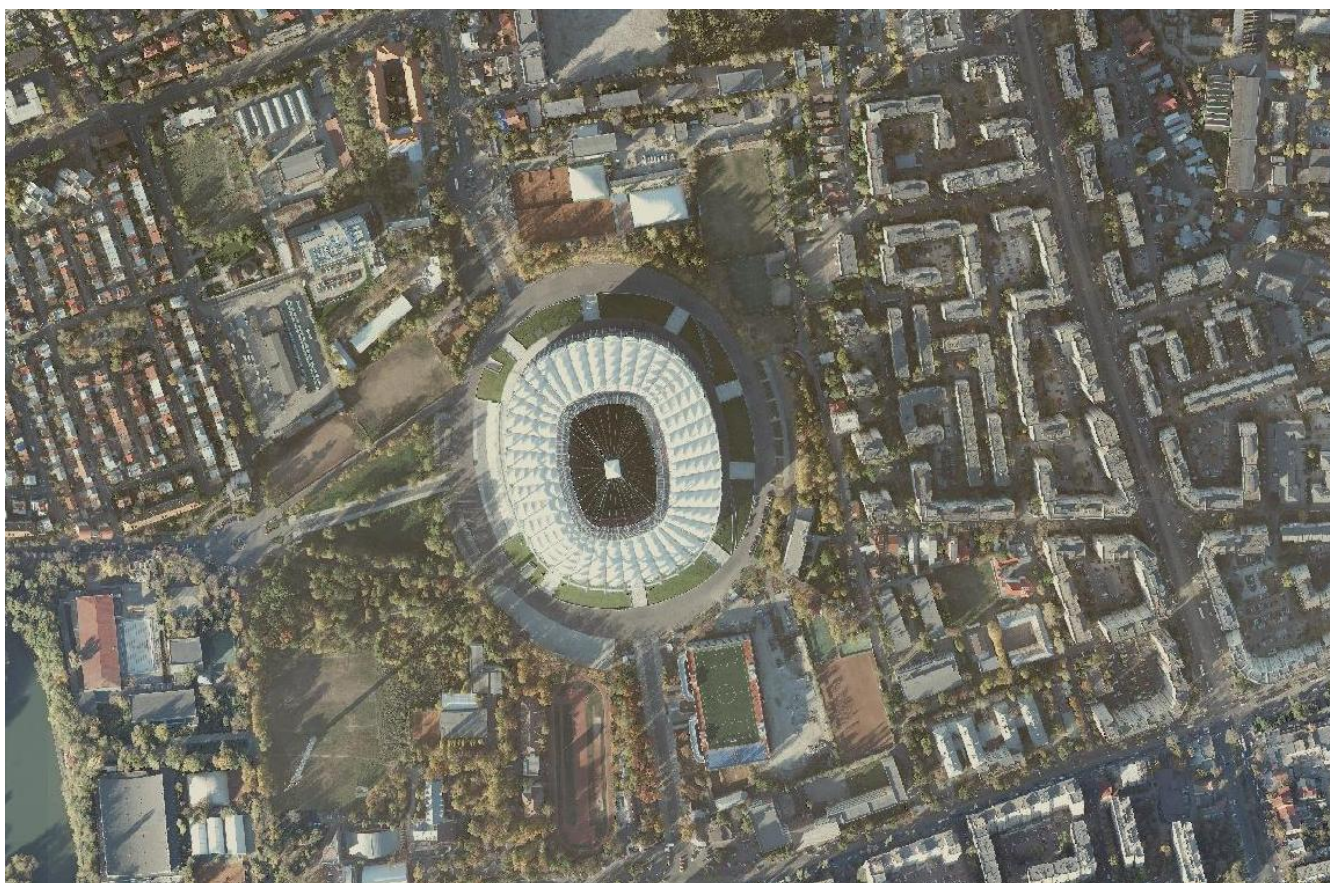


REALIZAREA MODELULUI VIRTUAL REALISTIC AL UNEI LOCALITĂȚI ÎN STANDARD CITYGML

*Activitatea 7 Elaborarea și realizarea soluției noi
pentru tehnologia „generarea imaginilor true-ortofoto”*

LIVRABIL 7.1

**Descrierea operațiunilor, instrumentelor și metodelor de lucru
privind generarea imaginilor true-ortofoto
(Rezumat)**



Iunie 2014

REZUMAT

LIVRABIL 7.1 Descrierea operațiunilor, instrumentelor și metodelor de lucru privind generarea imaginilor true-ortofoto.

Livrabilul este dezvoltat parțial fiind structurat pe 6 capitole:

- Un capitol introductiv (capitolul 1) care descrie conceptul imaginilor true-ortofoto;
- Un capitol (capitolul 2) care descrie operațiile de generare a imaginilor true-ortofoto;
- Un capitol (capitolul 3) în care se descriu instrumentele de lucru necesare obținerii imaginilor ortorectificate;
- Un capitol (capitolul 4) în care se descriu procedurile și metodele de lucru pentru generarea imaginilor true-ortofoto;
- Capitolul 5 ce cuprinde aspecte economice ale aplicațiilor în producerea true – ortofoto
- Un ultim capitol (capitolul 6) cuprinzând concluziile.

1 Conceptul true-orto

În procesul de obținere a imaginilor ortorectificate, clădirile, podurile apar pe imagini deplasate, podurile uneori fiind și deformate datorită faptului că suprafața vizibilă a acestora nu coincide cu modelul numeric al terenului. De asemenea, datorită efectului de perspectivă, suprafețe de la baza clădirilor pot fi ascunse, invizibile pe anumite imagini.

Procedeu prin care efectul de perspectivă datorat obiectelor de la suprafața solului cu înălțimi considerabile este corectat astfel încât suprafețele ascunse sunt înlocuite cu suprafețe vizibile de pe o altă imagine se numește TRUE ORTORECTIFICARE în sensul că numai acum transformarea ortogonală este completă. Acest procedeu a apărut odată cu trecerea la fotogrammetria digitală iar camerele digitale au impulsat și mai puternic utilizarea acestui procedeu datorită posibilității implementării de procedee automate

Pentru obținerea ortofotogramelor este suficientă generarea Modelului Numeric al Terenului (MNT) considerând că acestea sunt cerute pentru suprafețe din extravilanul localităților.

MNT se poate genera automat prin stabilirea unui grid predefinit și utilizând softuri ce conțin autocorelația automată. Generarea automată are și anumite riscuri datorate poziționării greșite a nodului de grid în vârful pomilor sau pe clădiri ceea ce produce perturbații în MNT și determină ulterior erori în repixelizarea ortoimaginilor. Eliminarea acestora se poate face doar manual prin re poziționarea mărcii fotogrammetrice pe sol și recitirea cotei punctului respectiv, ori chiar mutarea acestuia. Se va propune o metodă automată de evitare a unor astfel de probleme prin introducerea unui proces de recunoaștere a obiectelor din matricea de corelație și eliminarea automată a citirilor de pe obiectele înalte (pomi, clădiri, etc)

Un prim pas important către True-ortofoto este vectorizarea podurilor, a rampelor și includerea acestora în MNT care elimină erorile de deplasare și deformare a podurilor.

Important în acest process este ca distanța dintre vertexurile polilinieii 3D de vectorizare să fie mai mică decât lățimea drumului și mai mică decât dimensiunea gridului MNT. Aceasta asigură includerea corectă a podului în MNT

Clădirile produc cele mai mari deformații în ortofotograme după cât sunt de înalte datorită perspectivei diferite în fiecare imagine.

Din acest motiv este important să se vectorizeze acoperișurile în modul 3D și să se proiecteze pe modelul terenului pentru a se genera corpul construcției respective. Pentru acoperișurile clădirilor vor fi generate aplicații simple care să minimizeze liniile ce urmează a fi vectorizate și a mări astfel randamentul de producție.

2 Operații de generare a imaginilor true-ortofoto

Pentru realizarea de imagini true-ortoreferențiate este necesară o aerofotografiere de precizie de cel puțin 20cm dimensiunea pixelului final, minim fiind valoarea de 10cm. O valoare prea mică determină creșterea exponențială a costurilor, nejustificate pentru plusul de precizie a imaginilor obținute. Trebuie subliniat și înțeles de beneficiarii unor astfel de produse că o precizie de ordinul a 5cm de exemplu, implică luarea în calcul a tuturor detaliilor constructive a clădirilor, a acoperișurilor care oricum necesită un grad mai mare de generalizare.

Pe de altă parte, din punct de vedere practic, extragerea zonelor ascunse de la baza clădirilor la o distanță de ordinul a 5cm se împiedică din nou de detaliile constructive care au o dimensiune mult mai mare de 5 cm. Chiar dacă aerofotografierea a fost executată cu o astfel de precizie, imaginile ortofoto nu trebuie să se genereze la o astfel de dimensiune de pixel. Precizia mare se cere pentru activități de restituție necesară cartografierii de detaliu a elementelor topografice pentru redactarea planurilor la scări mari.

În acest context, modelul numeric al terenului necesar obținerii imaginilor ortofoto trebuie să aibe și el un grad mare de precizie inclusiv pe orizontală. Gridul de rețea trebuie să fie cam de 10 ori dimensiunea pixelului pentru a nu încărca exagerat timpii de calcul dar și pentru că practica a demonstrat că variația pe verticală este mai slabă decât variația pe orizontală. Este și motivul pentru care profilele transversale de exemplu se desenează, pentru a fi intuitive, în raportul standard 1/10.

În studiul de caz din această lucrare se vor folosi date obținute la precizia de 20cm. Pentru acest tip de date ca și pentru cele de 10cm precizie este mai eficient un MNT obținut prin tehnici LIDAR. În fig.2.1 se prezintă diagram de flux complet de activități pe care îl propun pentru obținerea imaginilor true-orto începând cu proiectele de aerofotografiere până la generarea efectivă a produsului final true-orto.

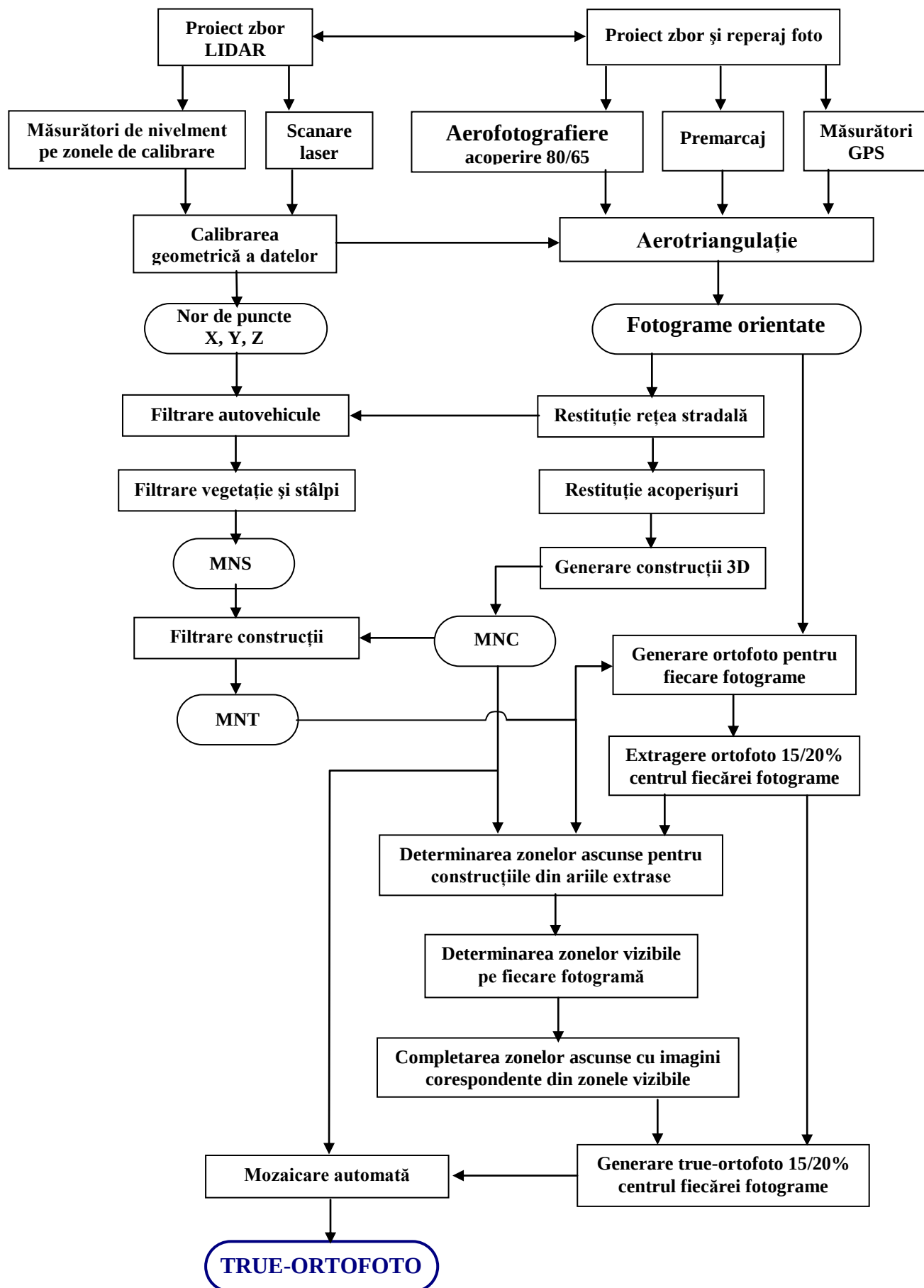


Fig. 2.1 Diagrama de flux a procesului de obținere a imaginilor true-orto

Cele două procese independente de culegere date, aerofotografierea și scanarea laser pot fi uneori realizate prin același proiect de zbor în condițiile în care echipamentele folosite înregistrează informații cam din aceeași zonă, conul de scanare putând fi mai mic decât cel de aerofotografiere deoarece nu este necesară o acoperire similară. Cu toate acestea, proiectele de zbor trebuie realizate mai întâi separat și apoi analizată posibilitatea de a le combina.

Prin proiectul de zbor pentru scanarea laser trebuie stabilite și zonele în care se vor determina puncte de cotă pentru calibrarea geometrică. De regulă, acestea trebuie să fie zone plane situate în centrul și înspre cele 4 puncte cardinale ale ariei de scanare. Aceste puncte așa cum se observă și în diagramă, pot fi extrem de bine folosite în procedura de control a aerotriangulației.

Produsele intermediare rezultate după activitatea de zbor și efectuarea determinărilor topo-geodezice sunt norul de puncte de coordonate X,Y,Z în urma scanării laser și fotogramele orientate absolut în urma aerofotografierii și executării aerotriangulației.

În cadrul procesării datelor laser mai sunt necesare operații de filtrare pentru eliminarea informațiilor de vegetație și a altor elemente verticale cum ar fi stalpii, panouri publicitare, etc. Aceste elemente care au înălțime mare și grosime mică pot fi filtrate simultan prin aceeași algoritmi.

În urma filtrărilor datelor laser se obține modelul numeric al suprafeței (MNS)

Pentru obținerea MNT, acesta mai trebuie să fie filtrat de construcții. Cea mai eficientă metodă pentru o astfel de filtrare este utilizarea unui MNC existent la o precizie convenabilă mai bună decât valoarea gridului MNS.

Deoarece prin efectul de perspectivă ocluziile sunt inevitabile în imaginile aeriene la scară mare, pentru generarea imaginilor true-orto este foarte necesară utilizarea altor imagini pentru a umple ocluziile. De obicei, ocluziile pot fi reumplute doar din imagini suplimentare vecine.

Pentru a genera o ortoimagine, zona de ocluzie trebuie să fie 100% vizibilă în imaginile suplimentare vecine, care trebuie să fie, de asemenea, ortorectificate ca imagini-master, astfel încât pixelii lor să corespundă pe deplin în același sistem de coordonate.

Mozaicul reprezintă o imagine de ansamblu a unei regiuni care se obține prin suprapunerea tuturor imaginilor ortorectificate și decuparea zonelor suprapuse astfel încât suprafețele din imagini diferite să aibă continuitate atât din punct de vedere geometric cât și radiometric (culoare și intensitate).

Pentru a înțelege mai bine procesul de mozaicare luăm cazul unor imagini fotografice asupra unei construcții. În **fig 2.2** sunt 9 imagini cu suprapuneri, ne-ortorectificate asupra fațadei unei construcții.



Fig. 2.2 Imagini ale unei fațade neortorectificate



Fig. 2.3 Model numeric vectorial al fațadei

Pentru a putea ortorectifica fiecare imagine este nevoie de un model vectorial grafic al fiecărei părți din fațadă cuprinse în imaginea respectivă sau modelul vectorial complet al fațadei (fig. 2.3).

Pe baza graficului vectorial fiecare imagine este ortorectificată astfel încât imaginea să corespundă perfect peste modelul vectorial (fig. 2.4)



Fig. 2.4 Compunerea mozaicului prin alipirea ortofotogramelor

Imaginile astfel obținute sunt apoi alipite și corectate radiometric astfel încât culorile și intensitatea lor să fie uniformă și linia de alipire să nu mai poată fi observată.



Fig. 2.5 Mozaicul fațadei

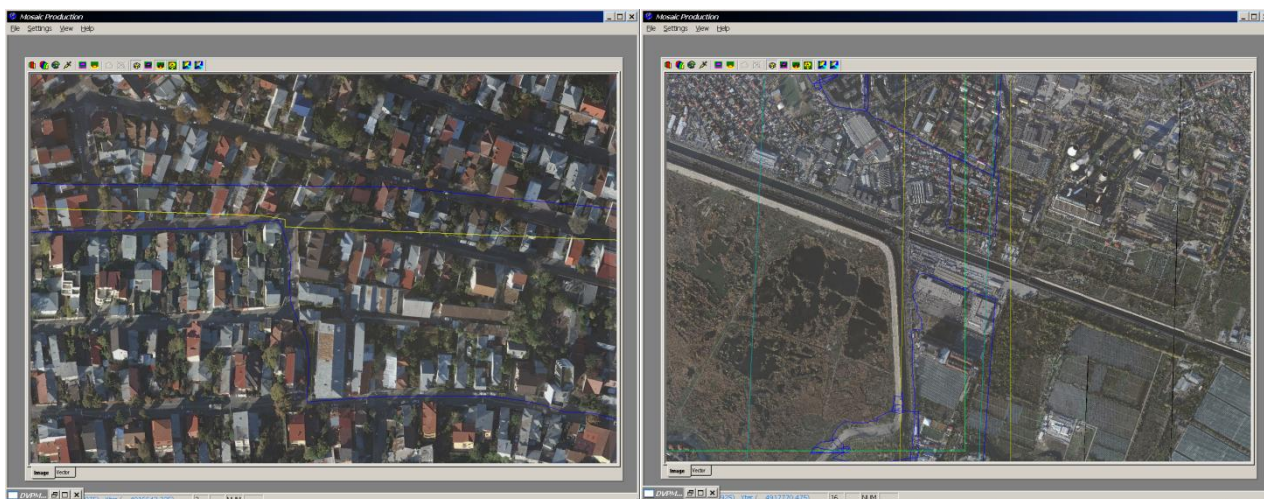
Similar acest proces se aplică și fotogramelor nadirale pentru obținerea mozaicului suprafețelor de teren

Problema decupării imaginilor se pune atât din punct de vedere a efectului de perspectivă pe clădiri și vegetație cât și mai ales datorată nivelelor de culoare sau însorire diferită. Pentru ca acest proces să fie eficient el trebuie realizat cu prioritate pe rețeaua stradală. Trebuie ținut însă cont de autovehicule și de conturul construcțiilor care prin perspectivă poate apare proiectat pe rețeaua stradală.

3 Instrumente necesare obținerii imaginilor ortorectificate

Etapele realizării unui ortofotoplan cu pachetul DVP – Orto sunt:

- **colectia DTM (TIN).** Pentru aceasta, avem nevoie de un fișier de tip *.dxf care să conțină punctele de cotă ale terenului și break lines-urile rezultate în urma vectorizării 3D. Rezultă un fișier de tip *.tgl, care va fi utilizat în continuare la crearea mozaicului.
 - **rectificare ortofotoplan (Ortophoto Rectification)** – se obțin imaginile rectificate ale modelului stereoscopic, cu ajutorul fișierului specificat TIN, de tip *.tgl. Sunt necesare și fișierele *.par, ce pot fi obținute după ce se face orientarea interioară a fiecărei fotograme în parte. Un nou fișier care conține parametrii de orto-imagini este creat în mod automat atunci când rectificarea este finalizată. Acest fișier poate fi utilizat direct în modulul de mozaic pentru a crea o acoperire perfectă între mai multe orto-imagini.
 - **realizarea mozaicului (Mosaic-production)** este un modul cu ajutorul căruia se generează mozaicul, produsul final al acestei operațiuni fiind ortofotoplanul propriu-zis. Primul pas din crearea mozaicului este îndepărtarea unora dintre fotograme, întrucât pot fi suprapuneri foarte mari între ele, procentul fiind uneori 80% sau mai mult. Astfel, este necesar să se aleagă care dintre ele vor fi utilizate pentru a construi mozaic pentru fiecare parte a zonei, deoarece același detaliu se poate regăsi pe până la șase fotograme alăturate sau din benzi alăturate. Pe această suprafață de suprapunere se fac manual decupaje pe detalii planimetrice în așa fel încât linia tăietoare să nu secționeze detalii în așa fel încât aceste elemente să poată avea continuitate. Se ia de referință o imagine și se decupează în funcție de aceasta, din imaginea alăturată.
- Deoarece variațiile radiometrice sunt observate de la o fotografie la alta din diferite motive (schimbarea de punct de observație, variația calității fotografiilor, etc), diferențe ce pot apărea la zona de îmbinare a două fotografii. Luminozitatea uneia dintre cele două imagini este esențială pentru a da mozaicului un aspect continuu (se alege o imagine de referință și celelalte vor fi potrivite la nuanță și luminozitate în funcție de aceasta). Întrucât unele imagini sunt mai luminoase sau mai întunecate, se va face o uniformizare a nuanțelor în așa fel încât să prezinte continuitate. În al treilea rând, pentru a obține un produs de calitate, zonele de îmbinare vizibile dintre imagini trebuie, de asemenea netezite, astfel încât îmbinarea dintre imagini alăturate să nu fie vizibilă.



Produsul final îl constituie mozaicul ortorectificat, care poate fi tăiat în planșe, de dimensiuni impuse sau dorite de beneficiar. Fiecare planșă este în sine un ortofotoplan.

Pachetul de programe Leica Photogrammetry Suite este un alt instrument necesar obținerii de imagini ortorectificate.

4 METODE DE LUCRU PENTRU GENERAREA IMAGINILOR TRUE-ORTO

Generarea imaginilor true-orto se bazează pe obținerea de imagini ortofoto asupra unei zone cu construcții în care perspectiva acestora să fie reprezentată din suficient de multe direcții astfel încât orice zonă ascunsă într-o imagine să nu fie ascunsă în alte imagini.

Pentru ca spațiile dintre clădiri să poată fi vizibile pe ortofotograme, acoperirea longitudinală și transversală dintre fotografiile originale trebuie să fie mai mare de 60% .

Pentru a se ține cont de obiectele de pe teren, în procesul de obținere a imaginilor true ortofoto trebuie utilizat așa numitul **Model Numeric al Suprafeței (MNS)** sau **DSM** în terminologia engleză (Digital Surface Model)

Un pas important este **identificarea suprafețelor ascunse** și crearea unei corespondențe între poligonul ce reprezintă suprafața ascunsă în cel puțin o imagine foto și fotografia cea mai bine plasată din punct de vedere a vizibilității suprafeței respective. Se obține astfel o hartă de vizibilitate.

Uniformizarea culorilor se referă în special la echilibrarea luminozității și a contrastului între imagini ortofoto apropiate sau care conțin zone comune, diferențe datorate preluării imaginilor sub unghiuri de incidență diferită ce determină reflectanțe diferite a luminii solare. Prelucrările de modificare a culorilor mai în detaliu sunt necesare doar la adiacența a două imagini preluate cu camere diferite sau la distanțe mai mari în timp..

Mozaicul este un pas decisiv în realizarea true ortofoto. În cadrul acestei etape imaginile se combină, se decupează, se lipesc astfel încât zonele ascunse să fie înlocuite cu imaginile vizibile din ortofotograma cea mai bine plasată. Puterea oricărui astfel de procedeu stă în identificarea liniilor de alipire optime astfel încât imaginea rezultată să arate ca și când ar fi fost obținută dintr-o singură preluare ortogonală.

Generarea imaginilor true-orto se realizează în trei etape:

- Se generează o imagine ortofoto convențională pentru fiecare fotogramă.
- Se detectează zonele aflate în umbră/ascunse (părți ale imaginii ortofoto care nu sunt disponibile în imaginea aeriană originală).
- Se utilizează un soft de mozaicare pentru a completa zonele din imaginea ortofoto cu o anumită culoare sau cu date în format raster disponibile din imagini suprapuse.

Pentru zone cu clădiri foarte înalte și străzi înguste raportate la înălțime, este necesară o acoperire cât mai mare pentru ca să nu existe zone ascunse complet, respectiv în toate imaginile.

Pentru ca acoperirea să fie eficientă și pentru activitățile de restituție este util ca dintr-o acoperire mare să se poată obține o acoperire standard de 60/30 doar prin eliminarea fotogramelor pare sau impare și respectiv a unei benzi de fotografiere.

La o acoperire longitudinală de 80% fotogramele cu număr par sau impar au o acoperire de 60% ceea ce permite aplicarea procedeele de restituție pe fotograme pare sau impare. ($80+80-100=60$)

Pentru ca acest lucru să fie posibil și între benzi este necesară o acoperire transversală de 65% astfel încât benzile pare sau impare să aibe o acoperire de 30% ($65+65-100=30$)

Prin urmare, **acoperirea optimă** pentru realizarea imaginilor true-orto este de **80/65**

Realizarea unei imagini ortofoto se efectuează prin repixelizare, metodă prin care imaginea originală este reproiectată pe un model numeric al terenului. Această reproiectare poate fi efectuată în două feluri: proiectare directă(înainte) și proiectare indirectă(înapoi).

Prin proiectarea directă se proiectează punctele ordonate din imaginea sursă într-un set de puncte spațiale neregulate (distanța între puncte variabilă) așa cum sunt ele în teren. Pentru a le transforma într-o imagine digitală, acestea ar trebui interpolate într-un tabel ordonat de pixeli.

Aceasta determină ca proiectarea indirectă să fie mai frecvent utilizată. În proiectarea indirectă pixelul din imaginea ortofoto rezultată este proiectat înapoi în imaginea sursă, originală. În loc ca interpolarea să se execute în imaginea rezultată, interpolarea se realizează în imaginea sursă. Aceasta e mai ușor de implementat și interpolarea se poate calcula imediat pentru fiecare pixel. Mai mult, reproiectarea se execută doar pentru pixelii de care e nevoie în ortofotogramă.

Generarea de true-ortofotoplanuri trebuie să ia în considerare proiecția ortogonală cu un DSM, detectarea zonelor de ocluzie și completarea zonelor de ocluzie care lipsesc prin luarea părților de imagini lipsă din ortofoto suprapuse.

Obiectele create de om pentru a fi modelate pentru true-ortofoto pot fi foarte versatile. Ar putea să apară tot felul de poduri, clădiri cu acoperișuri diverse, dar, de asemenea, turnuri și turle. Obiectele pot avea orice tip de forme cum ar fi dreptunghiulare, neregulate sau rotunde. Trebuie să răspundem la întrebarea cu ce nivel de detaliu trebuie să fie modelate obiectele făcute de om. Este necesar să se măsoare limitele obiectelor. Mai mult, modelele obiectelor artificiale trebuie să fie puse împreună cu un DTM, care este construit cu punctele terenului, punctele caracteristice și liniile de discontinuitate. Toate suprastructurile obiectelor care nu sunt modelate vor fi rectificate la o poziție greșită în adevăratul-ortofoto, care va fi respins de către clienți deoarece astfel de obiecte arată nenatural. Frontierele obiectelor care sunt măsurate incorect și, astfel, modelate inexact apar în ortofoto neclar și ciudat.

Diferite pachete de software sunt pe piață pentru a achiziționa și de a gestiona modelele urbane. Un pachet de astfel de software este INJECT de la INPHO. Acestea permit să măsoare semiautomat obiecte în 3D complet. Din păcate, nu există un standard comun pentru stocarea de date 3D. În acest context acest lucru face până acum foarte dificilă folosirea modelele 3D ale orașelor. Prin urmare, OrthoBox nu este pregătit să importe, în mod direct, modelelor 3D urbane. Numai prin modul indirect, importând fișierul DXF, OrthoBox permite prelucrarea unore astfel de seturi de date.

5 ASPECTE ECONOMICE ALE APLICAȚIILOR IN PRODUCEREA TRUE-ORTOFOTO

În scopul de a pune în aplicare proiecția true-ortofoto într-un mediu de producție trebuie să existe programe și proceduri corespunzătoare acestui scop. OrthoBox INPHO este pregătit să se ocupe de TrueOrtofoto cu ajutorul DSM.

Procedura importă modele ale obiectelor artificiale și le combină cu DTM dat. DSM rezultat facilitează apoi generarea de ortofotoplanuri cu ocluziuni special codificate. OrthoVista INPHO pentru mozaicarea ortofotoplanurilor adiacente sau suprapunerilor, interpretează codul ocluziilor și alege în mod automat conținutul true-ortofoto din ortofotogramele validate și în acest fel este construit un true-ortofoto. Din punct de vedere economic, producția true-ortofoto poate fi totuși costisitoare, deoarece trebuie să ia în considerare următoarele aspecte:

- În cazul în care toate domeniile de ocluzie trebuie să fie completate în mod automat este necesar să se zboare cu o suprapunere mai mare parte, de obicei de peste 60%.

- În cazul în care un DSM a fost obținut prin utilizarea unui DTM și a datelor vectoriale care reprezintă liniile formei obiectului, liniile care dau forma trebuie să fie măsurate în mod interactiv. Acest lucru poate fi consumator de timp în zonele urbane, în cazul în care mai multe detalii trebuie să fie modelate. Această afirmație nu este valabilă pentru poduri. Măsurarea formei podurilor este destul de simplu și rapid de realizat.
- În cazul în care un DSM, se obține prin utilizarea datelor LiDAR / SAR / INSAR, atunci zborul, managementul datelor, editarea datelor și mai ales măsurarea interactivă a liniilor care formează obiectele pot fi costisitoare.
- În cele din urmă, din cauza costurilor ridicate de producție, în opinia noastră, producția de true-ortofotoplanuri a modelelor de construcții are sens pentru zonele de interes principal, de exemplu, zonele centrale.

Pentru poduri însă acest lucru este complet diferit. Podurile din ortofotoplanuri crează de multe ori probleme iar în cazul în care nu sunt modelate ele sunt afișate curbat și / sau răsucite și pot avea schimbată poziția față de poziția adevărată. Prin urmare, podurile trebuie să fie corectate interactiv cu instrumente de manipulare a imaginii, care sunt de obicei mai scumpe decât măsurarea marginii podului și introducerea ei în DTM, analog măsurării clădirilor, descrise mai sus.

6 CONCLUZII

Importanța True-ortofoto este în creștere. Sistemele, cum ar fi OrthoBox INPHO, permit generarea automată a True-ortofoto. Așa cum s-a arătat, pentru True-ortofotoplanurile de înaltă calitate, este esențial de a construi un DSM de înaltă calitate și de a folosi un pachet software pentru a găsi și umple automat zonele de ocluzie. Elaborarea modelelor de obiectelor, numai prin intermediul norului de puncte (LIDAR / SAR / INSAR) nu este suficientă trebuind introduse limitele (perimetrele) obiectelor. OrthoBox permite construirea modele de obiecte prin utilizarea de date DTM și de date vectoriale care reprezintă granița de obiecte și suprastructurile lor. Producția True-ortofoto este mai costisitoare în comparație cu producția ortofoto standard. Costurile ridicate sunt cauzate de necesitatea unui DSM și a suprapunerilor mai mari a imaginilor de pe direcția de zbor pentru a fi în măsură să acopere zonele de ocluzie. În cazul True-ortofotoplanuri pentru modelele de oraș este necesară o suprapunere de zbor de longitudinală de 60% și transversală tot de 60%. Din punct de vedere economic producerea de modele ale construcțiilor din True-ortofotoplanuri este, în opinia noastră, utilă pentru zone centrale sau anumite zone limitate de mare interes. Această afirmație nu este valabilă pentru modelarea podurilor care necesită foarte puține eforturi. Chiar dacă nu toate zonele ocluzate de sub pod pot fi completate în mod automat, corectarea interactivă a acestor zone ocluzate este mult mai rapidă și mai ușoară decât pentru a corecta tot podul cu instrumente de manipulare a imaginii.