné na internete: <http://www.skgeodesy.sk/sk/terminologicky-slovnik/>.

[3] KENTON, R.: *Geopositional Statistical Methods* [online]. 2004. Dostupné na internete: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20080021615/downloads/20080021615.pdf>.

[4] *Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy* [online]. 1998. FGDC-STD-007.3-1998. Dostupné na internete: <https://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3>

[5] GREENWALT, C.R. - SCHULTZ, M.E.: *Principles and Error Theory and Cartographic Application* [online]. 1962. Dostupné na internete: <https://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr96.pdf>.